

Bilan matière d'une station expérimentale de valorisation des pseudo-troncs de bananiers (Ebolowa-Cameroun)

Material balance of an experimental banana pseudo-stems valorization plant (Ebolowa-Cameroon)

NGAHANE Emilienne Laure

Enseignant chercheur

Institut Supérieur d'Agriculture, du Bois, de l'Eau et de l'Environnement (ISABEE)
Université d'EBOLOWA

Laboratoire d'Analyses Agro-Environnement (LAAE)
Cameroun

TCHIOFO LONTSI Rodine

Enseignant chercheur

Institut Supérieur d'Agriculture, du Bois, de l'Eau et de l'Environnement (ISABEE)
Université d'EBOLOWA

Laboratoire de Bois et Ecosystèmes forestiers (LBEF)
Cameroun

MBAKOP KWEFU Fabrice

Enseignant chercheur

Institut Supérieur d'Agriculture, du Bois, de l'Eau et de l'Environnement (ISABEE)
Université d'EBOLOWA

Laboratoire d'Energie et d'Aménagement Durable (LEAD)
Cameroun

Date de soumission : 14/04/2026

Date d'acceptation : 02/06/2026

Pour citer cet article :

NGAHANE. E. L. & al. (2026) « Bilan matière d'une station expérimentale de valorisation des pseudo-troncs de bananiers (Ebolowa-Cameroun) », Revue Internationale du chercheur «Volume 7 : Numéro 2» pp : 958-977

Résumé

La gestion adéquate des résidus de récolte constitue un défi majeur à la ferme pédagogique de l'Institut Supérieur d'Agriculture, du Bois, de l'Eau et de l'environnement (ISABEE) de l'université d'Ebolowa où les élèves ingénieurs produisent entre autres de la banane. L'introduction de l'économie circulaire dans cet agro-système est initiée par la conversion des pseudo-troncs de bananier en fibres, en biogaz et en compost. La présente étude se focalise sur les aspects quantitatifs de cette valorisation plurielle avec pour objectif principal la maîtrise des flux de matières au sein des procédés mis en œuvre. Pour ce faire, soixante pseudo-troncs ont été prélevés de bananiers fraîchement coupés puis traités au sein de trois procédés successifs (extraction de fibres, bio-méthanisation et compostage). Ainsi, les pseudo-troncs de bananiers sont constitués de $26,5 \pm 1,6$ % de fibres. Le rendement en biogaz obtenu est de $18 \pm 0,9$ Nm³/T_{Substrat} et sa teneur en méthane est de $66,2 \pm 0,44$ %. Le rendement en compost fin est de $0,26 \pm 0,007$ T/T_{Substrat}. A partir d'une tonne de pseudo-troncs de bananiers, il est donc possible d'obtenir : 0,265 T de fibres brutes ; 1,90 Nm³ de biogaz et 0,103 T de compost fin. Le pseudo-tronc de bananier est valorisable, il constitue un gisement garanti et pourrait être à la base d'une chaîne de valeur viable inscrivant toute initiative visant leur valorisation à grande échelle dans une démarche d'économie circulaire, créatrice d'emplois sûrs, diversifiés et durables.

Mots clés : bananier, pseudo-tronc, fibre végétale, biogaz, compost.

Abstract

At the training farm of the Higher Institute of Agriculture, Forestry, Water and Environment (ISABEE) of the University of Ebolowa, engineering students cultivate bananas, among other crops. The good management of post-harvest residues is a major challenge. The introduction of the circular economy into this agro-system has begun through pseudo-stems' conversion into fibre, biogas and compost. This study therefore focused on the quantitative aspects of the multipurpose valorization with the main objective of controlling material flows within the processes implemented. To achieve this, sixty pseudo-stems were collected from freshly cut banana plants, and then subsequently processed through three different methods (fibre extraction, biomethanization, and composting). At the end, the fibres and compost obtained were weighed using a balance; while the volume of biogas produced was measured using a gas meter. The result showed that banana pseudo-stems consist of 26.5 ± 1.6 % lignocellulosic fibres. The biogas yield obtained is 18 ± 0.9 Nm³/T_{substrate}, with a methane content of 66.2 ± 0.44 %. The yield of fine compost is 0.26 ± 0.007 T/T_{substrate}. From one tonne of banana pseudo-stems, it is therefore possible to obtain: 0.265 T of raw fibres; 1.90 Nm³ of biogas; and 0.103 T of compost. The banana pseudo-stem is recoverable; it constitutes a reliable resource and could be the basis of a viable value chain, making any initiative aimed at their large-scale valorization part of a circular economy approach that creates secure, diversified and sustainable jobs.

Keywords : Banana plant, pseudo-stem, plant fibre, biogas, compost.

Introduction

La production des déchets est inhérente à toute activité humaine, elle est croissante au fil du temps et spécifique aux différents secteurs économiques. Selon l'ONU, 2,3 milliards de tonnes de déchets ont été produits en 2023 et les déchets agricoles y sont majoritaires (Ouest-France, 2024). Au Cameroun, pays à revenu essentiellement agricole, la banane est à la base de l'alimentation locale, constitue aussi une culture de rente et même l'une des principales spéculations destinées à l'exportation. La banane est ainsi cultivée par tous, partout et à toutes les échelles et contribue à la sécurité alimentaire, à la création d'emplois et à la diversification des revenus. Cependant, après la récolte des fruits, les autres parties de la plante sont abandonnées. En 2023 au Cameroun, 5 495 534 tonnes de banane-plantain ont été produites avec pour ambition d'atteindre le cap de 7 500 000 tonnes en 2025 (L'Economie, 2024). Or, cette production ne représente que les fruits donc, seulement 12% environ de la plante (Zuluaga et al., 2007). Le reste, considéré comme déchet et encombrant, est souvent laissé dans les champs où son pourrissement entraîne la prolifération des maladies et des parasites, d'où la nécessité de les valoriser hors de la plantation (Sango, 2016).

La production croissante de ces déchets, consécutive à celle projetée de la production de la banane, soulève des préoccupations environnementales majeures. L'introduction de l'économie circulaire dans cette production agricole suggère l'élaboration des solutions innovantes destinées à convertir ses sous-produits (pseudo-troncs, feuilles, hampe, etc.) en bioénergie, en produits biosourcés et en biofertilisant avec des avantages directs pour l'environnement, l'économie et le consommateur (Souhaili & Amansou, 2025). En effet, ces biomasses agricoles restantes contiennent de la matière organique et fibreuse dont la non valorisation représente un manque à gagner important alors même que plusieurs travaux ont démontré leur potentiel pour la production du compost, du biogaz et de biomatériaux (Fonton et al., 2026). Toutefois et très souvent marginale, la maîtrise des flux de matières (intrants, transformations, produits intermédiaires et produits finis) est primordiale dans le développement des chaînes de production sur la récupération des ressources à forte valeur ajoutée dans une logique de cycle fermé (Souhaili & Amansou, 2025).

