



Analyse de la composition chimique de quelques fourrages utilisés dans l'alimentation des animaux domestiques à Kisangani (RD Congo) : cas de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica*

Joël Ebwa^{1,2*}, David Kumbangako David², Maurice Mongili¹, Joël Osombause¹

⁽¹⁾Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi. Laboratoire de production animale durable. BP 1232 Kisangani (RDC). E-mail : ebwajoel8@gmail.com

⁽²⁾Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi. Laboratoire de Phytopathologie et Biotechnologie végétale. BP 1232 Kisangani (RDC)

Reçu le 15 août 2026, accepté le 25 octobre 2026, publié en ligne le 31 octobre 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i4.20>

RESUME

Description du sujet. Face au coût élevé des intrants industriels en RD Congo, l'évaluation nutritionnelle des ressources végétales locales de Kisangani offre une alternative durable pour formuler des rations équilibrées à moindre coût pour l'alimentation animale.

Objectif. Cette étude évalue la composition chimique et minérale des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie) récoltées à Kisangani.

Méthodes. Les paramètres (humidité, matière sèche [MS], protéines brutes, lipides, cendres, Ca, Mg, Fe) ont été analysés par ANOVA et test de Tukey (5 %).

Résultats. L'humidité est maximale chez l'ortie (85,5 %), suivie du moringa (75,70 %) et du centrosema (72,00 %) ($P < 0,001$) ; inversement pour la MS (28,0 % ; 24,30 % ; 14,50 %). Les protéines brutes sont élevées et similaires entre centrosema (19,98 %) et moringa (19,25 %) ($P = 0,404$), mais supérieures à l'ortie (15,49 %) ($P < 0,001$). Les lipides varient significativement ($P < 0,001$) : 6,50 % (centrosema), 4,90 % (ortie) et 2,33 % (moringa). Les cendres brutes (18,33 %, $P < 0,001$), le calcium (200 mg/100 g MS, $P < 0,001$) et le magnésium (344,04 mg/100 g MS, $P < 0,001$) culminent chez l'ortie face aux deux autres espèces (cendres : 7,50 % ; Ca et Mg : 70-84 mg/100 g MS). Aucune différence significative n'apparaît pour le fer (~25 mg/100 g MS, $P = 0,662$).

Conclusion. L'intégration combinée de ces feuillages locaux optimise l'apport en protéines et minéraux, valorisant efficacement ces ressources végétales en élevage à Kisangani.

Mots-clés : Alimentation animale, valeur nutritive, plantes fourragères, Moringa, Kisangani/RDC.

ABSTRACT

Analysis of the chemical composition of some forages used in domestic animal feeding in Kisangani (DR Congo): the case of *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera*, and *Urtica dioica*

Description du sujet. Face to the high cost of industrial inputs in the DR Congo, the nutritional evaluation of local plant resources in Kisangani offers a sustainable alternative for formulating balanced and lower-cost animal feed rations.

Objective. This study evaluates the chemical and mineral composition of the leaves of *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera*, and *Urtica dioica* (stinging nettle) harvested in Kisangani.

Methods. Parameters (moisture, dry matter [DM], crude protein, crude lipids, ash, Ca, Mg, Fe) were analyzed using ANOVA and Tukey's test (5%).

Results. Moisture content was highest in stinging nettle (85.50 %), followed by moringa (75.70 %) and centrosema (72.00 %) ($P < 0.001$); the inverse trend was observed for DM (28.00 %, 24.30 %, and 14.50 %, respectively). Crude protein levels were high and similar between centrosema (19.98 %) and moringa (19.25 %) ($P = 0.404$), but significantly higher than in stinging nettle (15.49 %) ($P < 0.001$). Crude lipids varied significantly ($P < 0.001$): 6.50 % (centrosema), 4.90 % (stinging nettle), and 2.33% (moringa). Crude ash (18.33%, $P < 0.001$), calcium (200 mg/100 g DM, $P < 0.001$), and magnesium (344.04 mg/100 g DM, $P < 0.001$) peaked in stinging nettle compared to the other two species (ash: ~7.50 %; Ca and Mg: 70–84 mg/100 g DM). No significant difference was observed for iron (~25 mg/100 g DM, $P = 0.662$).

