Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2026 ; 9(2), 125-144
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Évolution de la croissance des murailles vertes à *Bambusa vulgaris* Schrad. sur le site de l'Université de Kinshasa

Bertin Mbuya Kilabi*, Renedie-Hélène Swemi Ndundu, René Valu Gizanga, Fils Empwal Milau[1], Eustache Kidikwadi Tango

Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologie. Mention Sciences et Gestion de l'Environnement. BP 190 Kinshasa XI (RDC). E-mail : bertinmbuya97@gmail.com

Reçu le 02 avril 2026, **accepté le** 12 juin 2026, **publié en ligne le** 27 juin 2026
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i2.13

RESUME

Description du sujet. Cette recherche s'inscrit dans le domaine de la restauration écologique en milieu urbain. L'étude de la dynamique de croissance de *Bambusa vulgaris* au sein de murailles vertes implantées pour freiner l'érosion régressive sur le site de l'Université de Kinshasa est d'une importance capitale.
Objectif. L'objectif de cette étude est de quantifier les paramètres morphologiques de *Bambusa vulgaris* afin d'évaluer son efficacité dans la stabilisation et la réhabilitation des sols dégradés.
Méthodes. La démarche combine l'observation et l'expérimentation sur le terrain. Les mesures de croissance linéaire et radiale ont ciblé les murailles vertes durant une période de suivi définie, avant de soumettre les données à des tests statistiques.
Résultats. Les analyses montrent une distribution structurelle variable. La structuration diamétrique s'étend de 2,40 à 3,40 cm (3e classe) à 7,90 à 8,90 cm (8e classe). Sur le plan vertical, 51 individus mesurent entre 1,99 et 3,56 m, tandis que 14 individus dominent la strate supérieure entre 11,47 et 13,40 m. Le potentiel de ramification culmine dans la 6e classe avec 55 individus. La modélisation allométrique confirme une stricte synchronisation morphologique (R^2 = 0,96), prouvant une croissance concomitante en volume et en longueur. Le système racinaire colonise le sous-sol de manière stratifiée sur trois horizons : 0–30 cm, 30–50 cm et au-delà de 50 cm de profondeur.
Conclusion. *Bambusa vulgaris* affiche d'excellentes performances de développement aérien et souterrain. Ce dynamisme végétatif rapide favorise l'ancrage des sols et recrée un microclimat propice au retour de la biodiversité sur le site.

Mots-clés : *Bambusa vulgaris*, croissance, génie biologique, érosion, Kinshasa.

ABSTRACT

Growth evolution of *Bambusa vulgaris* Schrad. green walls on the University of Kinshasa site
Description of the subject. This research falls within the field of urban ecological restoration. The study of the growth dynamics of *Bambusa vulgaris* within green walls, established to halt regressive erosion on the University of Kinshasa site, is of paramount importance.
Objective. The study aims to quantify the morphological parameters of *Bambusa vulgaris* to evaluate its effectiveness in stabilizing and rehabilitating degraded soils.
Methods
The approach combines field observation and experimentation. Linear and radial growth measurements targeted the green walls during a defined monitoring period, after which the data were subjected to statistical tests.
Results. The analyses show a variable structural distribution. The diameter structure ranges from 2.40–3.40 cm (3rd class) to 7.90–8.90 cm (8th class). Vertically, 51 individuals measure between 1.99 and 3.56 m, while 14 individuals dominate the upper stratum between 11.47 and 13.40 m. Branching potential peaks in the 6th class with 55 individuals. Allometric modeling confirms a strict morphological synchronization (R^2 = 0.96\)), proving concomitant growth in volume and length. The root system colonizes the subsoil in a stratified manner across three horizons: 0–30 cm, 30–50 cm, and beyond 50 cm deep.
Conclusion. *Bambusa vulgaris* exhibits excellent above-ground and below-ground development performance. This rapid vegetative dynamism promotes soil anchoring and recreates a microclimate conducive to the return of biodiversity on the site.

Keywords: *Bambusa vulgaris*, growth, bioengineering, erosion, Kinshasa.

1. INTRODUCTION

À l'échelle mondiale, l'érosion hydrique des sols est reconnue comme l'une des menaces les plus graves pour la durabilité environnementale, affectant environ 1,1 milliard d'hectares de terres (FAO, 2015). Les pertes annuelles de sols par érosion sont estimées à environ 35 milliards de tonnes, entraînant une diminution de la productivité des écosystèmes et une altération sévère des cycles biogéochimiques mondiaux s'accompagnant d'une perte irréversible de biodiversité tellurique et compromettant les services écosystémiques essentiels à la survie humaine (Borrelli *et al.*, 2021).

En Afrique, la dégradation des sols touche près de 65 % des terres arables, menaçant directement la sécurité alimentaire et l'intégrité des infrastructures socioéconomiques (PNUE et Initiative ELDA, 2015). Les régions subsahariennes sont particulièrement vulnérables en raison de la prédominance de sols ferrallitiques fragiles et d'une gestion foncière inadaptée, où l'érosion hydrique contribue à une perte de nutriments équivalente à une valeur économique de 4 milliards de dollars par an (Henao et Baanante, 2006).

Dans ce contexte de menace d'érosion du sol, la République Démocratique du Congo dans les zones à forte pluviométrie de la cuvette centrale et de ses bordures, les taux de recul des têtes de ravins peuvent atteindre 10 à 20 mètres par an lors de saisons pluvieuses, dévastant les infrastructures de transport et autres (Banque Mondiale, 2022).

Bâti sur les formations géologiques du Kalahari, le campus de l'Université de Kinshasa subit une crise environnementale aiguë. Le sol y est majoritairement constitué de sable (> 80 % de quartz), affichant une forte porosité et une cohésion interne quasi nulle (Lepersonne, 1974 ; Makanzu *et al.*, 2014). Cette configuration géomorphologique défavorable amplifie de manière critique le risque de ravinement urbain face aux eaux de ruissellement.

Cette mauvaise texture facilite l'infiltration rapide mais aussi le sapement à la base des talus, provoquant des effondrements massifs lors des épisodes pluvieux intenses, causant plus de 70 têtes d'érosions sur le site, avec des conséquences telles que les coupures des routes, la menace de l'effondrement d'un bâtiment du centre neuropsycho-pathologique (CNPP) en 2021, etc.

Face aux pluies diluviennes exacerbées par les effets de perturbations climatiques et à la vitesse avec laquelle les érosions dévastent l'environnement, l'ingénierie biologique utilisant des espèces à croissance rapide comme *Bambusa vulgaris*, apparaît dès lors comme une solution fondée sur la nature (SfN), capable d'offrir une armature souple et auto-réparatrice des sols (GIEC/IPCC, 2021).

Le système racinaire fasciculé du bambou est théoriquement capable de coloniser les premiers mètres du sol, créant un réseau de fibres haute résistance (Adam *et al.*, 2008). Cependant, l'efficacité de cette espèce sur le site de l'Université de Kinshasa reste à démontrer scientifiquement sur le plan de la croissance et d'adaptation. Depuis décembre 2022, un projet d'installation de murailles vertes à *Bambusa vulgaris* a été mis en place par Comité de Gestion de l'Université de Kinshasa et financé par le Fond Forestier National. Ce projet vise à lutter contre l'érosion, restaurer les sols dégradés et réduire les gaz à effet de serre en utilisant la technique des murailles vertes.

Les murailles vertes à *Bambusa vulgaris* sont une technique qui crée un système biologique qui infiltre l'eau de ruissellement, retient les déchets et sable, diminue la vitesse de l'eau et protège les sols et infrastructures en aval contre l'érosion ravinante. Plus de 15.000 bambous ont été plantés sur le site universitaire, répartis en six murailles vertes. La quatrième muraille a été désignée comme site d'étude pour suivre la croissance de ces installations.

L'étude vise à quantifier les paramètres morphologiques de *Bambusa vulgaris* afin d'évaluer son efficacité dans la stabilisation et la réhabilitation des sols dégradés.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du milieu

La présente étude a été menée à l'Université de Kinshasa, l'espace compris entre le rond-point sentiment, l'Amphithéâtre Léon de Saint Moulin, le Pistop Resto World et les homes 150 et 80. Le site s'étend entre 4°25' de latitude Sud ; 15°18' de longitude E et l'altitude varie entre 370 à 420. La figure 1 localise le site d'étude.

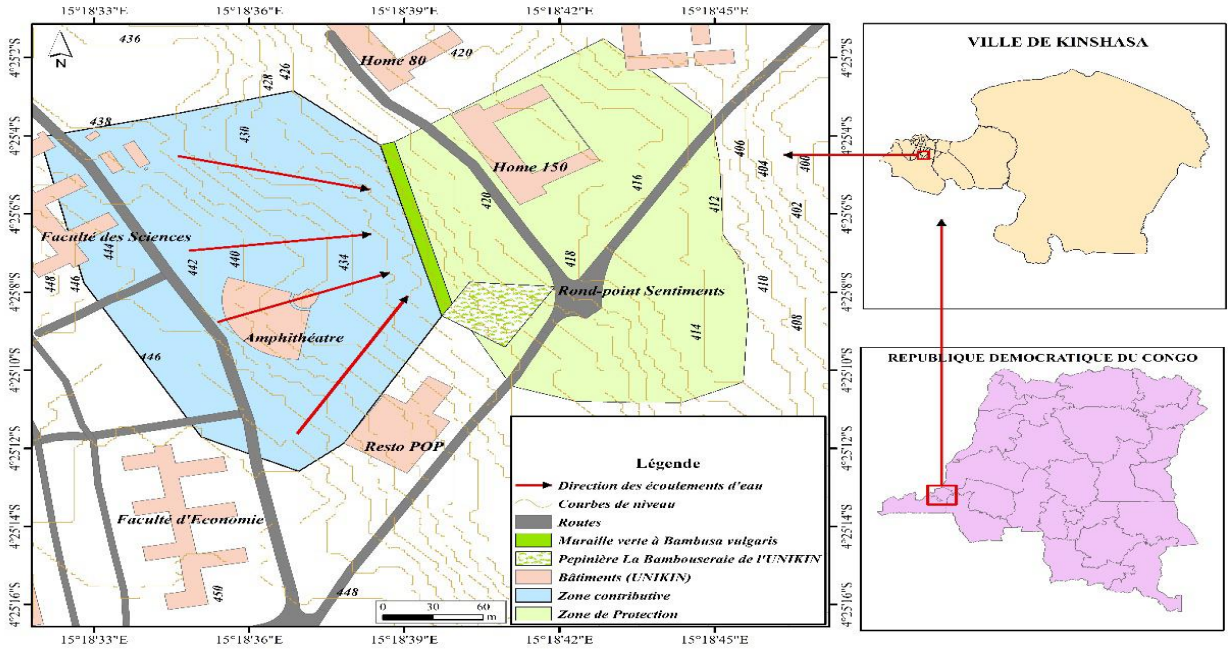


Figure 1. Site expérimental sur le site de l'Université de Kinshasa

2.2. Matériel

Le matériel regroupe les différents individus de *Bambusa vulgaris* y compris l'eau et le sol.

2.3. Méthodes

L'observation et l'expérimentation sont les méthodes utilisées dans cette étude. L'application de ces méthodes ont permis d'obtenir les données sur le suivi de la dynamique de croissance de *Bambusa vulgaris*. L'étude a été réalisée du 15 février 2023 au 15 février 2026.