Dans le cadre de la bonne gouvernance universitaire nationale, la mise en œuvre des activités génératrices de revenus (AGR) est encouragée afin de diversifier les sources de financement des activités académiques. Aussi, l'esprit entrepreneurial est développé chez les apprenants afin de privilégier leur l'auto-emploi et la création d'emplois après l'obtention de leur

diplôme. L'ISABEE de l'Université d'Ebolowa a ainsi fait sien le concept « *Université-Entreprise et Etudiant-Entrepreneur* » par la professionnalisation de ses formations, et spécifiquement par l'expérimentation et la présentation de ses projets aux awards de l'innovation et de l'entrepreneuriat qui constituent une contribution et une forme d'accompagnement dans l'entrepreneuriat local (Bilola et al., 2024 ; Yota, 2025). Parmi les projets en incubation, l'on compte celui du développement d'une chaîne de valeur verte avec comme principal intrant les pseudo-troncs de bananiers ; il est expérimenté au Laboratoire d'Analyses Agro-Environnement.

La présente étude fait suite aux études concluantes de pré-faisabilité réalisées en 2019 puis en 2023 mais basées sur les aspects qualitatifs des produits de valorisation (fibres végétales, biogaz et compost). Elle vient compléter la preuve de concept en s'attardant sur les aspects quantitatifs de la valorisation plurielle des pseudo-troncs de bananiers successivement en fibres, en biogaz et en compost. A partir d'une tonne de pseudo-troncs de bananiers, quelle quantité de fibres, de biogaz et de compost peut-on obtenir ? C'est à cette question que la présente étude va tenter d'apporter des éléments probants de réponse. L'objectif principal est la maîtrise des flux de matières au sein des procédés de valorisation mis en œuvre et la levée des incertitudes quantitatives productives qui constituent l'une des problématiques pour les investisseurs dans le financement de l'innovation et des jeunes entreprises innovantes (Yota, 2025).

Cette étude est aussi contribution expérimentale au renforcement des capacités des apprenants à agir pour le développement local, la transition écologique et l'économie circulaire au sein des agro-systèmes via une meilleure gestion des résidus de récolte. Spécifiquement, la caractérisation des pseudo-troncs de bananiers est d'abord réalisée afin de préciser ses mensurations, ses éléments constitutifs et leurs proportions relatives. Par la suite, lesdits éléments constitutifs ont alimenté les procédés successifs d'extraction de fibres, de biométhanisation et de compostage avec un suivi minutieux sur les quantités d'intrants, des produits finaux et des produits intermédiaires devant alimenter les étapes suivantes. A la fin de chaque procédé de valorisation, les taux de conversion des éléments constitutifs des pseudo-troncs de bananiers en fibres, en biogaz et en compost ont été exprimés ainsi que les rendements massiques unitaires. En fin, de ces rendements unitaires, a été établi le bilan global de la station expérimentale.

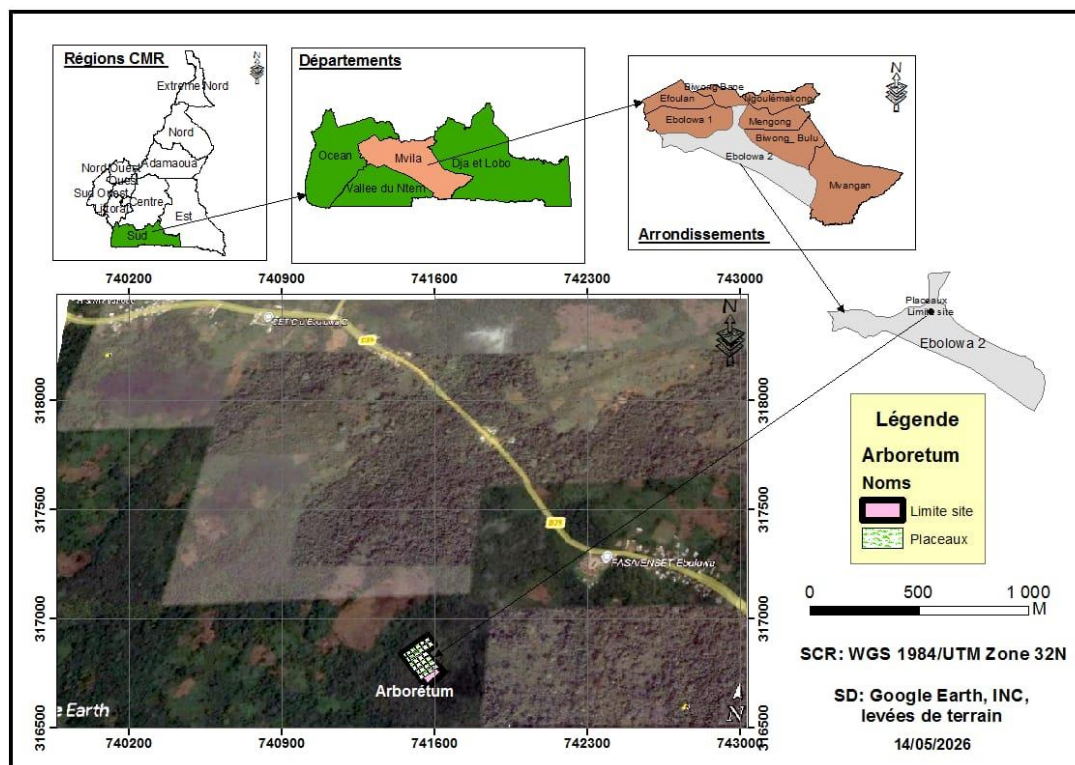
1. Matériel et méthodes

1.1. Caractérisation des pseudo-troncs de bananiers

1.1.1 Echantillonnage

Les plants ont été choisis aléatoirement dans les parcelles agricoles de l'ISABEE (Figure 1) et les pseudo-troncs obtenus ont été acheminés à la station expérimentale. Après la récolte des régimes, soixante (20 x 3) pseudo-troncs de bananiers fraîchement coupés ont été obtenus (Figure 2a) après élagage du bulbe et du limbe foliaire.