Conclusion. The combined integration of these local foliages optimizes protein and mineral intake, effectively adding value to these plant resources for livestock farming in Kisangani.

Keywords: Animal feeding, nutritional value, forage plants, Moringa, Kisangani/DRC.

1. INTRODUCTION

L'alimentation du bétail en Afrique subsaharienne repose structurellement sur l'exploitation des ressources fourragères locales. Selon Khan *et al.* (2015), la qualité nutritionnelle de ces forages constitue le principal déterminant des performances de croissance, de reproduction et de production globale des cheptels. À Kisangani, région caractérisée par un climat équatorial chaud et humide, les éleveurs mobilisent empiriquement diverses essences végétales, parmi lesquelles *Moringa oleifera*, *Urtica dioica* (ortie) et *Centrosema pubescens*. Pourtant, malgré cette utilisation courante, la composition chimique précise de ces écotypes locaux demeure très peu documentée, comme le soulignent Ngongo *et al.* (2019).

Cette dépendance pratique, déconnectée d'une connaissance rigoureuse de la valeur nutritive réelle des plantes, condamne les élevages à un rationnement approximatif. D'après la FAO (2020), l'absence de données quantitatives fiables représente le verrou majeur qui entrave la formulation rationnelle et équilibrée des rations alimentaires. En outre, la qualité de la biomasse fourragère est soumise à une forte variabilité dictée par des facteurs intrinsèques et extrinsèques tels que l'espèce, le stade phénologique, les conditions édapho-climatiques et les modes de conservation (Devendra et Leng, 2011). Cette instabilité nutritionnelle non maîtrisée expose les animaux à des déséquilibres métaboliques chroniques.

Parmi les ressources étudiées, *Moringa oleifera* se distingue par sa haute densité en protéines et en micronutriments. Foidl *et al.* (2011) rapportent des taux de protéines brutes atteignant 25 à 30 % de la matière sèche. Toutefois, les performances observées de cette plante dans d'autres écosystèmes ne sont pas systématiquement transposables aux conditions spécifiques de la zone tropicale humide (Mukoyongu *et al.*, 2017). Parallèlement, l'ortie (*Urtica dioica*) est décrite par Boulos (2012) comme une source exceptionnelle de minéraux et de protéines ; cependant, son utilisation à Kisangani ne repose que sur des savoirs empiriques et des « pratiques non validées » (Kambere *et al.*, 2018), faute d'analyses en laboratoire. Quant à la légumineuse *Centrosema pubescens*, sa valeur nutritive exacte reste une zone d'ombre dans le contexte agro-écologique congolais (Tshibangu *et al.*, 2021), ce qui fait courir le risque d'une sous-nutrition invisible aux cheptels.

À ce déficit de données scientifiques se greffe la précarité socio-économique des producteurs locaux : à Kisangani, plus de 70 % des éleveurs dépendent exclusivement des ressources de cueillette ou de parcours pour nourrir leurs animaux (Lusenge *et al.*, 2018). Caractériser précisément la composition bromatologique de ces feuillages permettrait non seulement d'ajuster les apports nutritionnels, mais aussi de maximiser la rentabilité économique des exploitations en réduisant l'achat d'intrants commerciaux. De surcroît, selon Adeleke *et al.* (2016), la valorisation de ces forages endémiques contribue à réduire la pression de surpâturage et s'inscrit dans une dynamique d'élevage durable.

Le manque de données locales validées constitue donc un vide scientifique et pratique majeur, bloquant toute transition vers une zootechnie de précision. Afin de combler cette lacune, la présente étude s'articule autour de la question de recherche suivante : quelle est la composition chimique et minérale des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* mobilisées dans l'alimentation animale à Kisangani ? À cet effet, l'hypothèse formulée postule que ces ressources foliaires locales possèdent un profil nutritionnel de haute qualité, capable de couvrir efficacement et à moindre coût les besoins de maintenance et de production des élevages de la région. Ainsi, l'objectif de cette étude consiste à évaluer précisément la composition chimique et minérale de ces trois fourrages afin d'optimiser leur intégration rationnelle en milieu tropical humide.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu de l'étude

La présente étude a été réalisée dans la ville de Kisangani, située dans la Province de la Tshopo, en République Démocratique du Congo. Cette ville se caractérise par un climat équatorial humide, où du type Af selon la classification de Koppen avec deux saisons peu distinctes et une forte pluviométrie annuelle (Kankonda, 2018).