Identification du site de muraille verte à *Bambusa vulgaris*

Parmi les six sites des murailles vertes à *Bambusa vulgaris*, une muraille a été sélectionnée pour mener à bien cette étude à cause de son accessibilité et ses résultats satisfaisants et représentatifs de toutes les murailles vertes. Cette muraille couvre une superficie de 1800 m^2, soit 90 m de long et 20 m de large. La figure 2 indique le dispositif installé de murailles verte à *Bambusa vulgaris.*

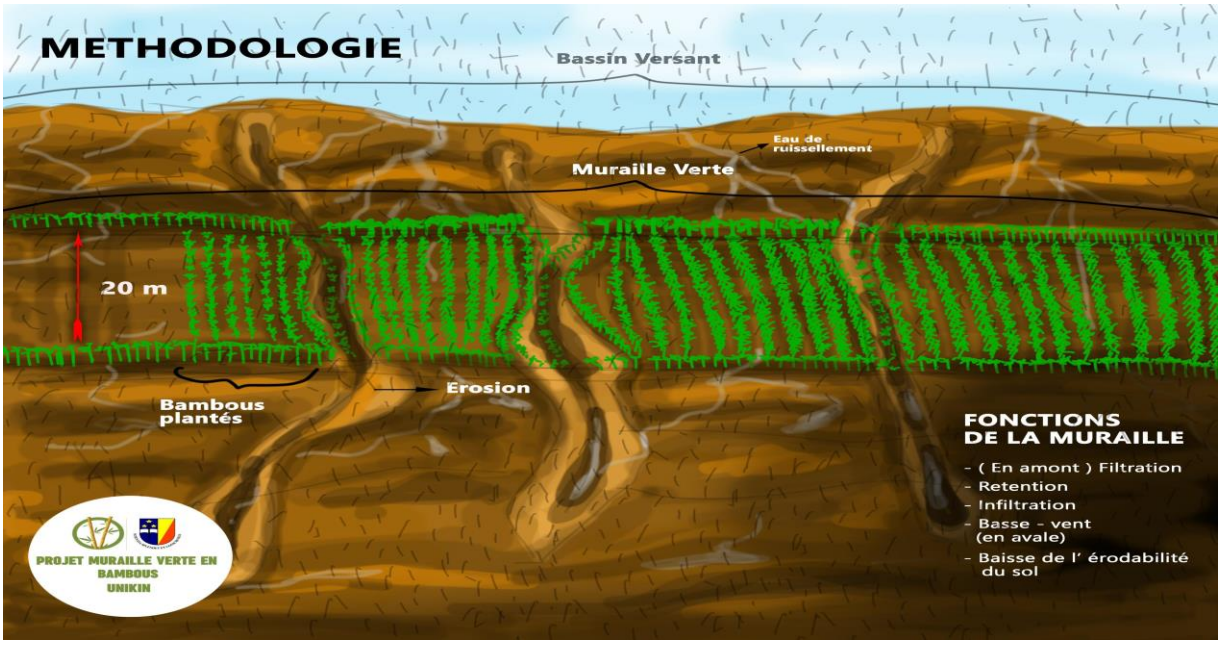


Figure 2. Schéma méthodologique du dispositif expérimental des murailles vertes à Bambusa vulgaris

Inventaire des individus des Bambous

Le dénombrement des tiges des bambous dans différentes touffes (souches) a été effectué. Un comptage trimestriel des nouveaux turions (jeunes pousses) émergeant par touffe a été réalisé pour comprendre le rythme de multiplication annuel et les ramifications.

Mésuration de croissance en diamètre et en hauteur

La mesure de la hauteur, du diamètre des tiges et racines de chaque individu de *Bambusa vulgaris* a été effectuée à l'aide d'un jalon de 3 m pour la hauteur (DHP, à 1,30 m), le ruban métrique pour l'élongation des racines et le pied à coulisse pour le diamètre. Pour étudier et quantifier l'architecture souterraine des racines, nous avons excavé directement le sol en creusant de fosses pédologiques jusqu'en moyenne trois mètres de profondeur.

Figure 3. Prélevant les mesures des diamètres de *Bambusa vulgaris* (Photo Bertin Mbuya, 2026)

Prélèvement des échantillons

Au total, neuf (9) échantillons de sol ont été prélevés sous la muraille verte à *Bambusa vulgaris* sur tous les différents points, à raison de trois échantillons par point. En outre, six (6) échantillons témoins ont été collectés sur deux autres points, situés respectivement en amont et en aval. Le prélèvement de ces échantillons a suivi un protocole stratifié : à 20 cm, 40 cm et 60 cm de profondeur pour chaque point de prélèvement (voir la cartographie ci-dessus).

Figure 4. Analyse in-situ de la fertilité du sol (1) et échantillonnage des sols pour la granulométrie (2) (Photo Bertin Mbuya, 2026)

Analyses et traitement statistiques des données

Les données de hauteur et de diamètre des individus de *Bambusa vulgaris* ont été structurées par type de variables, puis encodées sur un tableur Excel afin d'en calculer les moyennes et les écarts-types. Le test de Hartley a été appliqué pour vérifier l'homogénéité des variances (Hartley, 1950), condition préalable essentielle à la réalisation des analyses statistiques inférentielles.

Ensuite, les valeurs moyennes des paramètres morphologiques ont été soumises à une analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) (Scherrer, 1984) basée sur le test de Fisher (Saville, 1990). Cette analyse a été complétée par le test de Tukey HSD au seuil de confiance de 95 %, en utilisant le logiciel Statistix (version 10.8), afin d'isoler les différences significatives entre les souches. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux et figures. Les graphiques en histogrammes ont été générés à l'aide du logiciel Origin. La classification hiérarchique ascendante (CHA) et l'analyse en composantes principales (ACP) ont été exécutées via le logiciel Past. L'ACP avait pour objectif d'extraire, de la manière la plus synthétique possible, l'information contenue dans la matrice de données (Legendre et Legendre, 1979).

Classification Hiérarchique Ascendante

La classification a permis de rassembler les unités d'échantillonnage ou entités écologiques qui présentent des attributs semblables à une variable spécifique (Pwema, 2014).

3. RESULTATS

3.1. Paramètres phénologiques des chaumes des Bambous

Les résultats sur les mesures le diamètre, la hauteur et la ramification des souches de bambous sélectionnées dans le cadre de cette étude sont consignés au tableau 1.

Tableau 1. Variation moyennes de diamètre, hauteur et ramification de souches de *Bambusa vulgaris*

Souche	Paramètres de *Bambusa vulgaris*		
	Diamètre (cm)	Hauteur (m)	Ramification
1	3,46 ±1,01a	4,54 ±1,26c	17,64 ±7,67cd
2	3,4 ±1,28a	4,79 ±2,04c	20,7 ±7,70c
3	4,26 ±1,57a	5,32 ±2,53cd	22,83 ±10,03c
4	3,57 ±1,76a	6,84 ±3,7a	25,55 ±9,67a
5	3,21 ±1,36b	4,51 ±2,72c	21,25 ±7,50c
6	3,86 ±1,33a	4,98 ±2,56c	24,08 ±7,15c
7	3,96 ±1,4a	7,01 ±3,08a	24,57 ±7,15a
8	3,92 ±1,91a	6,63 ±3,3a	26,11 ±8,32a
9	2,63 ±0,85b	4,49 ±2,22c	20,29 ±6,33c
10	4,37 ±1,32a	8,03 ±2,68a	27,4 ±5,4a
11	3,78 ±2,3a	6,04 ±3,35b	22,75 ±9,54c
12	3,46 ±1,38a	6,23 ±2,9b	23,75 ±7,28b
13	3,64 ±1,71a	5,95 ±3,06b	22,76 ±8,01c
14	3,88 ±1,26a	7,47 ±2,19a	24,62 ±5,64a
15	3,95 ±1,87a	6,07 ±2,78b	23,7 ±6,44b
16	4,15 ±1,31a	7,48 ±2,51a	24,31 ±6,75b
17	4,04 ±1,89a	6,95 ±3,3a	23,45 ±8,31b
18	4,24 ±1,51a	7,52 ±3,03a	24,14 ±7,23b
19	3,71 ±1,46a	3,82 ±1,82d	20,92 ±8,1c
20	4,18 ±1,51a	5,87 ±2,89b	24,57 ±7,06a

Les résultats consignés dans le tableau 1 indiquent que le diamètre, la hauteur et la ramification des chaumes des souches de *Bambusa vulgaris* expérimentées présentent des variations moyennes d'un paramètre à l'autre et d'une souche à l'autre. Concernant le diamètre, les valeurs moyennes obtenues révèlent une différence statistique significative entre les souches ($F = 0,79$; $p = 0,0441$; $LSD = 5,010$), avec une variation comprise entre 3,4 ± 1,28 cm pour la souche 2 et 4,37 ± 1,32 cm pour la souche 10.

Au niveau de la hauteur, l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) met en évidence une différence statistique significative quant à l'évolution verticale des différentes souches évaluées ($F = 1,70$; $= 0,0370$; $LSD = 5,010$). L'analyse permet de distinguer quatre catégories de souches selon leur taille. La première catégorie, affichant la croissance en hauteur la plus élevée, regroupe les souches 4, 7, 10, 14, 16, 17 et 18. Elle est suivie par un deuxième groupe comprenant les souches 3, 11, 12, 13, 15 et 20, puis par un troisième groupe constitué des souches 1, 2, 5, 6, 9 et 19. La souche 8 ferme la marche avec la croissance la moins importante.

Le nombre de ramifications varie d'une souche à l'autre et montre également une différence statistique significative ($F = 0,63$; $p = 0,0450$; $LSD = 5,010$). Les valeurs oscillent globalement entre 20,29 ± 6,33 et 27,4 ± 5,4 ramifications par souche. Ces résultats se répartissent en quatre ensembles distincts. Le premier ensemble

comprend les souches 4, 7, 8, 10, 14 et 20, qui portent le plus grand nombre de ramifications avec une moyenne comprise entre 24,57 ± 7,15 et 27,4 ± 5,4. Le deuxième groupe rassemble les souches 12, 15, 16, 18 et 17, dont la fourchette de ramification varie de 23,45 ± 8,31 à 24,31 ± 6,75. Le troisième bloc est constitué des souches 2, 3, 5, 6, 9, 11, 13 et 19, avec une variation moyenne comprise entre 20,70 ± 7,70 et 24,08 ± 7,15. La souche 1 s'isole comme étant la moins ramifiée de l'ensemble du dispositif.

Classes de diamètres des tiges des bambous

Parmi les huit (8) classes recensées, la troisième regroupe le plus grand nombre d'individus. Elle est suivie par la sixième classe avec 65 individus, la deuxième avec 40 individus, la cinquième avec 39 individus, puis la quatrième avec 19 individus. Enfin, la huitième classe s'isole avec l'effectif le plus faible, soit seulement 2 individus (Figure 5).

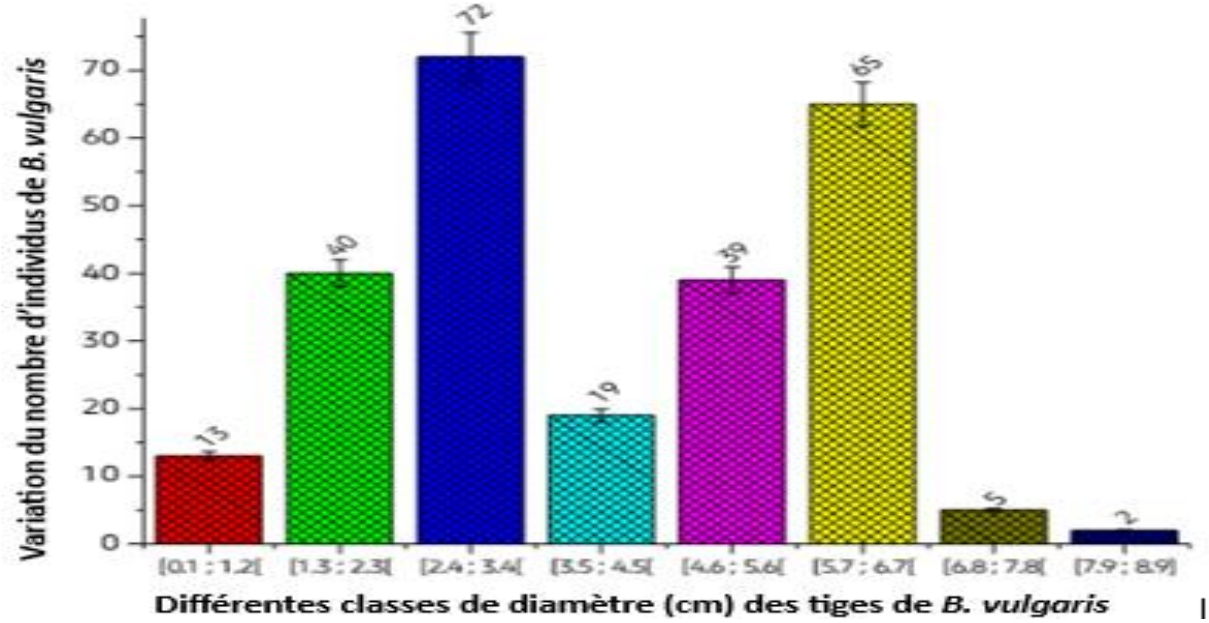


Figure 5. Classes de diamètres des tiges des Bambous

Classes de hauteurs des tiges des individus des bambous

L'analyse de la figure 6 permet de mettre en évidence huit classes basées sur la hauteur des tiges de bambous. La majorité du peuplement, soit 51 individus, est regroupée dans la deuxième classe, tandis que la plus faible proportion de tiges se trouve dans la huitième classe.