Figure 1 : Carte de localisation des parcelles agricoles de l'ISABEE de l'Université d'Ebolowa



1.1.2 Quantification et composition des pseudo-troncs de bananiers

A l'arrivée à la station expérimentale, chacun des soixante pseudo-troncs a été entièrement pesé à l'aide d'une balance à plateau d'une portée de 50 kg et d'une précision de 100 g puis mesuré (longueur et diamètre) à l'aide d'un ruban. Les gaines foliaires constitutives des pseudo-troncs ont par la suite été séparées du méristème (Figure 2b) et pesées séparément. Les proportions relatives (P_x) des éléments constitutifs (gaines et méristèmes) ont par la suite été calculées par l'équation 1.

$$P_x = \frac{M_x}{M} \times 100 \quad (1)$$

Où P_x est la proportion relative de l'élément constitutif x (%), M_x est la masse de l'élément constitutif x (kg) et M est la masse totale du pseudo-tronc de bananier (kg).

Figure 2 : Caractérisation des pseudo-troncs (a : Pseudo-troncs à valoriser ; b : Séparation des gaines et des méristèmes)



1.2. Valorisations des pseudo-troncs de bananiers

1.2.1. Extraction des fibres

Les gaines obtenues à l'étape précédente ont été éboutées manuellement avant leur passage à l'extracteur de fibres (Figure 3a) pour l'obtention de fibres fraîches. Celles-ci ainsi que les boues d'extraction ont été pesées séparément à l'aide d'une balance afin d'exprimer leurs proportions relatives (P_y) par l'équation 2.

$$P_y = \frac{M_y}{M_G} \times 100 \quad (2)$$

Où P_y est la proportion relative de l'élément constitutif y (%), M_y est la masse de l'élément constitutif y (kg) et M_G est la masse totale des gaines (kg).

1.2.2. Bio-méthanisation des boues d'extraction

Les boues d'extraction obtenues à l'étape précédente ont été mélangées aux déchets de fruits et aux matières stercoraires. Le mélange obtenu, constitué de 90% de boues d'extraction, a permis d'alimenter un bio-digesteur (Figure 3b) anaérobie discontinu constitué de :

- Un fût de 100 litres muni d'un couvercle et possédant deux orifices de diamètres respectifs 10 cm pour l'alimentation et 3 cm pour la sortie du biogaz. Un troisième orifice de diamètre 10 cm a été fait sur le côté gauche du fût plus précisément au tiers de sa hauteur pour la vidange ;

- Une tuyauterie composée de tuyaux PVC, d'un tuyau à gaz, des vannes pour le contrôle des débits et des pressions, des serre-joints, colle et téflon pour l'étanchéité des connexions ;
- Une vessie en caoutchouc pour le stockage du biogaz
- Un kit constitué d'un compteur de biogaz (Gurtner G2.5 N° : 22200414437) et d'un analyseur à méthane (TY20200102339001 de SHENZHEN TEENWIN ENVIRONMENT CO.LTD) permettant d'obtenir le volume du biogaz produit au quotidien et sa teneur en méthane.

Le volume total du biogaz produit (V_{Biogaz}) et sa teneur moyenne en méthane (\dot{X}_{CH_4}) ont été calculés à partir des équations 3 et 4.

$$V_{\text{Biogaz}} = \sum(V_{j,\text{Biogaz}}) \quad (3)$$

Où V_{Biogaz} est le volume total de biogaz produit (Nm^3), $V_{j,\text{Biogaz}}$ est le volume quotidien de biogaz produit (Nm^3).

$$\dot{X}_{\text{CH}_4} = \frac{\sum(V_{j,\text{Biogaz}} \times X_{j,\text{CH}_4})}{V_{\text{Biogaz}}} \quad (4)$$

Où $V_{j,\text{Biogaz}}$ est le volume quotidien de biogaz produit (Nm^3), X_{j,CH_4} est sa teneur en méthane (%) et V_{Biogaz} est le volume total de biogaz produit (Nm^3).

1.2.3. Compostage du digestat, des boues de gaines et des méristèmes

Les bouts de gaines et les méristèmes découpés (230 kg) ont été mélangés aux matières stercoraires (20 kg) et aux déchets de fruits (10 kg) et mis en andain (Figure 3c) pour subir une fermentation aérobie durant laquelle trois retournements ont été effectués (J7, J14 et J21). Le digestat issu du bio-digesteur anaérobie a été recueilli, pesé et filtré à l'aide d'un tamis de maille 1 mm. La fraction fibreuse (40 kg) a été ajoutée aux matières en fin de fermentation pour subir une maturation aérobie. Le compost obtenu a été pesé à l'aide d'une balance.

Figure 3 : Dispositifs de valorisation des pseudo-troncs de bananiers (a : Extracteur de fibres ; b : Bio-méthaniseur ; c : Compostage en andain)



1.3. Etablissement du bilan matière

Le bilan matière de chaque procédé de valorisation a été établi à la fin de celui-ci par la présentation des transformations qui se sont opérées et l'expression du rendement (Y) qui n'est rien d'autre que le rapport entre les quantités des produits finaux (fibres brutes, biogaz et compost fin) et les quantités d'intrants initiaux ayant permis leur production à l'aide des équations 5, 6 et 7.

$$Y_{\text{Fibre}} = \frac{M_{\text{Fibre}}}{M} \quad (5)$$

Où Y_{Fibre} est le rendement en fibres ($T_{\text{Fibre}}/T_{\text{Substrat}}$), M_{Fibre} est la masse totale des fibres (T) et M est la masse totale des pseudo-troncs de bananier (T).

$$Y_{\text{Biogaz}} = \frac{V_{\text{Biogaz}}}{M_{\text{Boues d'extraction}} + M_{\text{Matière stercoraire}} + M_{\text{Déchets fruits}}} \quad (6)$$

Où Y_{Biogaz} est le rendement en biogaz ($\text{Nm}^3/\text{T}_{\text{Substrat}}$), V_{Biogaz} est le volume total de biogaz produit (Nm^3), $M_{\text{Boues d'extraction}}$, $M_{\text{Matière stercoraire}}$, $M_{\text{Déchets fruits}}$ sont respectivement la masse des boues d'extraction des fibres, des matières stercoraires et des déchets de fruits utilisés (T).

$$Y_{\text{Compost}} = \frac{M_{\text{Compost}}}{M_{\text{Méristème et bouts gaines}} + M_{\text{Matière stercoraire}} + M_{\text{Déchets fruits}} + M_{\text{Digestat}}} \quad (7)$$

Où $Y_{Compost}$ est le rendement en compost ($T_{Compost}/T_{Substrat}$), $M_{Compost}$ est la masse totale du compost fin (kg) et $M_{Digestat}$ est la masse de la fraction fibreuse du digestat utilisée (T).