Les analyses chimiques ont été effectuées au Laboratoire de chimie organique et minérale de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques (IFA) de Yangambi, situé au sein de campus de Kisangani, commune de Makiso, quartier plateau médical, avenue Abbé Munyororo avec les coordonnées géographiques suivantes : Altitude : 403 m, longitude : E 25°9,50.42988", latitude : N 0°30'47.00412"

2.2. Matériel d'étude

Le matériel biologique est constitué de feuilles de trois espèces fourragères couramment exploitées dans l'alimentation des animaux domestiques à Kisangani : *Moringa oleifera* (Moringa), *Urtica dioica* (ortie) et *Centrosema pubescens* (Centrosema).

L'exécution des analyses physico-chimiques a mobilisé divers équipements du laboratoire de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques (IFA) de Yangambi. Les principaux dispositifs et matériels de verrerie utilisés comprennent : (i) Une étuve de dessiccation thermorégulée ; (ii) Un four à moufle ; (iii) Un extracteur de type Soxhlet ; (iv) Un appareil de distillation de type Kjeldahl ; (v) Une balance analytique de précision (sensibilité : $\pm 0,1$ mg) ; (vi) Des dessiccateurs à gel de silice ; (vii) Du matériel de verrerie usuel (erlenmeyers, pipettes jaugées, éprouvettes graduées, béchers, burettes de titrage) et des spatules de pesée ; (viii) Des réactifs chimiques de qualité analytique.

2.3. Méthodes

Récolte et conditionnement des échantillons

Les échantillons foliaires de *M. oleifera*, *U. dioica* et *C. pubescens* ont été prélevés au niveau de différents sites représentatifs de la ville de Kisangani. Immédiatement après la collecte, les feuilles ont été conditionnées dans des enveloppes de format A4 préalablement étiquetées selon l'espèce, puis placées dans des sachets hermétiques propres afin d'être acheminées au laboratoire en vue de leur préparation.

Le traitement pré-analytique de la biomasse foliaire a été adapté des protocoles décrits par Chinma & Igyor (2007) et Mweugang *et al.* (2016). Dès leur réception, les feuilles ont été triées pour éliminer les débris extérieurs, abondamment rincées à l'eau distillée, puis égouttées à température ambiante. Pour chaque échantillon, une fraction de 5 g de matière fraîche a été directement isolée pour la détermination immédiate du taux d'humidité à 105 °C. Le reste du matériel végétal (> 50 g par échantillon) a été séché à l'étuve à 75 °C pendant 48 heures, puis broyé et conservé pour les analyses bromatologiques ultérieures.

Paramètres étudiés et principes d'analyse

1. Taux d'humidité et de matière sèche

La détermination de la teneur en matière sèche a été réalisée selon la méthode officielle de l'AOAC (1990). Le principe repose sur la mesure de la perte de masse de l'échantillon par volatilisation de l'eau à 105 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Une prise d'essai de 5 g ($m_1 - m_0$) a été pesée dans

une capsule en verre de masse connue (m_0). Les capsules ont été introduites dans l'étuve réglée à 105 °C. Après 24 heures, les capsules ont été retirées à intervalles réguliers, refroidies dans un dessiccateur, puis pesées individuellement jusqu'à stabilisation du poids (m_2). Les teneurs en matière sèche (MS) et en eau (humidité) ont été calculées en pourcentage de la masse fraîche initiale selon les équations suivantes :

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Matière sèche (\%)} = 100 - \% \text{ d'humidité}$$

ou taux d'humidité (%) (2)

Avec m_0 : masse (g) de la capsule vide ;

m_1 : masse (g) de l'ensemble (capsule+ feuilles ou échantillon) avant étuvage.

m_2 : masse (g) de l'ensemble (capsule+ feuilles ou échantillon) après étuvage.