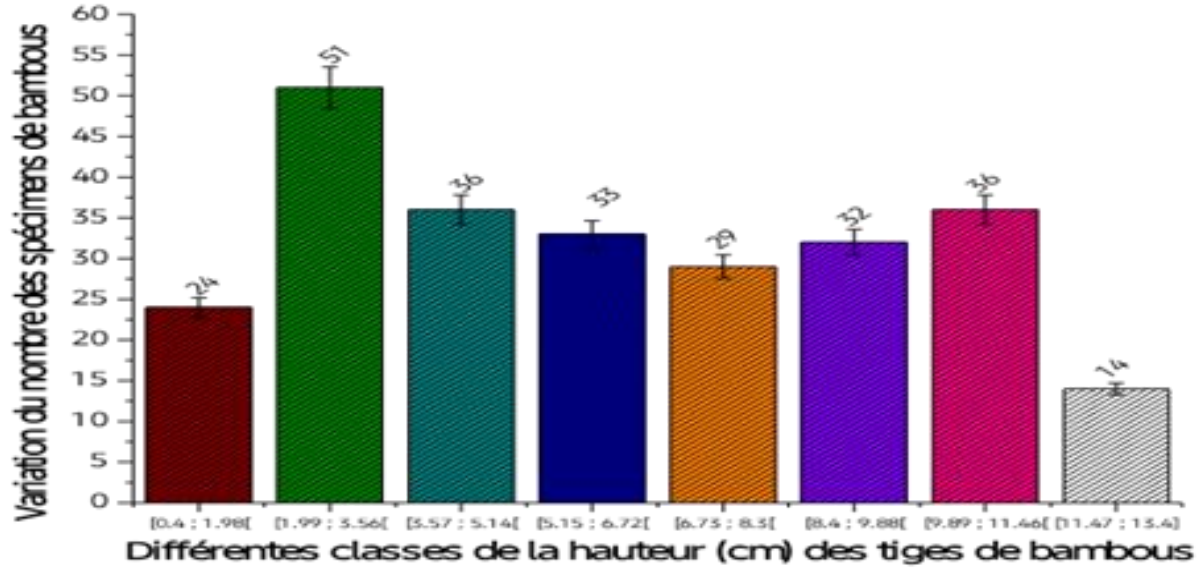


Figure 6. Classes de bambous en fonction de la hauteur des tiges des Bambous

Différentes classes des souches de bambous en fonction de ramifications des tiges

L'analyse de la figure 7 permet de mettre en évidence huit classes basées sur la ramification des tiges. La sixième classe regroupe le plus grand nombre d'individus fortement ramifiés, soit 55 individus, suivie par la quatrième classe. En revanche, la plus faible ramification a été observée chez les individus de la première classe.

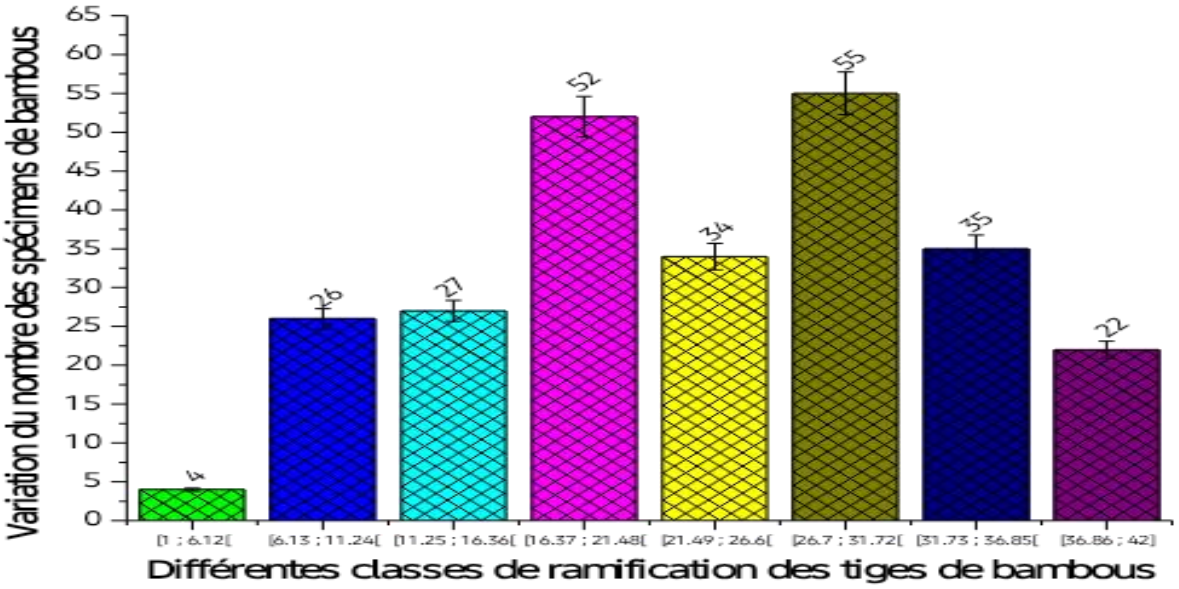


Figure 7. Différentes classes des souches en fonction de ramifications des Bambous

Corrélation entre le diamètre et la hauteur des souches de *B. vulgaris*

La matrice de corrélation établie entre le diamètre et la hauteur des tiges de bambous révèle un coefficient de détermination très élevé (R^2 = 0,963). Cette forte corrélation positive traduit une croissance simultanée du volume radial (diamètre) et linéaire (hauteur) des tiges (Figure 8). La droite de régression linéaire ainsi que la courbe de tendance confirment cette dynamique ascendante, suggérant une continuité potentielle du développement des individus en épaisseur comme en longueur.

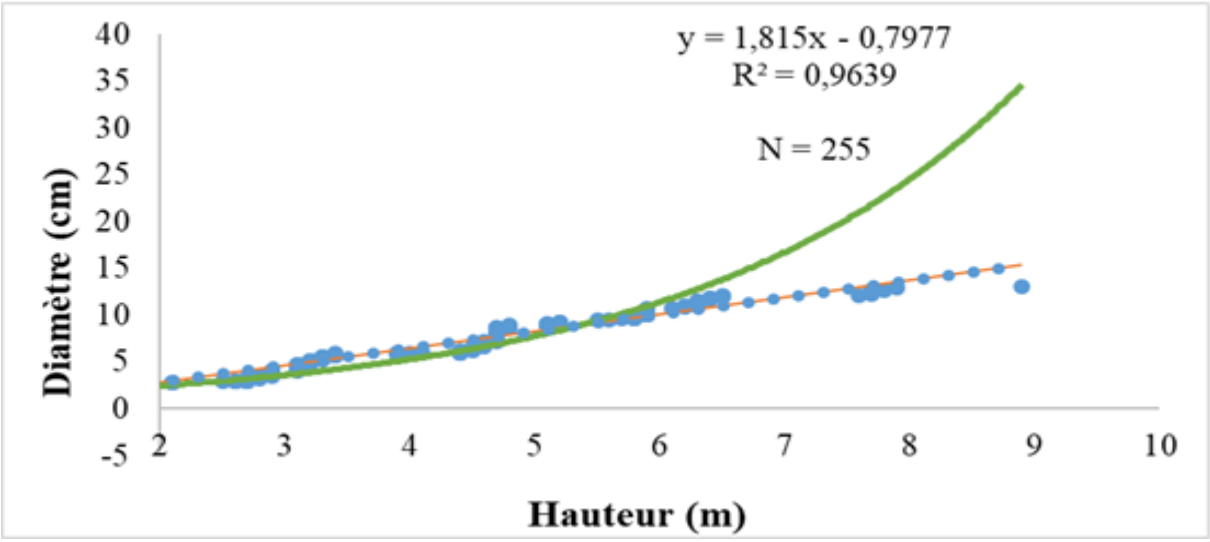


Figure 8. Corrélation entre le diamètre et la hauteur des souches des bambous

Corrélation entre hauteur et ramification

Les résultats consignés dans la figure 9 indiquent que les tiges de bambous suivies connaissent simultanément une croissance linéaire, marquée par l'augmentation de leur hauteur, et un développement architectural, caractérisé par l'émergence des ramifications. La matrice de corrélation établie entre la hauteur et le nombre de branches révèle une relation positive très hautement significative (R^2 = 0,9829). La droite de régression linéaire ainsi que la courbe de tendance confirment cette dynamique, traduisant un accroissement continu et conjoint de la hauteur des tiges et de leur ramification.

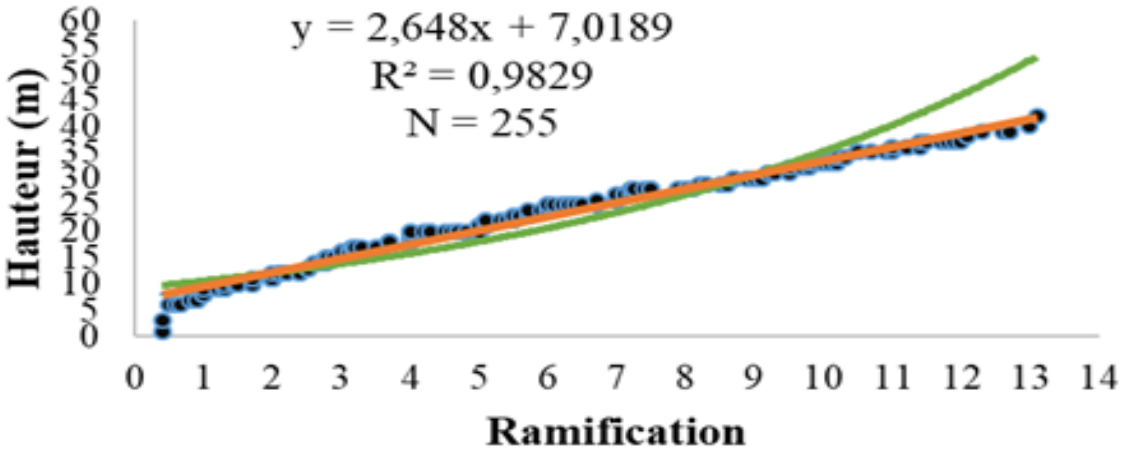


Figure 9. Corrélation entre la croissance en hauteur et la ramification des tiges Bambous

3.2. Organographie des racines

L'étude morphologique de l'appareil racinaire (Figures 10 et 11) s'est déroulée en deux étapes distinctes, ciblant d'une part les racines adventives et, d'autre part, les racines latérales. Trois strates de colonisation ont été observées dans le profil pédologique. La première strate, située entre 0 et 30 cm de profondeur, est caractérisée par la forte densité du complexe rhizomatique. Ce dernier donne naissance à un réseau dense de racines adventives et latérales, pouvant dépasser 9 m de longueur et densément pourvues de poils absorbants. Cet horizon constitue non seulement une zone majeure d'absorption de l'eau et des nutriments de surface, mais forme également un maillage biologique dense indispensable à la stabilisation de la couche superficielle du sol contre le lessivage érosif. La deuxième strate s'étend de 30 à 50 cm de profondeur, tandis que la troisième se développe au-delà de 50 cm. En plus d'assurer l'absorption hydrique et minérale dans les horizons profonds, ces deux strates renforcent l'ancrage mécanique de *Bambusa vulgaris*, protégeant efficacement la structure végétale contre le déracinement lié au vent et à la progression du ravinement.