Le bilan matière global de la station expérimentale (\dot{Y}) a été établi à partir de ces rendements unitaires (Y), mais en considérant une tonne de pseudo-troncs de bananiers et en respectant les différents ratios des intrants constitutifs de chaque substrat.

2. Résultats

2.1. Caractéristiques des pseudo-troncs de bananiers

Le tableau 1 présente les caractéristiques des pseudo-troncs de bananiers utilisés dans cette étude. Soixante pseudo-troncs ont été prélevés pour une masse totale de 2 268 kg. La masse moyenne d'un pseudo-tronc de bananier est de $37,8 \pm 0,17$ kg pour une longueur de $126 \pm 0,73$ cm, un diamètre de 42 ± 2 cm et une teneur en eau de $91,2 \pm 1,9\%$. La composition moyenne de ces pseudo-troncs (Equation 1) est $78,2 \pm 0,6\%$ de gaines et $21,8 \pm 0,6\%$ de méristèmes.

Tableau 1 : Caractéristiques des pseudo-troncs de bananiers

| Paramètre | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Total | Moyenne |
|-------------------|---------|---------|---------|-------------|----------------------------------|
| Masse totale (kg) | 751 | 761 | 756 | 2268 | $756 \pm 3,3$ |
| Gaines (kg) | 580 | 602 | 591 | 1773 | $591 \pm 7,3$ |
| Méristèmes (kg) | 171 | 159 | 165 | 495 | 165 ± 4 |
| Teneur en eau (%) | 94 | 88,5 | 91 | / | $91,2 \pm 1,9$ |
| Longueur (cm) | 124,9 | 126,2 | 126,9 | / | $126 \pm 0,73$ |
| Diamètre (cm) | 45 | 41,1 | 39,9 | / | 42 ± 2 |

2.2. Valorisations des pseudo-troncs de bananiers

La figure 4 présente les procédés de valorisation mis en œuvre tout en spécifiant les intrants, les traitements, les produits obtenus et leurs valorisations potentielles.

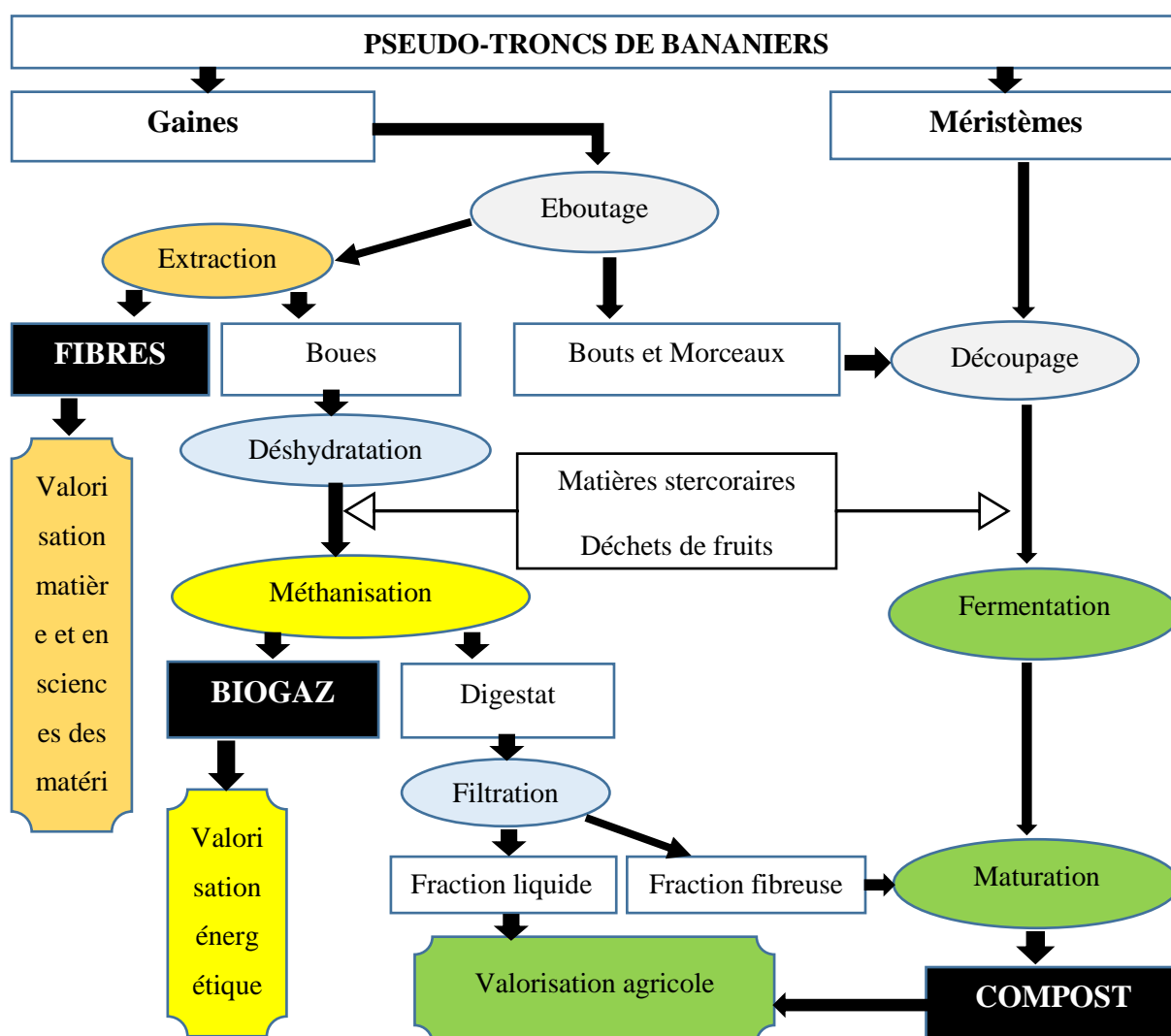
2.2.1. Extraction des fibres et quantification des produits issus de l'extracteur

Après éboutage des $591 \pm 7,3$ kg de gaines et leur passage à l'extracteur, les produits obtenus sont : $200,3 \pm 13,1$ kg de fibres fraîches ; $322,7 \pm 17,1$ kg de boues d'extraction et $68 \pm 22,7$ kg de bouts de gaines. Ainsi, les gaines de bananier sont constituées en masse de $33,9 \pm 1,8\%$ de fibres au minimum ; ramenée au tronc entier, la proportion massique de fibres fraîches est de 26,5% (Equation 2). Le tableau 2 présente les produits issus de l'atelier d'extraction des fibres.