2. Protéines brutes

La teneur en protéines brutes a été déterminée par le dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldahl (Groegart, 1958). Le protocole opératoire comprend successivement : une minéralisation acide par l'acide sulfurique concentré, une distillation par entraînement à la vapeur après alcalinisation du digestat à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium, et un titrage volumétrique du distillat par une solution d'acide sulfurique de concentration normalisée. La teneur en protéines brutes (PB) a été estimée via la formule suivante :

$$\%PB = \%N \times 6,25 \quad (2)$$

Où %N = teneur en azote total de l'échantillon ;
6,25 = facteur de conversion de pourcentage d'azote en teneur en protéines.

3. Lipides bruts

L'extraction des lipides totaux a été effectuée par épuisement continu au solvant organique (hexane) dans un appareil de Soxhlet, conformément à la méthode standardisée décrite par Pearson (1999) et appliquée aux matrices fourragères locales par Kabeya (2021).

4. Cendres brutes

La quantification des cendres brutes s'est appuyée sur la méthode de l'AOAC (1990), fondée sur la destruction thermochimique de la matière organique par calcination. Une prise d'essai de 5 g d'échantillon préalablement séché et broyé ($m_1 - m_0$) a été pesée dans un creuset en porcelaine de masse connue (m_0). Le creuset a été placé dans un four à moufle et incinéré à 550 °C pendant 12 heures jusqu'à l'obtention de cendres blanches. Après refroidissement dans un dessiccateur, le creuset a été pesé (m_2). Le taux de cendres brutes est calculé de la manière suivante :

$$\text{Cendres brutes (\%)} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_2)} \times 100 \quad (7)$$

Avec :

m_0 : masse (g) de la capsule vide.

m_1 : masse (g) de l'ensemble (capsule+ feuilles séchées ou échantillon sec) avant incinération.

m_2 : masse (g) de l'ensemble (capsule+cendres brutes) après incinération

5. Analyse minérale (Ca, Mg, Fe)

Le dosage des macroéléments et microéléments minéraux a été précédé d'une minéralisation par voie humide via une attaque acide nitro-perchlorique ($\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$), suivant le protocole de Groegart (1958) :

Dosage du calcium : Effectué par méthode complexométrique à l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) selon Charlot (1960). Le sel disodique de l'EDTA forme en milieu alcalin ($\text{pH} > 12$) un chélate stœchiométrique (1:1) très stable avec les ions Ca^{2+} . Le titrage est réalisé en présence de calcon comme indicateur coloré de fin de réaction, marquant un virage net du rouge-violet au bleu. Les interférences potentielles causées par les autres cations bivalents présents dans le milieu ont été masquées par l'ajout de cyanure de potassium (KCN) comme agent dissimulant.

Dosage du magnésium : Réalisé par chélatométrie différentielle selon Charlot (1966). Le principe repose sur le titrage de la somme complexée des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Pour empêcher la précipitation du magnésium sous forme de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ qui intervient à pH 12, la réaction est conduite à pH 10 au moyen d'un tampon ammoniacal ($\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$). La concentration en Mg^{2+} est déduite par soustraction de la fraction de calcium préalablement dosée.

3. RESULTATS

3.1. Teneur en humidité

La figure 1 illustre les teneurs en humidité et en matière sèche (MS) des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie). Les résultats révèlent que les feuilles d'ortie affichent la teneur en eau la plus élevée (85,50 %), suivies de celles de moringa (75,7 %), tandis que les feuilles de centrosema présentent le taux d'humidité le plus faible (72,0 %). En raison de la complémentarité absolue entre l'eau et la fraction sèche de la biomasse, la teneur en matière sèche suit logiquement une tendance strictement inverse. Ainsi, le taux de MS culmine chez le centrosema (28,0 %), suivi du moringa (24,3 %) et de l'ortie (14,5 %).

L'analyse de la variance (ANOVA) indique que les variations de la teneur en eau entre les trois espèces végétales sont hautement significatives ($P < 0,001$; $P = 8,03 \times 10^{-5}$). De plus, le test de comparaisons multiples de Tukey confirme des différences statistiquement significatives pour l'ensemble des paires analysées : Moringa-Centrosema ($P = 0,024$), Ortie-Moringa ($P < 0,001$; $P = 0,00064$) et Ortie-Centrosema ($P < 0,001$; $P = 0,000070$).