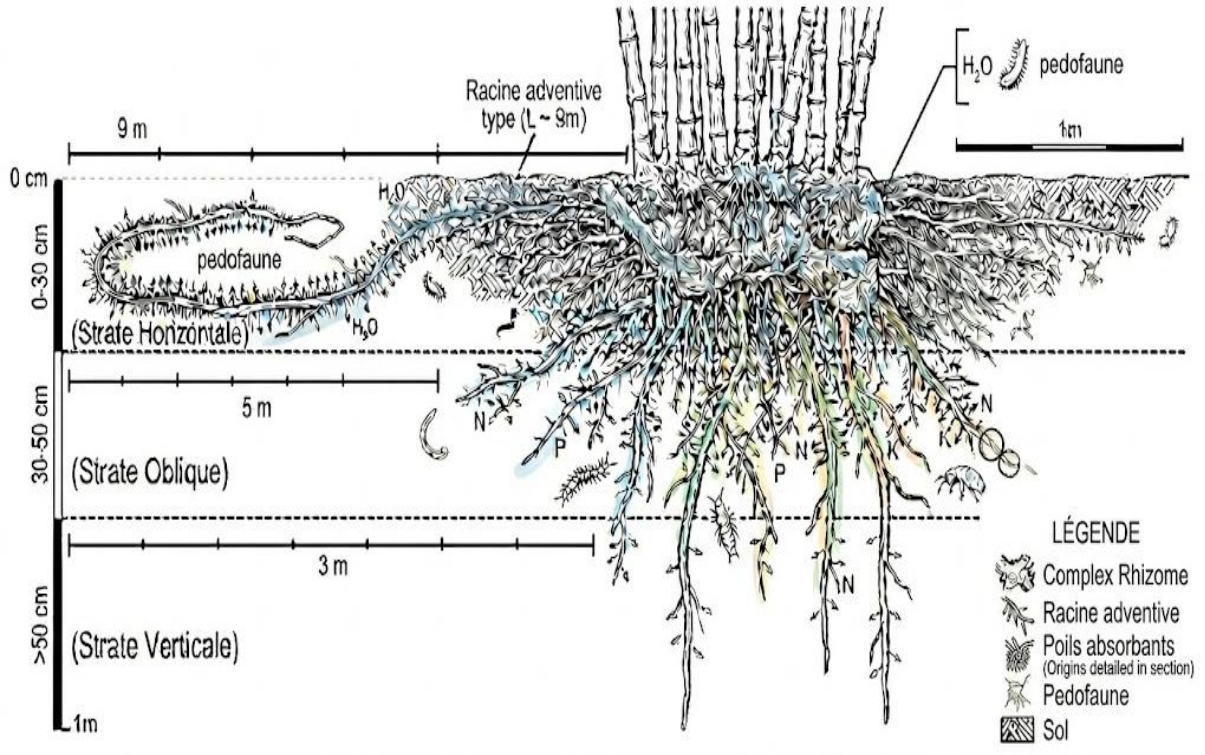


Figure 10. Schéma de l'architecture racinaire de *Bambusa vulgaris*

Figure 11. Aarchitecture racinaire de *Bambusa vulgaris* dans la Bambouseraie de l'Université de Kinshasa (Photo Bertin Mbuya, 2026

Nombre de racines adventives par touffe de *Bambusa vulgaris* (Touffe de 1-5)

Le tableau 2 indique le nombre de racines par touffe des bambous.

Tableau 2. Nombre de racines par touffe de Bambusa vulgaris (Touffe de 1-5)

N° Touffe	**Nombre de racines adventives par strate d'attachement au rhizome**			
	Strate horizontale (De 0-30 cm de profondeur)	Strate oblique (De 30-50 cm)	Strate verticale (plus de 50 cm)	**Total**
1.	1150	680	266	2096
2.	935	412	240	1587
3.	799	348	200	1347
4.	585	317	181	1083
5.	522	249	166	937
Moyenne	**798**	**401**	**210**	**7050**
Total	**1410 racines adventives par touffe**			

Le tableau 2 présente la distribution quantitative, par strate, des racines adventives de *Bambusa vulgaris* dénombrées sur cinq (5) touffes distinctes. En moyenne, l'horizon superficiel (strate horizontale, 0–30 cm de profondeur) concentre un réseau dense de 798 racines adventives issues du complexe rhizomatique. La strate oblique (30–50 cm) en compte en moyenne 401, tandis que la strate verticale (au-delà de 50 cm) en comptabilise 210.

Variation de la longueur des racines adventives

Les racines adventives présentent des variations de longueur d'une touffe à l'autre, bien qu'aucune différence statistique significative n'ait été mise en évidence entre les moyennes ($F = 0,14$; $p = 0,9638$; $LSD = 4,8047$) (Figure 12). Les résultats indiquent que la majorité des touffes analysées affichent une longueur racinaire moyenne d'environ 5 m. Les racines les plus longues s'observent sur la touffe 2 ($5,58 \pm 2\ 2,14$ m), tandis que la touffe 3 est celle qui porte les racines les moins longues ($4,62 \pm 2,54$ m).

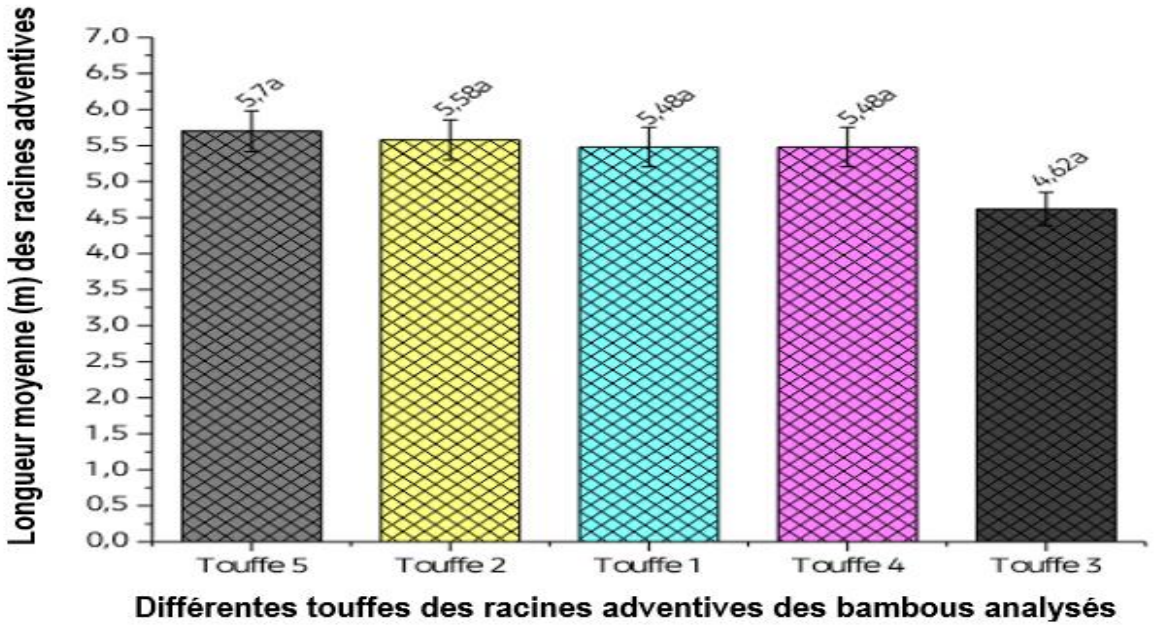


Figure 12. Variation de la longueur moyenne des racines de quelques souches de Bambusa vulgaris expérimentées

Variation du diamètre des racines adventives

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) révèle que le diamètre des racines adventives ne présente aucune différence statistique significative entre les touffes de bambous étudiées (F = 1,37 ; p = 0,2799 ; LSD = 1,8154) (Figure 7). Les résultats indiquent que le diamètre moyen le plus élevé a été observé sur les racines de la touffe 2, suivie par celles des touffes 5, 1 et 3. À l'inverse, la touffe 4 se distingue en portant les racines au diamètre le plus faible (Figure 13).

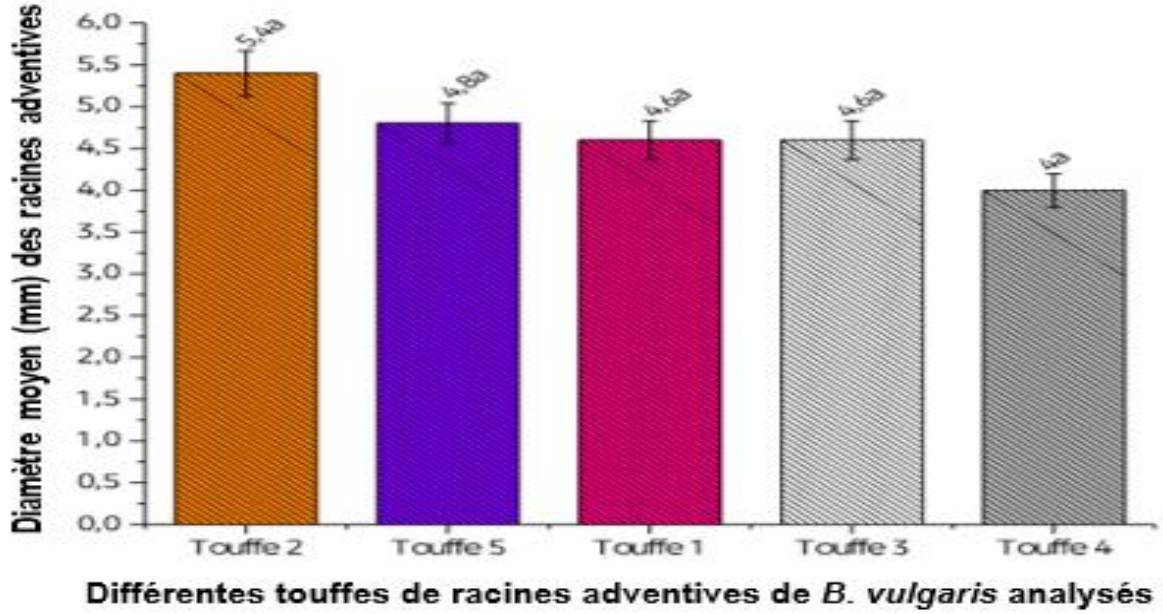


Figure 13. Variation moyenne du diamètre des racines primaires de quelques souches de *Bambusa vulgaris*

Variation des racines latérales

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) révèle que le nombre de racines latérales par racine adventive ne présente aucune différence statistique significative d'une touffe à l'autre (F = 0,47 ; p = 0,7540 ; LSD = 3,1329). Bien qu'aucune divergence statistique ne soit mise en évidence, les résultats illustrés par la figure 14 indiquent que la touffe 5 est la plus ramifiée, avec une moyenne de 4,6 ± 1,04. Elle est suivie par la touffe 2 (4,4 ± 0,88), tandis que la plus faible densité de ramifications s'observe sur la touffe 4, avec une moyenne de 3,4 ± 1,28 (Figure 14).

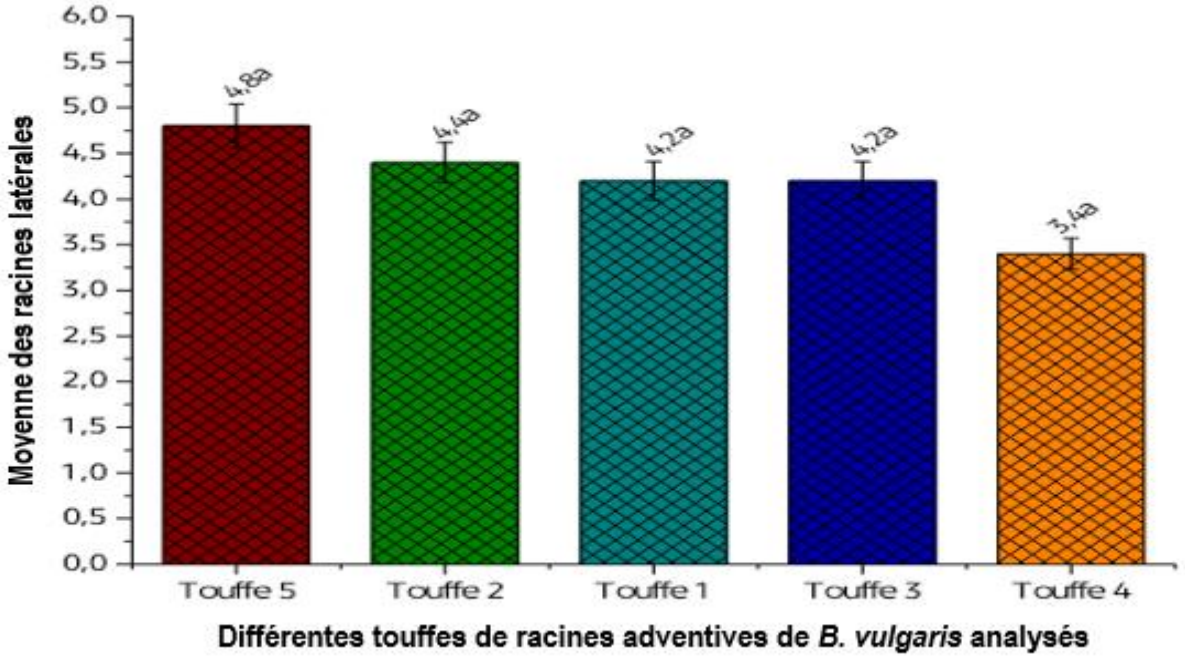


Figure 14. Variation moyenne de la ramification des racines primaires de quelques souches de bambous