Tableau 2 : Produits issus de l'atelier d'extraction des fibres

| Paramètre | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Total | Moyenne |
|-------------------------|---------|---------|---------|-------|--------------|
| Gaines (kg) | 580 | 602 | 591 | 1773 | 591 ± 7,3 |
| Fibres fraîches (kg) | 188 | 220 | 193 | 601 | 200,3 ± 13,1 |
| Boues d'extraction (kg) | 297 | 348 | 323 | 968 | 322,7 ± 17,1 |
| Bouts de gaines (kg) | 95 | 34 | 75 | 204 | 68,0 ± 22,7 |

Figure 4 : Schéma récapitulatif des procédés de valorisation mis en œuvre



2.2.2. Extraction des fibres et quantification des produits issus de l'extracteur

Après éboutage des $591 \pm 7,3$ kg de gaines et leur passage à l'extracteur, les produits obtenus sont : $200,3 \pm 13,1$ kg de fibres fraîches ; $322,7 \pm 17,1$ kg de boues d'extraction et $68 \pm 22,7$ kg de bouts de gaines. Ainsi, les gaines de bananier sont constituées en masse de $33,9 \pm 1,8\%$ de fibres au minimum ; ramenée au tronc entier, la proportion massique de fibres fraîches est

de 26,5% (Equation 2). Le tableau 2 présente les produits issus de l'atelier d'extraction des fibres.

Tableau 2 : Produits issus de l'atelier d'extraction des fibres

| Paramètre | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Total | Moyenne |
|-------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------------------|
| Gaines (kg) | 580 | 602 | 591 | 1773 | 591 ± 7,3 |
| Fibres fraîches (kg) | 188 | 220 | 193 | 601 | 200,3 ± 13,1 |
| Boues d'extraction (kg) | 297 | 348 | 323 | 968 | 322,7 ± 17,1 |
| Bouts de gaines (kg) | 95 | 34 | 75 | 204 | 68,0 ± 22,7 |

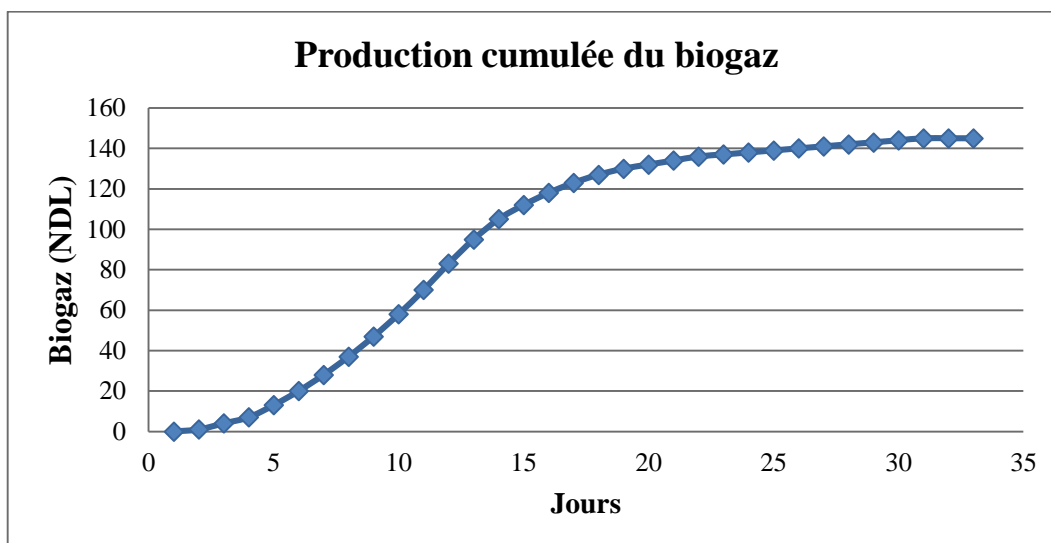
2.2.3. Bio-méthanisation et quantification des produits issus du digesteur

Le substrat (70 kg de boues d'extraction déshydratées, 7 kg de matières stercoraires et 3 kg de déchets de fruits) a été digéré dans un dispositif en batch (Figure 3c). Son taux de matière sèche est de $21,4 \pm 1,07\%$. Au terme des $33,3 \pm 1,1$ jours qu'a duré la co-digestion en régime mésophile ($T^\circ = 33,5 \pm 1,02$ °C), les produits obtenus sont : $1,44 \pm 0,07$ Nm³ de biogaz (Equation 3) à $66,2 \pm 0,44\%$ de méthane (Equation 4) ; $60,7 \pm 1,5$ kg de digestat dont 20 kg de filtrat et 41 kg de fraction fibreuse. Le tableau 3 présente les produits du digesteur et la figure 5 présente la courbe de production cumulée du biogaz.

Tableau 3 : Produits issus du digesteur

| Paramètre | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Total | Moyenne |
|-------------------------------|---------|---------|---------|--------------|--------------------|
| Substrat (kg) | 80 | 80 | 80 | 240 | 80 |
| Matière sèche (%) | 21,2 | 23 | 20 | 64,2 | 21,4 ± 1,07 |
| Biogaz (Nm ³) | 1,43 | 1,55 | 1,34 | 4,32 | 1,44 ± 0,07 |
| Teneur en CH ₄ (%) | 65,5 | 66,8 | 66,2 | 198,5 | 66,2 ± 0,44 |
| Digestat (kg) | 59 | 63 | 60 | 182 | 60,7 ± 1,55 |

Figure 5 : Production cumulée du biogaz



2.2.4. Compostage et quantité de compost obtenu

Le substrat (230 kg de bouts de gaines et de méristèmes découpés, 20 kg de matières stercoraires et 10 kg de déchets de fruits) a d'abord subi une fermentation en tas de 30 jours avant d'être complété par la fraction fibreuse du digestat (40 kg) pour une maturation durant 45 jours. A la fin de la maturation, 78 ± 2 kg de compost fin ont été obtenus après tamisage de $117,3 \pm 1,1$ kg de compost mature. Le tableau 4 présente les produits issus du compostage et la figure 6 présente les produits de valorisation des pseudo-troncs de bananiers.

Tableau 4 : Produits issus du compostage

| Paramètre | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Total | Moyenne |
|---------------------|---------|---------|---------|------------|-----------------------------------|
| Substrat (kg) | 300 | 300 | 300 | 900 | 300 |
| Compost mature (kg) | 119 | 116 | 117 | 352 | $117,3 \pm 1,1$ |
| Compost fin (kg) | 81 | 76 | 77 | 234 | 78 ± 2 |



Figure 6 : Produits issus de la valorisation des pseudo-troncs de bananiers (a : Fibres fraîches ; b : Biogaz ; c : Compost fin)

2.3. Bilan matière des valorisations mises en œuvre

2.3.1. Bilans unitaires des procédés de valorisation

A partir de $756 \pm 3,3$ kg de pseudo-troncs de bananiers, $591 \pm 7,3$ kg de gaines ont été obtenues et desquelles $200,3 \pm 13,1$ kg de fibres fraîches ont été extraites. Ainsi, le rendement en fibres fraîches est de $0,34$ T/T_{Gaines} soit, $0,265$ T/T_{Pseudo-troncs} (Equation 5). Le taux de conversion des pseudo-troncs et des gaines de bananiers en fibres fraîches ou taux d'extraction est respectivement $26,5\%$ et de 34% .