Dosage du fer : Déterminé par titrage d'oxydoréduction selon le protocole de Dessart et al. (2026 / 1973). Les ions ferreux (Fe^{2+}) sont oxydés en ions ferriques (Fe^{3+}) par le dichromate de potassium en milieu acide selon l'équation :

$$6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \rightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$$

Le point d'équivalence est mis en évidence à l'aide de la diphénylamine utilisée comme indicateur d'oxydoréduction interne, provoquant l'apparition d'une coloration bleu-violet stable.

Traitement et analyse statistique des données

Les données expérimentales collectées ont été traitées à l'aide du logiciel statistique R. Une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur a été exécutée pour tester l'effet de l'espèce fourragère sur les différents paramètres physico-chimiques et minéraux. Lorsque des variations interspécifiques significatives ont été détectées, le test de comparaisons multiples de Tukey a été appliqué afin de hiérarchiser et discriminer les moyennes des trois groupes. Les seuils de décision ont été fixés à un niveau de probabilité critique $\alpha = 0,05$ ($P < 0,05$). Trois espèces de fourrages couramment utilisés dans l'alimentation des animaux domestiques à Kisangani : Moringa (*Moringa oleifera*), Ortie (*Urtica dioica*), Centrosema (*Centrosema pubescens*). Les analyses ont nécessité des divers équipements du laboratoire de l'IFA Yangambi, les principaux sont : l'étuve, de dessiccateur, d'ermenmeyer, de pipette, d'une balance de précision, de spatule, de béchers, four à moufle, extracteur Soxhlet, distillateur Kjeldahl, de burette, d'éprouvette graduée, et des réactifs.

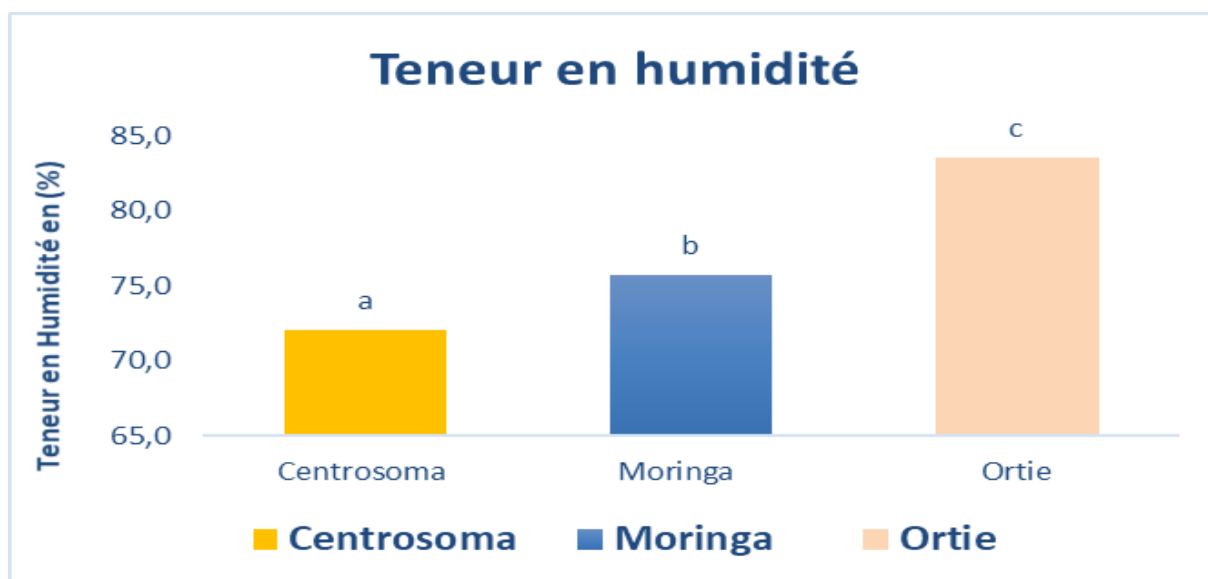


Figure 1. Teneur en humidité de feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie.