Variation de la longueur des racines latérales

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux données de longueur moyenne des racines latérales révèle une différence statistique non significative entre les touffes étudiées (F = 0,82 ; p = 0,5176 ; LSD = 3,929). Néanmoins, sur le plan descriptif, les racines de la touffe 5 affichent une longueur moyenne supérieure (29,5 ± 6,4) m) à celle des autres touffes (Figure 15)

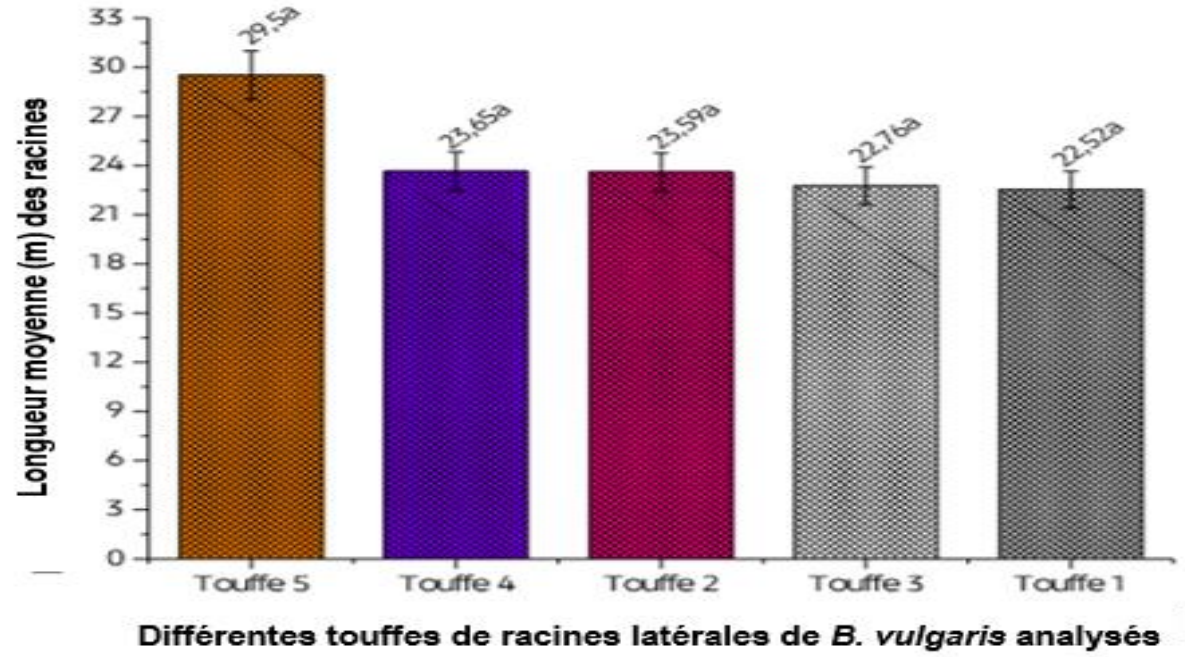


Figure 15. Variation moyenne de la longueur des racines secondaires de quelques souches de bambous

Variation du diamètre des racines latérales

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux données moyennes révèle que le diamètre des racines latérales ne présente aucune différence statistique significative entre les cinq touffes étudiées (F = 0,59 ;

p = 0,6713 ; LSD = 3,929). Les résultats illustrés par la figure 16 indiquent que le diamètre moyen de ces racines est compris entre 3,29 ± 0,99 mm pour la touffe 3 et 3,77 ± 0,86 mm pour la touffe 2.

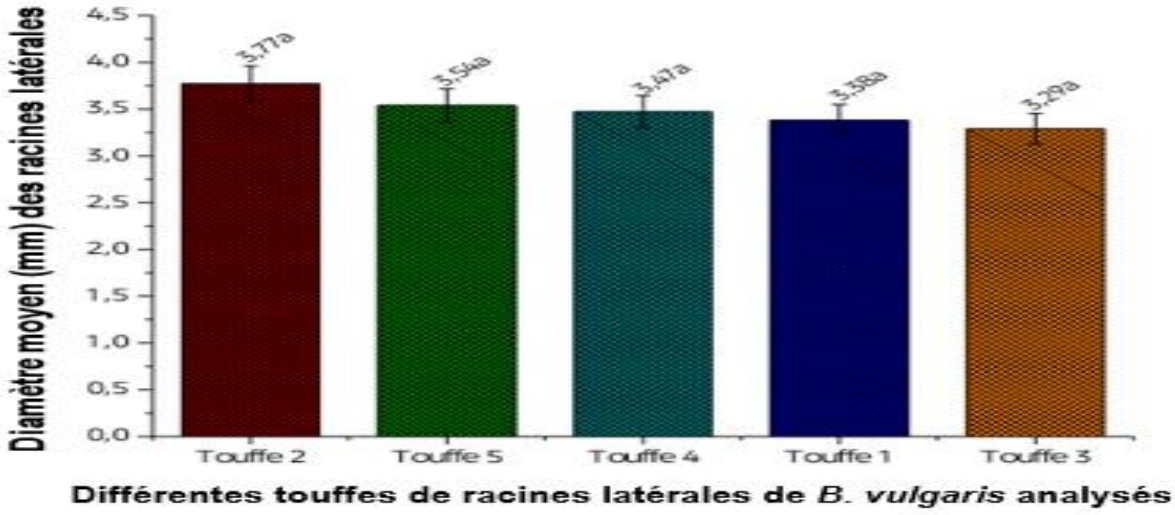
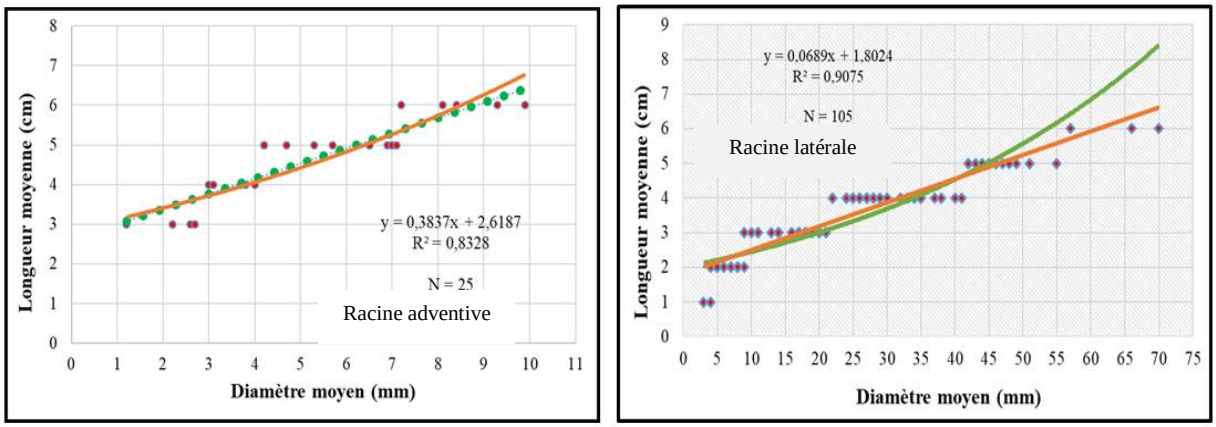


Figure 16. Variation moyenne du diamètre des racines secondaires de quelques souches de bambous

Corrélation entre la longueur et le diamètre

Les racines adventives et latérales des spécimens de bambous étudiés présentent une croissance isométrique, caractérisée par un développement simultané de leur longueur et de leur diamètre (Figures 17 et 18). Les matrices de corrélation établies entre la longueur moyenne et le diamètre moyen révèlent des relations positives très fortes, avec des coefficients de détermination élevés (R^2 = 0,8328) pour les racines adventives et R^2 = 0,9075 pour les racines latérales). Les droites de régression et les courbes de tendance confirment cette dynamique, suggérant un accroissement continu et conjoint des racines en longueur et en diamètre.



Figures 17 et 18. Corrélation entre la croissance en longueur et diamètre des racines adventives et latérales des souches de *Bambusa vulgaris*

Corrélation diamètre des racines adventives et apparition des racines latérales

Au niveau des racines adventives, l'augmentation du diamètre s'accompagne de celle des racines latérales, ce qui traduit une croissance isométrique et une corrélation positive forte (R^2 = 0,8027) (Figure 19). La courbe de tendance illustre un accroissement continu du diamètre et de la ramification du système racinaire.

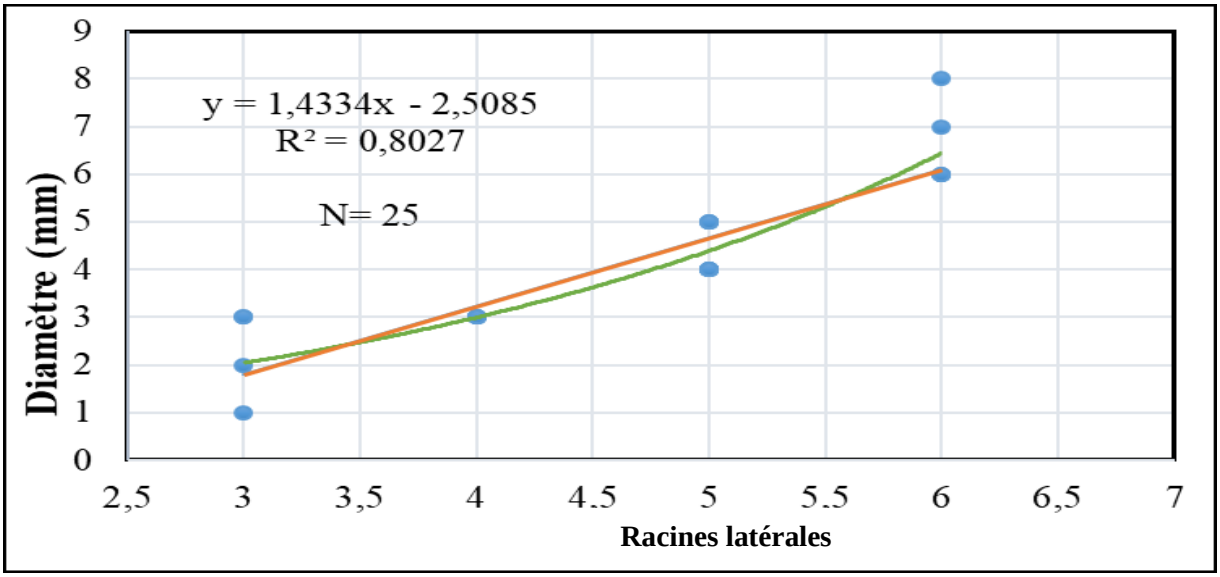


Figure 19. Corrélation entre la croissance en diamètre des racines adventives et la ramification des racines latérales des souches *de Bambusa vulgaris*

3.3. Analyse des paramètres chimiques du sol

Potentiel d'hydrogène (pH)

Le sol du site expérimental présente un potentiel d'hydrogène (pH) variant de l'acide au basique, avec des horizons neutres (Figure 20). L'analyse de la variance met en évidence une variation du pH avec une différence statistique très hautement significative (F = 40,3 ; p = 0,0000 ; LSD = 0,2559) d'un point de prélèvement à l'autre et selon la profondeur considérée. Les valeurs de pH sont globalement plus élevées sur les trois points situés sous la muraille verte comparativement aux échantillons témoins d'amont et d'aval. Les mesures oscillent entre un pH faiblement acide de 6,5 ± 0,00 (à 20 cm de profondeur au Point 1) et un pH basique de 8,47 ± 0,09 (à 60 cm de profondeur au Point 3). Aux profondeurs de 40 et 60 cm, le sol reste neutre à certains endroits, tandis qu'il s'avère franchement basique au Point 3, atteignant 8,3 ± 0,13 à 20 cm et 8,47 ± 0,09 à 60 cm.