A partir de 80 kg d'un mélange de boues d'extraction des fibres (70 kg), de matières stercoraires (7 kg) et de déchets de fruits (3 kg), $1,44 \pm 0,07$ Nm³ de biogaz a été produit. Le rendement en biogaz est donc de $18 \pm 0,9$ Nm³/T_{Substrat} (Equation 6). Spécifiquement, $10,4$ kg de matière sèche digérée (Δ MSV = Masse dans le substrat – Masse dans le digestat) ont permis de produire $1,44$ Nm³ de biogaz soit, un taux de production de 138 Nm³/T_{MSV}.

A partir de 300 kg d'un mélange de bouts de gaines et de méristèmes (230 kg), de digestat (40 kg), de matières stercoraires (20 kg) et de déchets de fruits (10 kg), $117 \pm 1,1$ kg de compost mature puis 78 ± 2 kg de compost fin ont été produits. Le rendement en compost mature et fin est donc respectivement de $0,39 \pm 0,004$ T/T_{Substrat} et $0,26 \pm 0,007$ T/T_{Substrat} (Equation 7).

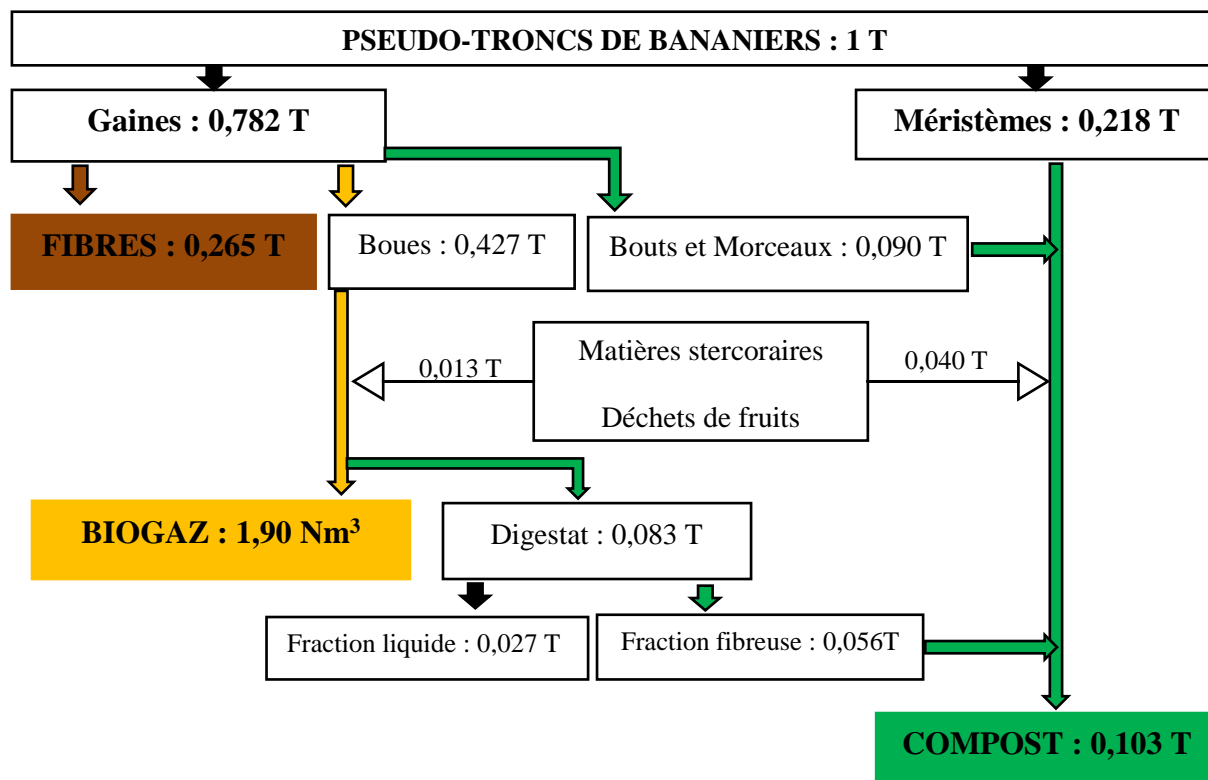
2.3.2. Bilan matière global

Des rendements unitaires obtenus et en respectant les ratios des intrants des différents substrats, à partir d'une tonne de pseudo-troncs de bananiers l'on obtient : $0,265$ T de fibres ; $1,90$ Nm³ de biogaz et $0,103$ T de compost (Tableau 5, Figure 7).

Tableau 5 : Bilan matière global des procédés de valorisation des pseudo-troncs de bananiers (blanc : intrant, gris : produit intermédiaire, noir : produit final)

| Extraction fibres | | Bio-méthanisation | | Compostage | |
|--------------------|---------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------------|
| Pseudo-troncs | 1000 kg | Boues d'extraction | 92,59 kg | Méristèmes | 218 kg |
| Méristèmes | 218 kg | Matière stercoraire | 9,26 kg | Bouts de gaines | 90 kg |
| Gaines | 782 kg | Déchets de fruits | 3,97 kg | Matière stercoraire | 26,78 kg |
| Bouts de gaines | 90 kg | Digestat liquide | 26,69 kg | Déchets de fruits | 13,39 kg |
| Boues d'extraction | 427 kg | Digestat fibreux | 56,53 kg | Digestat fibreux | 56,53 kg |
| Fibres | 265 kg | Biogaz | 1,90 Nm³ | Compost fin | 103,46 kg |

Figure 7 : Bilan matière global de la station expérimentale



3. Discussion

Les pseudo-troncs en présence, de la variété « *faux cornes* » sont petits (37,8 kg) par rapport à ceux de la variété « *Gros Michel* » dont la masse peut atteindre 93 kg (Martin-Prével et al., 1968). Toutefois, leur composition (78% de gaines et 22% de méristèmes) est très proche de celle trouvée dans les travaux de Martin-Prével et al. (1968) qui disent que la hampe interne (méristème) représente environ 25% du pseudo-tronc de bananier. La teneur en eau trouvée (91%) est la même que celle trouvée par Kamdem et al. (2011) qui parlaient de 402 750 tonnes de matière sèche dans 4,5 millions de déchets de bananiers soit, 4 097 250 tonnes d'eau (91%). Cette teneur en eau est très proche de celle trouvée par Ffoulkes et al. (1977) qui la situent entre 92 et 95%.