3.2. Teneur en protéines brutes

La figure 2 présente les teneurs en protéines brutes (PB) des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie). Les analyses quantitatives révèlent que les feuilles de centrosema affichent le taux de protéines brutes le plus élevé (19,98 % MS), suivies de près par celles de moringa (19,25 % MS), tandis que les feuilles d'ortie présentent la valeur la plus faible (15,49 % MS). L'analyse de la variance (ANOVA) met en évidence une différence hautement significative entre les teneurs en PB des trois essences végétales ($P < 0,001$; $P = 2,96 \times 10^{-4}$).

Le test de comparaisons multiples de Tukey discrimine précisément ces résultats : il confirme l'existence de différences statistiquement hautement significatives entre les feuilles d'ortie et celles de centrosema ($P < 0,001$; $P = 0,00035$), ainsi qu'entre l'ortie et le moringa ($P < 0,001$; $P = 0,00093$). En revanche, aucune divergence statistique n'est observée entre le moringa et le centrosema ($P > 0,05$; $P = 0,404$), indiquant que ces deux ressources offrent un potentiel azoté quantitativement similaire pour le bétail.

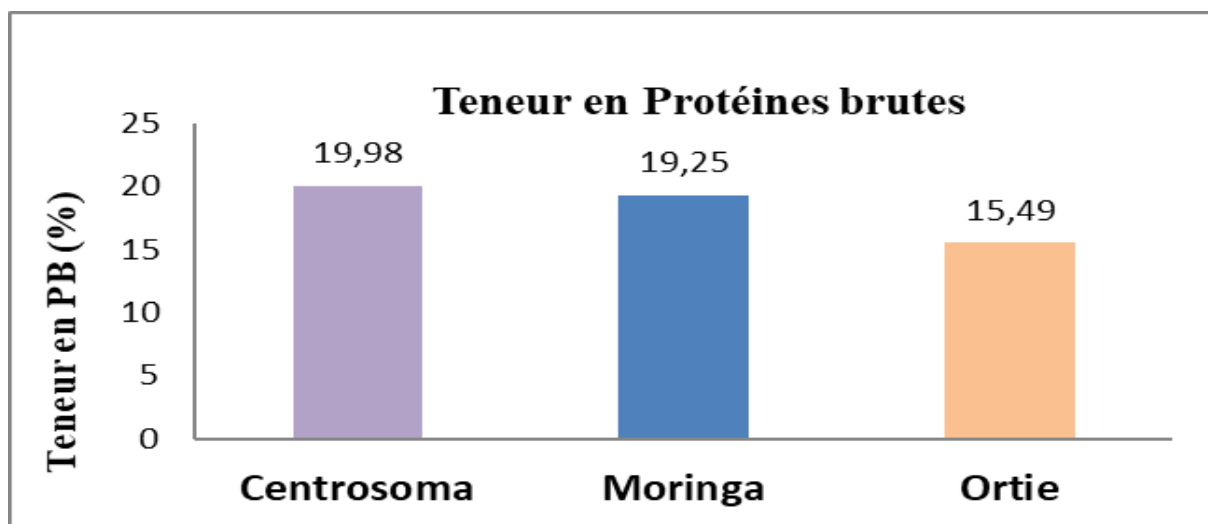


Figure 2. Teneur en protéines brutes feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie

3.3. Teneur en lipides

La figure 3 indique la composition en lipides bruts des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie). Les résultats indiquent que les feuilles de centrosema affichent le taux de lipides bruts le plus élevé (6,50 % MS), suivies de celles d'ortie (4,90 % MS), tandis que les feuilles de moringa présentent la valeur la plus faible (2,33 % MS). L'analyse de la variance (ANOVA) met en évidence une hétérogénéité hautement significative entre les teneurs lipidiques de ces trois essences végétales ($P < 0,001$; $P = 6,59 \times 10^{-4}$).

Le test de comparaisons multiples de Tukey confirme que le moringa se distingue significativement par sa faible concentration en matières grasses, tant vis-à-vis du centrosema ($P < 0,001$; $P = 0,00054$) que de l'ortie ($P = 0,0069$). En revanche, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre le centrosema et l'ortie ($P > 0,05$), démontrant que leurs profils lipidiques sont statistiquement comparables.