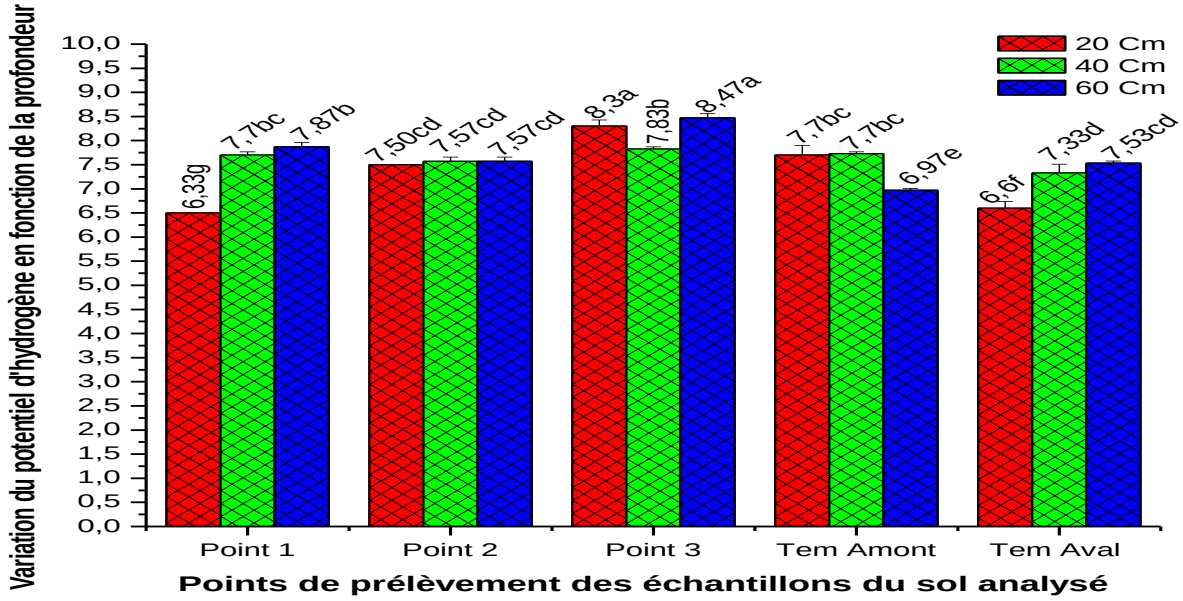


Figure 20. Variation du potentiel d'hydrogène du sol dans le site expérimental en fonction de la profondeur

Humidité

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux teneurs en eau du sol met en évidence une différence statistique très hautement significative (F = 71,0 ; p = 0,0000) entre les points de prélèvement et les profondeurs considérées (Figure 21). Le test de comparaison multiple (LSD = 4,2185) montre que le sol des

échantillons témoins, en amont (68,67 ± 2,89 % à 60 cm) et en aval (73,33 ± 1,11 % à 20 cm), est significativement plus humide comparativement aux points 1, 2 et 3 situés sous les murailles de bambous. Au Point 1, on constate une diminution progressive de l'humidité depuis la surface (57,67 ± 5,50 % à 20 cm) vers la profondeur (30,33 ± 1,11 % à 60 cm).

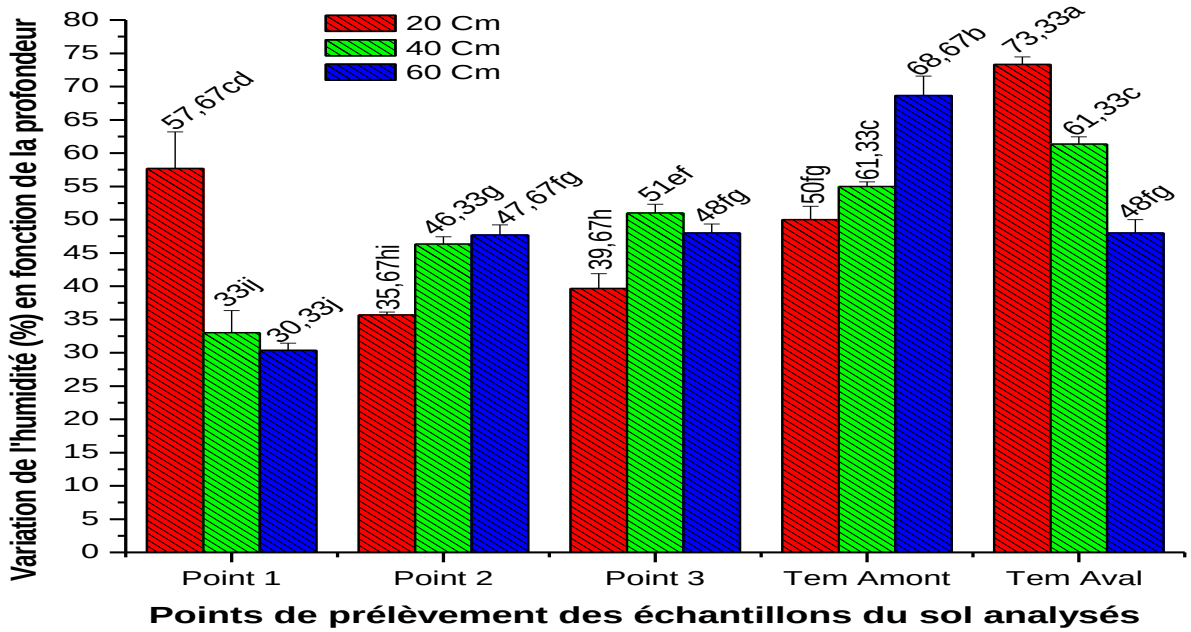


Figure 21. Variation de l'humidité résiduel (%) du sol dans le site expérimental en fonction de la profondeur

Température

Le sol du site d'étude présente des températures élevées sur l'ensemble des points d'échantillonnage, y compris au niveau des témoins (Figure 22). L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux valeurs thermiques met en évidence une différence statistique hautement significative (F = 2,89 ; p = 0,0072) entre les températures moyennes en fonction des points de prélèvement et de la profondeur. Avec une valeur critique de comparaison de 2,042, le test LSD démontre que le sol témoin en amont est le plus chaud à la profondeur de 40 cm (29,33 ± 5,11 °C), suivi par le sol témoin en aval à 20 cm de profondeur (28 ± 0,00 °C). À l'inverse, la température la plus basse, soit 24,00 ± 0,00 °C, est enregistrée dans la majorité des cas à 40 et 60 cm de profondeur sous les murailles de bambous.

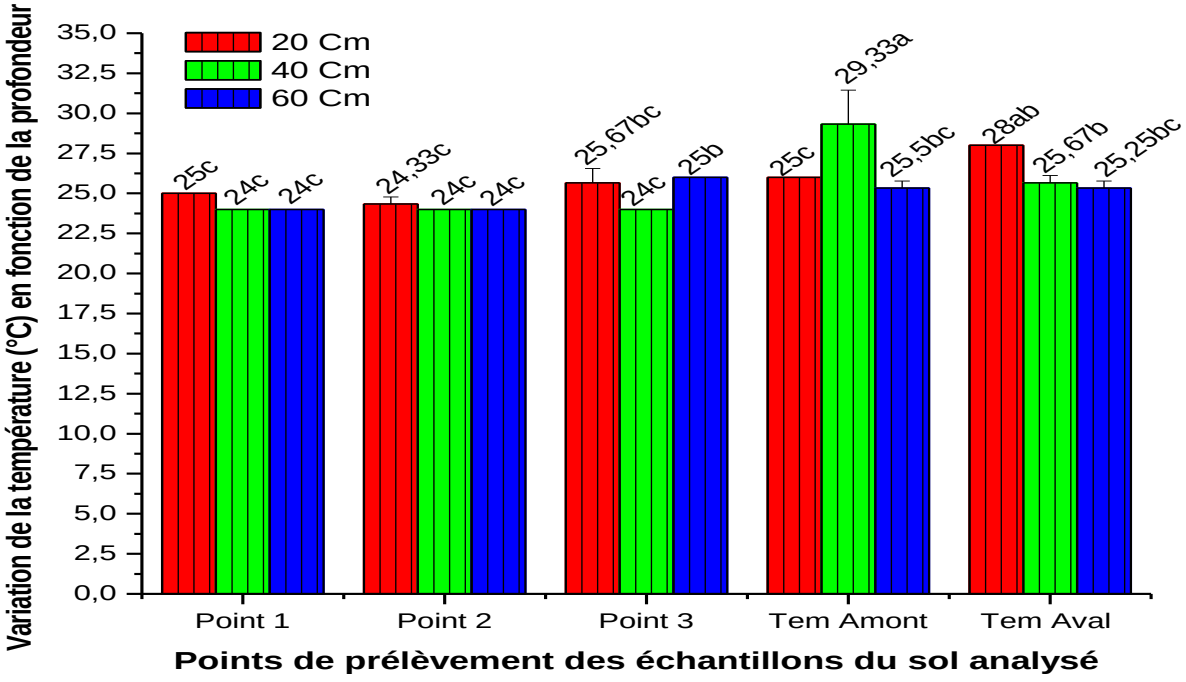


Figure 22. Variation de la température (°C) du sol dans le site expérimental en fonction de la profondeur

Azote

Le sol du site d'étude se révèle particulièrement pauvre en azote, affichant de faibles teneurs sur l'ensemble du profil, tant au niveau des points sous couverture végétale qu'au niveau des témoins (Figure 23). La concentration en azote s'avère indétectable dans la quasi-totalité des points d'échantillonnage. La seule exception concerne l'échantillon témoin prélevé à 20 cm de profondeur, qui présente une teneur d'azote de 0,10 ± 0,00 mg/kg.

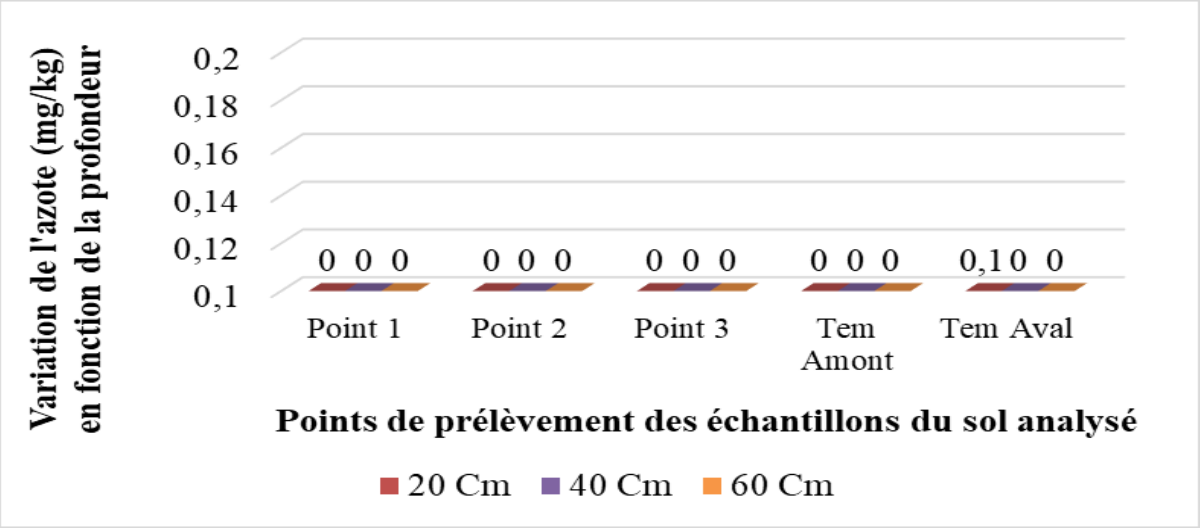


Figure 23. Variation de l'azote (mg/kg) du sol dans le site expérimental en fonction de la profondeur

Phosphore

Le sol du site expérimental se révèle extrêmement pauvre en phosphore, affichant des concentrations comprises entre des valeurs indétectables (0,00 ± 0,00 mg/kg) pour la majorité des échantillons et un maximum de 0,70 ± 0,40 mg/kg au niveau du point témoin situé en aval (Figure 24).