La proportion des fibres brutes dans les pseudo-troncs de bananiers en présence (26,5%) est proche de celle trouvée par Bouafou et al. (2012) qui l'ont évaluée à 23,7%. Le rendement d'extraction obtenu à partir des gaines fraîches (34%) est inférieur à 57% trouvé par Sango (2016) ; ceci peut s'expliquer par le fait que ces derniers aient travaillé avec des gaines sèches donc, déshydratées. La valorisation potentielle de ces fibres en biomatériau dans l'industrie textile, cosmétique, des emballages, etc., en raison de leur teneur polysaccharidique suffisante (50-70%), a été évoquée par Cordeiro et al. (2004), Heuzé et al. (2011) et Sango (2016). Dans

une logique industrielle, l'unité d'extraction des fibres pourrait se positionner comme fournisseur à ces divers secteurs d'activité à la recherche constante d'approvisionnement sécurisé.

Avec un taux de production de $18 \text{ Nm}^3/\text{T}_{\text{Substrat}}$ et une teneur en méthane de 66%, le biogaz produit est un bon combustible et une alternative aux énergies fossiles. Sakouvogui et al. (2021) ont obtenu un rendement légèrement supérieur ($21,5 \text{ Nm}^3/\text{T}_{\text{Substrat}}$) à partir d'un substrat composé de lisier de porc et de bouse de vache à parts égales du fait de la meilleure dégradabilité dudit substrat par voie humide et de son potentiel méthanogène plus important. En effet, les pseudo-troncs de bananiers riches en matière carbonée ligno-cellulosique (Kamdem et al., 2011) présente un potentiel méthanogène non éligible de $24 \text{ Nm}^3/\text{T}$ pour soutenir son auto-méthanisation dans une application industrielle (Adannou et al., 2025). La reformulation du substrat par l'augmentation à 30% de la proportion des matières stercoraires ou de déjections animales riches en azote et plus méthanogènes (Levasseur et al., 2022) pourrait certainement relever le taux de production du biogaz afin d'envisager la rentabilité de cette valorisation à l'échelle d'une production industrielle.

La courbe de production cumulée du biogaz (Figure 5) permet de distinguer trois principales phases : une phase de latence où la production du biogaz est faible (J1-J5) ; une phase exponentielle durant laquelle il y a accélération de la production (J6-J15) et une phase palier au cours de laquelle il y a ralentissement puis arrêt de la production du biogaz (J16-J33). Ces trois phases ont aussi été observées par Sakouvogui et al. (2021) lors de la co-digestion anaérobie et mésophile du lisier de porc et de la bouse de vache pendant 25 jours. La quantité du digestat obtenue représente 76% de la masse du substrat de départ, confirmant les travaux de Michau et al. (2019) où le digestat représentait entre 70 et 80% de la masse introduite dans le digesteur.

Le taux de conversion du substrat (88% bouts de pseudo-troncs bananiers, 8% matières stercoraires et 4% déchets de fruits) en compost mature obtenu est de 39 %. Cette valeur est proche (50%) de celle obtenue par Alison et al. (2021) à partir d'un substrat composé de 55% de broyats de déchets verts, 40% de lisier de porcs et 5% de fumier de poulets. Le fait que le pseudo-tronc de bananier soit relativement majoritaire dans le substrat à composter et que l'évaporation de l'eau qui est son principal constituant par la montée de chaleur observée lors d'un procédé de compostage pourraient expliquer cette différence. Avec une teneur brute en matière organique de 22% (>20%), ce compost est un amendement organique. Il est similaire

à celui produit par Awode et al. (2023) à partir d'un mélange de déchets de bananiers et de bouse de vache (21,5% de matière organique).

La mise en œuvre de ces valorisations, déjà expérimentées ailleurs, constitue quand même une innovation locale dans le sens où c'est une nouveauté que l'on introduit pour créer un changement dans cet agro-système à vocation principalement pédagogique (Bilola et al., 2024). Les rendements des procédés de valorisation expérimentés ici pourraient être améliorés par l'ajustement des proportions quantitatives des intrants et le passage à l'échelle afin que la transition vers l'économie circulaire initiée et visant à transformer les pseudo-troncs de bananiers en ressources permette d'explorer des nouveaux modèles d'affaire hybrides capables d'articuler création de valeur économique et impacts sociétaux positifs (emploi) (Souhaili & Amansou, 2025).

Conclusion

A l'ISABEE de l'Université d'Ebolowa, les pseudo-troncs de bananiers représentent une ressource abondante, disponible et intéressante capable de soutenir durablement le développement d'une filière verte. Ses éléments constitutifs que sont les gaines (78%) et les méristèmes (22%) sont valorisables en divers produits biosourcés inscrivant cette expérimentation dans une démarche d'économie circulaire.

Les fibres extraites pourraient être une solution viable face à la pénurie de matières et matériaux pour les secteurs du textile, du bâtiment, des emballages et de la cosmétique. Le biogaz produit, riche en méthane (66%), pourrait être utilisé comme source d'énergie, substituant ainsi une partie du carbone fossile. Le compost obtenu, riche en matière organique (22%) pourrait être utilisé comme amendement agricole, renforçant ainsi l'agrofourmiture.

Le bilan matière a été l'occasion d'analyser les différents processus de valorisation mis en œuvre et d'avoir une idée plus claire sur les niveaux de traitement des co-substrats de telle sorte qu'à partir d'une quantité précise du substrat principal qu'est le pseudo-tronc de bananier, les quantités des produits sortants soient connues. Avec une projection de production de bananes de 5 000 tonnes à l'horizon 2030 à l'ISABEE de l'Université d'Ebolowa, les pseudo-troncs de bananiers représenteraient un gisement minimum de 20 000 tonnes pour une production potentielle de 5 300 tonnes de fibres brutes, 38 086 Nm³ de biogaz et 2 069 tonnes de compost.