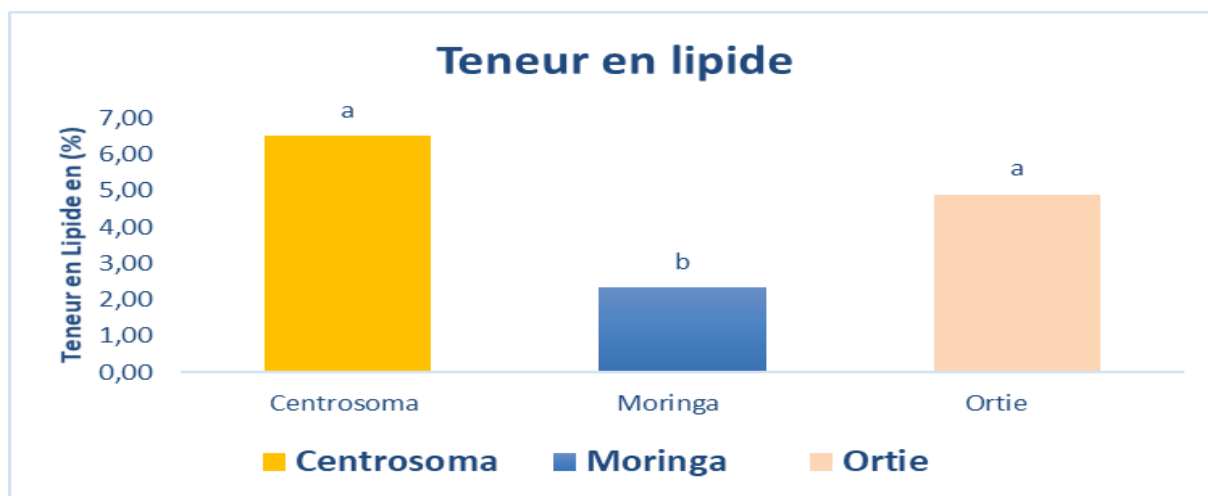


Figure 3. Teneur en lipides feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie.

3.4. Cendres brutes

La figure 4 illustre les teneurs en cendres brutes des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie). Les résultats mettent en évidence que les feuilles d'ortie présentent une teneur en cendres brutes exceptionnellement élevée (18,33 % MS) par rapport aux deux autres ressources. À l'inverse, les feuilles de centrosema et de moringa affichent des concentrations identiques, s'élevant chacune à 7,50 % MS. L'analyse de la variance (ANOVA) confirme une hétérogénéité hautement significative entre les taux de cendres de ces trois essences végétales ($P < 0,001$; $P = 1,31 \times 10^{-5}$).

Le test de comparaisons multiples de Tukey discrimine nettement l'ortie des deux autres matrices, révélant des différences hautement significatives entre les feuilles d'ortie et celles de centrosema ($P < 0,001$; $P = 2,35 \times 10^{-5}$), ainsi qu'entre l'ortie et le moringa ($P < 0,001$; $P = 2,35 \times 10^{-5}$). À l'inverse, aucune divergence statistique n'est observée entre le centrosema et le moringa ($P > 0,05$), ce qui traduit une stricte similitude quantitative de leur fraction minérale globale.