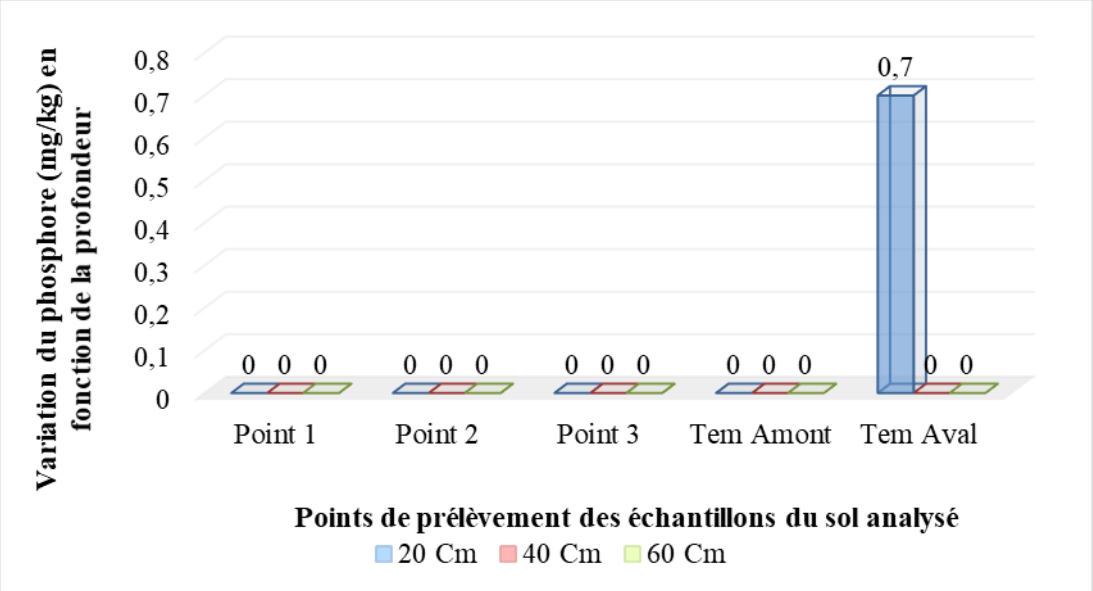


Figure 24. Variation du phosphore (mg/kg) du sol dans le site expérimental en fonction de la profondeur

Potassium

Le sol du site expérimental s'avère globalement très pauvre en potassium, tant au niveau des points sous couverture végétale qu'au niveau des témoins, à l'exception notable de la zone d'aval (Figure 25). À cet endroit, de faibles teneurs en potassium sont enregistrées dans le sol témoin à des concentrations de 3,00 ± 0,00 mg/kg à 20 cm de profondeur et de 1,00 ± 0,00 mg/kg à 40 cm.

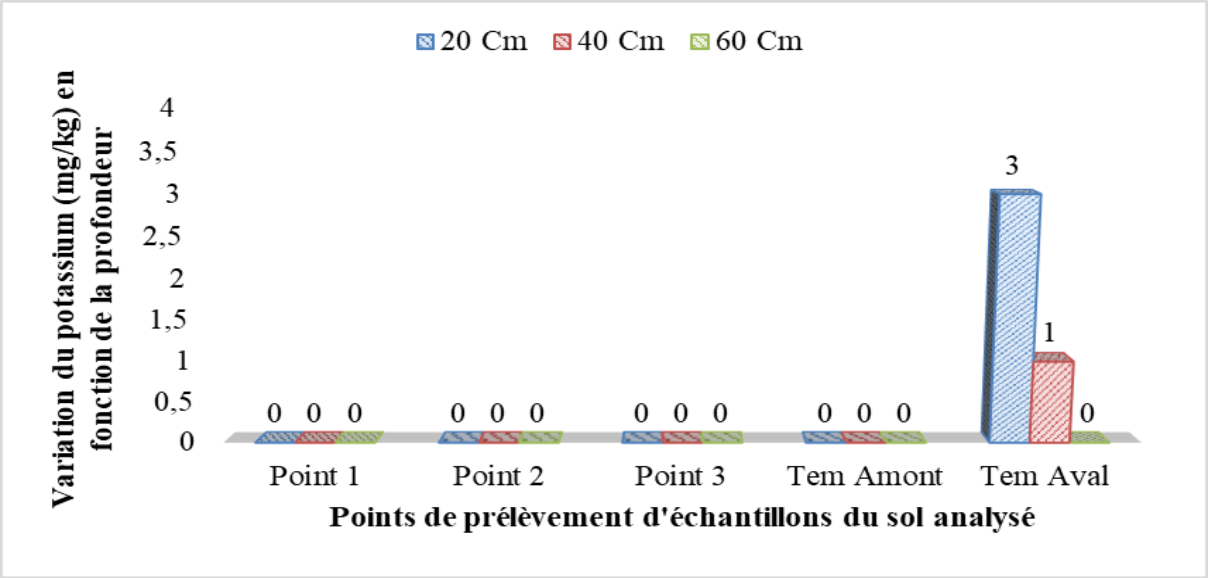


Figure 25. Variation du potassium (mg/kg) du sol dans le site expérimental en fonction de la profondeur

3.4. Granulométrie

Les résultats sur la composition granulométrique du sol sur le site expérimental en fonction des trois profondeurs (20 cm, 40 cm et 60 cm) du sol sont repris dans les points suivants.

Profondeur de 20 cm

L'analyse de la figure 26 indique que la composition granulométrique du sol à 20 cm de profondeur varie d'un échantillon à l'autre. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux proportions des différentes fractions texturales révèle une différence statistique très hautement significative (F = 663 ; p = 0,0000 ; LSD = 0,0315), mettant en évidence la dominance des particules supérieures à 63 µm et à 250 µm. Pour la fraction supérieure à 63 µm, la proportion la plus élevée est enregistrée dans l'échantillon témoin ET2 avec 63,89 ± 0,16 %, suivie par les échantillons E1 (54,00 ± 0,67 %), E3 (53,74 ± 0,34 %), E2 (52,95 ± 0,07 %) et enfin l'échantillon ET1 avec 42,19 ± 0,19 %.

Quant aux particules supérieures à 250 µm, la proportion la plus importante s'observe dans l'échantillon ET1 (56,43 ± 0,41 %), suivie de l'échantillon E3 (45,90 ± 0,46 %), puis des échantillons E1 (45,20 ± 0,33 %) et E2 (45,00 ± 0,42 %). La plus faible proportion de cette fraction est mesurée dans l'échantillon ET2 (33,58 ± 0,03 %). Les autres fractions granulométriques s'avèrent très faiblement représentées, confirmant la nature essentiellement sableuse ou grossière de ce sol.

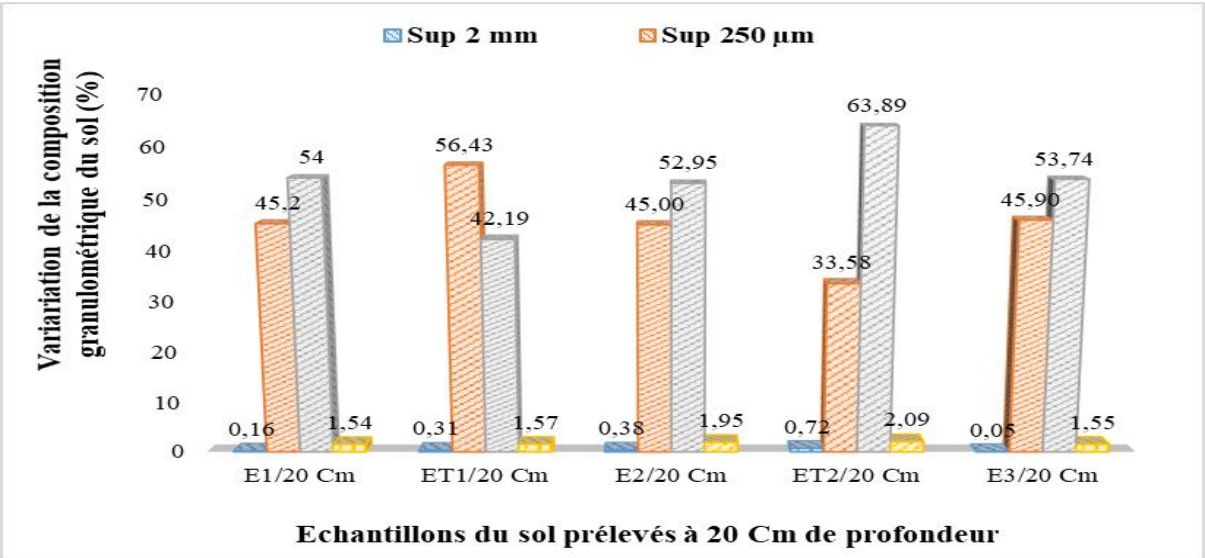


Figure 26. Variation de la composition granulométrique du sol à 20 cm de profondeur

Profondeur de 40 cm

À la profondeur de 40 cm, le sol présente une variation notable de sa composition granulométrique. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux proportions des différentes fractions texturales révèle une différence statistique très hautement significative (F = 245 ; p = 0,0000 ; LSD = 0,0278), mettant en évidence la prédominance des particules supérieures à 63 µm et de celles de 2 mm (Figure 27).

La proportion la plus importante de particules supérieures à 63 µm est enregistrée dans l'échantillon témoin ET2 (59,57 ± 0,34 %), suivie par l'échantillon E1 (56,75 ± 0,11 %). À l'inverse, la plus faible proportion est observée dans l'échantillon ET1 (50,76 ± 0,19 %). Concernant les particules supérieures à 250 µm, les proportions les plus élevées sont obtenues respectivement dans les échantillons ET1 (48,23 ± 0,11 %) et E3 (48,01 ± 0,05 %), tandis que la plus faible proportion est mesurée dans l'échantillon ET2 (37,66 ± 0,26 %). Les autres fractions granulométriques demeurent très faiblement représentées au sein des cinq échantillons de sol analysés.

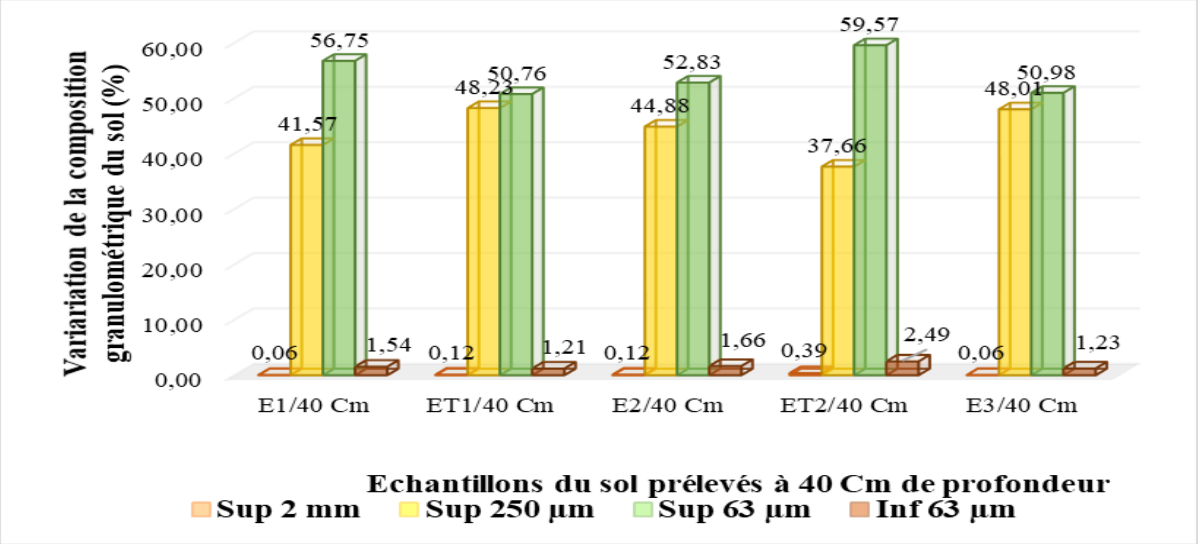


Figure 27. Variation de la composition granulométrique du sol à 40 cm de profondeur

Profondeur de 60 cm

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux données granulométriques à 60 cm de profondeur met en évidence une différence statistique très hautement significative (F = 92,8 ; p = 0,0000) entre les proportions des différentes fractions texturales. Le test de comparaison multiple (LSD = 0,0156) démontre que la composition de ce sol est largement dominée par les fractions de particules supérieures à 63 µm et à 250 µm dans l'ensemble des échantillons, avec une prédominance marquée au niveau des points E1, ET1 et E3. Les autres fractions granulométriques s'avèrent très faiblement représentées au sein des échantillons examinés (Figure 28).