Ces produits, capables d'approvisionner durablement différents secteurs d'activité pourrait concourir efficacement à la gestion des résidus post-récolte, donner une valeur certaine aux

pseudo-troncs de bananiers et leur augurer des lendemains prometteurs. Toutefois, dans le cadre de la mise en œuvre des activités génératrices de revenus à l'ISABEE ou de la recherche de financements pour la création et la survie d'une entreprise éco-citoyenne portée par les jeunes diplômés, la rentabilité d'une telle initiative devrait être évaluée hors laboratoire par l'analyse économique du système productif et des modèles commerciaux projetés. La réalisation d'un pilote à grande échelle et intégrant les améliorations quantitatives formulées est suggérée afin d'établir un bilan main d'œuvre nécessaire à l'analyse coûts-bénéfices qui aboutira sur la détermination des coûts de production et sur la construction d'un business plan bénéfique. Ce puissant outil d'aide à la décision pourrait soutenir l'octroi de financement pour le développement de l'agro-industrie de valorisation des pseudo-troncs de bananiers.

Conflit d'intérêt

Les auteurs de cet article déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Contribution des auteurs

La production de cet article a été possible grâce aux multiples contributions et à la franche collaboration de ses auteurs. Spécifiquement, Dr Ngahane Emilienne Laure, Chef du Département d'Economie, Sociologie rurale et Vulgarisation Agricole (ESVA) et porteuse du projet de valorisation des pseudo-troncs de bananiers, a participé à la collecte, à l'analyse et au traitement des données primaires. Elle a élaboré les protocoles de valorisation et a supervisé leurs mises en place. Elle a synthétisé les résultats expérimentaux obtenus et rédigé le manuscrit. Dr Tchiofo Lontsi Rodine, Chef du Département de Foresterie, Sciences et Technologie du Bois (FSTB) a constitué les équipes des différents pôles de valorisation, validé les données et les résultats, relu le manuscrit. Pr Mbakop Kwefeu Fabrice, Chef du Département d'Energies Renouvelables (ENREN) a supervisé le Pôle bio-méthanisation.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de Pr Philippe KOSMA, Directeur de l'ISABEE de l'Université d'Ebolowa et de Pr Nana Paulin, Chef du Département d'Agriculture, Elevage et Sciences Halieutiques (AESH) et Directeur du Laboratoire d'Analyses Agro-Environnement (LAAE) pour leurs apports multiformes.

BIBLIOGRAPHIE

Adannou A, Ousman H, Lamine N. 2025. Gas chromatography analysis of the methanogenic potential of lignocellulose biomass made from banana residues in Tombacounda, Sénégal. *Open Journal of Applied Sciences*, 15, pp 187-201. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2025.151013>

Alison C, Deulvot A, Choisis J-P, Thomas P. 2021. Mise en place d'une unité de compostage. Elevage mixte Porcs-Volailles, Ile de la Réunion. Livret-compostage 02, vf, 11 p.

Awode J, Sikirou M, Zandjanakou-Tachin M, Djigbo F, Adekanmbi D, Bagan G. 2023. Effet du compost à base de biomasse de bananier sur les paramètres agromorphologiques de l'amarante (*Amarhantus cruentus*) au Sud-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (4), pp 1717-1731. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i4.33>

Biloua F, Kuate K, Bouda O. 2024. Pratiques de l'innovation shanzhaï et entrepreneuriat local au Cameroun : cas de quelques TPE informelles de la ville de Douala. *Revue Francophone*, 2 (3), pp 113-137. <http://doi.org/10.5281/zenodo.13308898>

Bouafou K, Konan B, Kouame K, Kati-Coulibally S. 2012. Produits et sous-produits du bananier dans l'alimentation animale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (4), pp 1810-1818. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.36>

Cordeiro N, Belgacem M, Torres I, Moura J. 2004. Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems. *Industrial Crops and Products*, 19, pp 147-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.09.001>

Ffoulkes D, Espejo S, Marie D, Delpeche M, Preston TR. 1977. The banana plant as cattle feed: composition and biomass production. *Tropical Animal Health and Production*, 3, pp 45-50. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:204955783>

Fonton E, Cledjo P, Dossou-Yovo A. 2026. Evaluation des déchets générés par la chaîne de valorisation de l'ananas au Bénin. *Revue-IRS*, 4 (2), pp 2195-2207. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19374769>

Heuzé V, Tran G, Archimède H. 2011. Banana Leaves and Pseudostems. INRA, CIRAD, AFZ, pp 100-120.



Kamdem I, Tomekpe K, Thonart P. 2011. Production potentielle de bioéthanol, de biométhane et de pellets à partir des déchets de biomasse lignocellulosique du bananier (*Musa sp.*) au Cameroun. *BASE*, 15 (3), 174 p.

L'Economie, 2024. Filière banane : Régime en baisse de trois places. La rédaction, n° du 10 Décembre 2024.

Levasseur P, Blazy V, Gervais F, Zennaro B, Azam O, Kabakian S, Carrere H. 2022. Potentiel méthanogène et composition chimique des déjections porcines, avicoles, bovines, ovines et caprines. Elaboration d'une base de données. *Cahiers IFIP*, 8 (1), pp 1-8.

Martin-Prével P, Lacoeyllhe J, Marchal J. 1968. Les éléments minéraux dans le bananier « *Gros Michel* » au Cameroun. *Fruits*, 23 (5), pp 259-269. <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/33577/32842>

Michau J, Laurent Q, Jordan-Meille L, Salducci X, Morel C, Nesme T, Plat B. 2019. Comment modéliser le développement d'un système innovant de méthanisation collective et à hautes performances environnementales à l'échelle d'un micro-territoire. *Innovations Agronomiques*, 71, pp 275-293. <https://hal.science/hal-02185872/document>

Ouest-France, 2024. L'ONU alerte sur l'inquiétante croissance du volume de déchets dans le monde. *Journal*, Edition du 28 Février 2024.

République de Guinée. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 38, pp 281 – 295. ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>

Sakouvogui A, Kamano M, Bangoura M, Keita M. 2021. Production du biogaz à partir du lisier de porc et de la bouse de vache en mono et en co-digestion à l'Université de N'zérékoré,

Sango Thomas. 2016. Valorisation des sous-constituants de pseudo-troncs de bananier dans des matériaux biopolymères. Mémoire de Diplôme Supérieur de Recherches, Université de Lille, 154 p. <https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/HDR/2016/DSR2016LIL134.pdf>

Souhaili Mohamed & Amansou Saida. 2025. L'économie circulaire, une revue de littérature systématique. *IJESM*, 5 (3), pp 370-390. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16616547>

Yota Rostand. 2025. Prix entrepreneuriaux et financement des startups en Afrique : un mécanisme de signalisation et d'accompagnement ? Une étude multi-cas. *Revue Belge*, 11 (132), 32 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17835002>



Zuluaga R, Putaux J, Restrepo A, Mondragon I, Ganan P. 2007. Cellulose microfibrils from banana farming residues: isolation and characterization. Cellulose, 14, pp 585-592.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10570-007-9118-z>