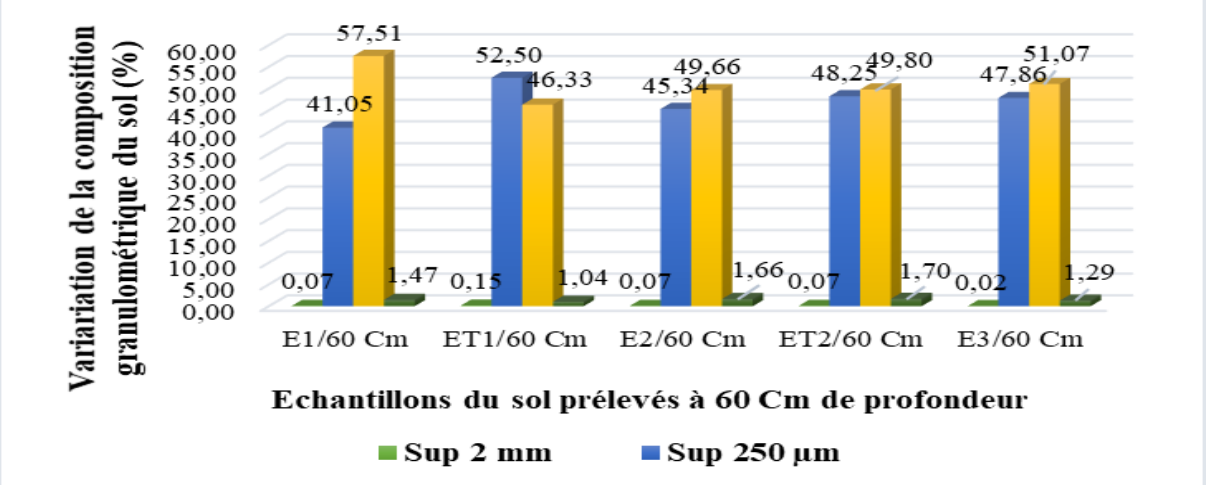


Figure 28. Variation de la composition granulométrique du sol à 60 cm de profondeur

4. DISCUSSION

4.1. Évolution de la croissance en diamètre

Dans leur étude portant sur les propriétés morphologiques de *Bambusa vulgaris* à travers les zones forestières ghanéennes, Adu *et al.* (2022) ont observé des diamètres moyens de chaumes matures atteignant 8 cm. Avec des valeurs s'étendant de 2,4 à 8,9 cm, les résultats de cette étude s'inscrivent en parfaite cohérence dans cette dynamique de croissance.

En évaluant la sylviculture et les paramètres dendrométriques de *B. vulgaris* en Afrique centrale pour l'estimation de son potentiel, Anafanck *et al.* (2022) ont souligné la nécessité de caractériser le phénotype de cette plante pour orienter les interventions sylvicoles. Les données diamétriques révèlent que la bambouseraie du site de l'Université de Kinshasa, en République Démocratique du Congo (RDC), offre des conditions de développement équivalentes aux stations expérimentales et aux zones documentées du Cameroun.

4.2. Évolution de la croissance en hauteur

L'analyse de la hauteur présente des données allant de 1,99 m à 13,4 m sur les 205 individus de *Bambusa vulgaris* étudiés. Plusieurs auteurs ont rapporté des données qui soutiennent les résultats de la présente étude, notamment les analyses de Kalanzi *et al.* (2024), qui évoquent la forte variabilité morphologique de *B. vulgaris* selon la qualité des stations.

En effet, en étudiant les écosystèmes anthropisés et les zones de transition comme les berges de rivières, ces auteurs ont mis en évidence que *B. vulgaris* s'adapte à une large gamme de sols, mais qu'il affiche des hauteurs minimales limitées à 10 ou 12 mètres dans des conditions de sols pauvres ou fortement dégradés. Bien que le site universitaire présente des sols pauvres et érodés, nos résultats culminant à 13,4 m indiquent une excellente performance de croissance verticale pour cette essence.

4.3. Comparaison diamètre-hauteur et implications écologiques

En confrontant la relation diamètre-hauteur de *Bambusa vulgaris* obtenue dans le sol sableux et oligotrophe de l'Université de Kinshasa aux données de la littérature en Afrique centrale et à l'échelle mondiale, la présente étude met en exergue le potentiel remarquable de cette plante à croissance rapide.

Au-delà de la restauration des sols dégradés, ce dynamisme végétatif participe activement à la mitigation du changement climatique par la séquestration du carbone et favorise la reconstitution de la biodiversité urbaine. De plus, à l'échelle socioéconomique, cette biomasse contribue à l'amélioration des moyens de subsistance des communautés locales par l'utilisation de son chaume dans la construction en substitution au bois d'œuvre traditionnel, dans la filière biomasse-énergie et, dans un contexte plus large, dans la réduction de la pression anthropique sur les forêts naturelles.

4.4. Évolution de l'architecture racinaire et mécanique de stabilisation

Le dénombrement des racines adventives issues du complexe rhizomatique a révélé une profusion de 937 à 2 096 racines par touffe. Le réseau horizontal s'étend sur un rayon de 1,2 à 9 m, tandis que le système racinaire vertical pénètre le sous-sol au-delà de 3 m de profondeur.

En surface, cette forte densité de racines adventives s'accorde avec les observations morphologiques de Banik (2016) sur la dynamique d'initiation racinaire des rhizomes sympodiaux. Ce foisonnement numérique, combiné à une extension latérale remarquable, crée une véritable armature biologique tridimensionnelle. Ce réseau superficiel corrobore les conclusions de Cui *et al.* (2011) sur les fonctions de conservation des sols par les bambous cespiteux, dont l'entrelacement racinaire forme un tapis continu capable d'augmenter la cohésion apparente du sol face au lessivage et au ruissellement de surface. Parallèlement, le fait que les racines verticales dépassent une profondeur de 3 m rejoint les profils de distribution documentés en conditions tropicales par Jha et Alali (2018).

En confrontant l'ensemble de ces données aux critères de mécanique des sols développés par Stokes *et al.* (2009), il apparaît que *B. vulgaris* optimise la stabilité des pentes en associant deux fonctions mécaniques complémentaires : un effet « treillis » ou « filet » en surface et un effet « clou » ou « pilier » en profondeur, capable de franchir les lignes de rupture potentielles du sol.

En résumé, avec une longueur racinaire cumulée estimée à 2 km linéaires condensés dans un périmètre de 28 m sur une profondeur d'au moins 3 m autour d'une seule touffe, et ce, en seulement trois ans sur un sol majoritairement sableux, les résultats de cette recherche prouvent l'efficacité de la bio-ingénierie par murailles vertes à *Bambusa vulgaris.* Ce dispositif permet d'accroître la résistance du sol face à l'érosion ravinante d'au moins 70 %, tout en générant de nombreux services écosystémiques et socio-environnementaux.

5. CONCLUSION

L'étude menée sur l'évolution de la croissance de *Bambusa vulgaris* Schrad. au sein des murailles vertes du site de l'Université de Kinshasa avait pour objectif de suivre le développement de cette plante en vue de restaurer les terres dégradées et de favoriser le retour de la biodiversité sur le site. Les principaux résultats mettent en évidence une structuration de la population en huit classes distinctes, tant pour le diamètre des chaumes que pour la hauteur des tiges, révélant une variabilité structurelle importante du peuplement. De plus, le potentiel de ramification varie significativement selon le développement des plants, le nombre de branches le plus élevé étant observé chez les individus de la sixième classe, tandis que la première classe affiche la plus faible densité de ramifications.

L'analyse allométrique, soutenue par la matrice de corrélation entre le diamètre et la hauteur des tiges, révèle une relation positive très forte avec un coefficient de détermination élevé (R^2 = 0,9639), ce qui traduit une croissance parfaitement simultanée en épaisseur et en longueur. Sur le plan souterrain, l'évaluation de l'architecture racinaire met en relief une colonisation stratifiée du sol sur trois horizons distincts, offrant une excellente assise biophysique. Bien que cette étude n'ait pas épuisé l'ensemble des mécanismes complexes qui régissent la croissance de *Bambusa vulgaris* sur ce site expérimental, elle apporte une contribution scientifique et pratique majeure. En validant l'efficacité de ces murailles vertes, cette recherche répond au besoin grandissant de lutter contre l'érosion des sols à travers des solutions fondées sur la nature. Ces résultats ouvrent des perspectives concrètes, non seulement pour sécuriser le site de l'Université de Kinshasa, mais aussi pour renforcer la résilience environnementale de nombreuses autres communautés en République Démocratique du Congo et à travers le monde.

Ultérieurement, pour tester le pouvoir d'atténuation de l'érosion ravinante dans les milieux à risque, des études seront menées pour quantifier le flux d'eau entrant et sortant dans la muraille verte à *Bambusa vulgaris* et la baisse de la vitesse de ruissellement d'eau pluviale. Outre, un inventaire détaillé de la faune et flore locale cohabitant sous *Bambusa vulgaris* devra être mené pour orienter l'utilisation efficace de cette plante.

Références

Adam P., Debiais N., Gerber F. & Lachat B., 2008. *Le génie végétal : Un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques*. Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables. La Documentation française, Paris, 290 p.

Adu S., Antwi K. & Adu G., 2022. Comparing the Morphological Properties of Bambusa vulgaris (Bamboo) Culms across Three Ecological Zones in Ghana; Potential for Biofuel Production. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12(4), 1-8. DOI : 10.46338/ijetae0422 01

Ananfack G., Atchombou B. J., Zanguim H. T., Awazi N. P., Tassiamba S. N., Tientcheu L. T., Nfornkah B. N., Souck J. L., Tchotang T. & Kenmeugne B., 2022. Assessing Growth Parameters from Culm Cuttings of Bambusa vulgaris at the University of Dschang Botanic Garden, West Region of Cameroon: Implications for the Bamboo Resource Base and Rural Livelihoods. *Open Journal of Forestry*, 12(1), 88-106. DOI:10.4236/ojf.2022.121005

Banik Ratan L., 2016. *Silviculture and Management of Bamboos*. New Delhi : Springer India. 377 p.

Banque mondiale, 2022. *République Démocratique du Congo : évaluation de la vulnérabilité aux risques climatiques et impact sur les réseaux de transport*. Document de travail, Groupe de la Banque Mondiale, 98 p.

Borrelli P., Alewell C., Alvarez P., Anache J. A., Robinson D. A., Panagos P. & Ballabio C., 2021. Sol erosion modelling : A global review and statistical analysis. *Sciences of The Total Environnement*, 780, 146494.

Cui H., Zhou S. & Chen M., 2011. Characteristics of Root System Distribution of Clumping Bamboos and Their Soil Conservation Functions. *Journal of Bamboo Research*, 30(2), 15-21.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2015. *Rapport sur l'état des ressources en sols du monde (Résumé technique)*. Rome, Italie, 84 p.

GIEC (IPCC), 2021. *Changement climatique 2021 : Les bases physiques de la science*. Rapport du GIEC sur les changements climatiques, 248 p.

Hanao J. & Baanante C., 2006. *Agricultural production and soil nutrient mining in Africa: implication for resource conservation and policy development*. International Fertilizer Developpement Center (IFDC). Muscle Shoals, AL, 100 p.

Hartley H.O., 1950. The Maximum F-Ratio as a Short Cut Test for Heterogeneity of Variances. *Biometrika*, 37(3-4), 308–312.

Jha D. N. & Alali K., 2018. Root distribution pattern and biomass productivity of Bamboos under tropical conditions. *Indian Journal of Agroforestry*, 20(1), 45-52.

Kalanzi F., Kiyingi I., Mwanja C. K., Agaba H., Malinga M., Reza S. & Jayaraman D., 2024. Morphological Characteristics and Growth Performance of Bambusa vulgaris Schrad. Ex J. C. Wendl in Selected Agro-Ecologies. *East African Journal of Forestry and Agroforestry*, 7(1), 76-86. 11 p.

Legendre P. & Legendre L., 1979. *Écologie numérique*. Tome 1, Le traitement multiple des données écologiques. Masson, 197 p.

Lepersonne J., 1974. *Notice explicative de la Carte géologique du Zaïre au 1/2.000.000*. République du Zaïre, Département des Mines, Direction de la Géologie, 67 p.

Makanzu Imwangana F., Vandecasteele I., Ozer P., Trefois P. & Moeyersons J., 2014. The origin and control of mega-gullies in Kinshasa (DR. Congo). *Catena*, 125, 38-49.

PNUE & Initiative ELD, 2015. *The Economics of Land Degradation in Africa)*, 76 p.

Pwema K.V., 2014. *Écologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de cinq espèces de Labeo Cuvier, 1817 dans les milieux lentiques et des rapides au Pool Malebo dans le fleuve Congo*. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, 163 p.

Saville D. J., 1990. Multiple comparison procedures: The practical solution Multiple Comparison Procedures: The Practical Solution. *The American Statistician*, 44(3), 174-180.

Scherrer B.,1984. *Biostatistique*. Gaëtan Morin éditeur, 816 p.

Stokes A., Atger C., Bengough A. *et al*., 2009. Desirable plant root traits for modulating soil moisture and improving slope stability. *Plant and Soil*, 324(1), 1-18. doi:10.1007/s11104-009-0026-y.