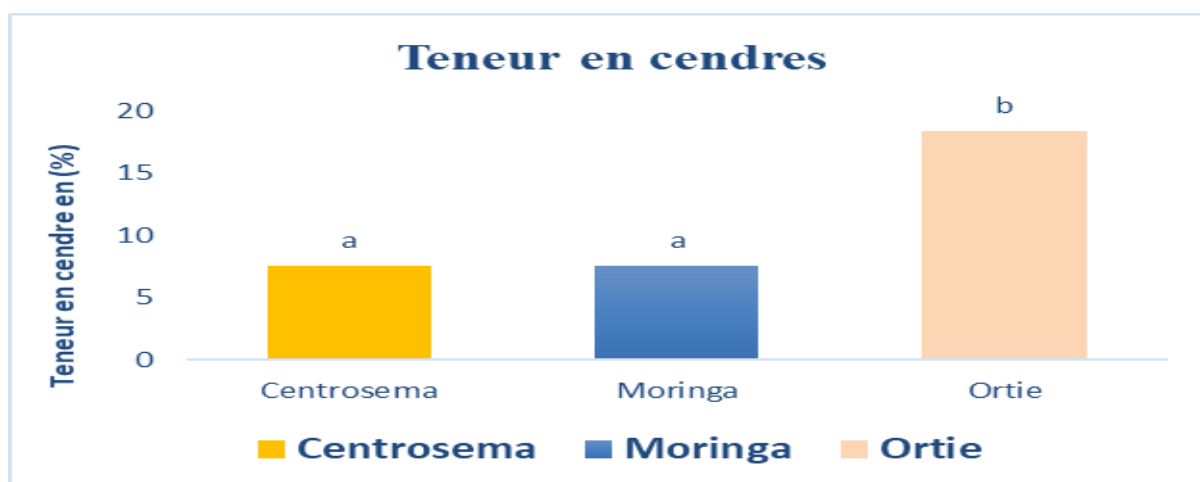


Figure 4. Teneur en cendres brutes feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie

3.5. Teneur en calcium

La figure 5 illustre les teneurs en calcium des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie), exprimées en mg/100 g de matière sèche (MS). Les résultats démontrent que les feuilles d'ortie possèdent une concentration en calcium exceptionnellement élevée (200,00 mg/100 g MS) en comparaison de celles de centrosema (84,00 mg/100 g MS) et de moringa (70,66 mg/100 g MS). L'analyse de la variance

(ANOVA) met en évidence une hétérogénéité hautement significative entre les teneurs en calcium des trois essences végétales ($P < 0,001$; $P = 9,12 \times 10^{-6}$).

Le test de comparaisons multiples de Tukey révèle que cette divergence est structurellement dictée par l'accumulation calcique majeure observée chez l'ortie. Des écarts statistiquement hautement significatifs sont ainsi confirmés entre l'ortie et le centrosema ($P < 0,001$; $P = 2,30 \times 10^{-5}$) d'une part, et entre l'ortie et le moringa ($P < 0,001$; $P = 1,20 \times 10^{-5}$) d'autre part. À l'inverse, aucune différence statistiquement significative n'est détectée entre le centrosema et le moringa ($P > 0,05$), validant la similitude de leur profil en calcium.

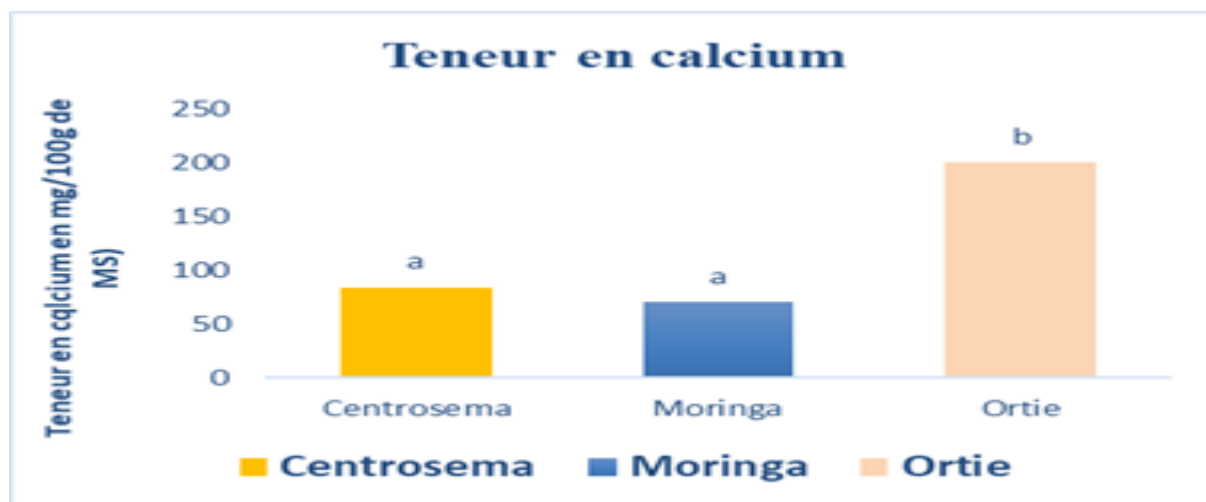


Figure 5. Teneur en calcium de feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie

3.6. Teneur en Fer

La figure 6 présente les résultats relatifs aux teneurs en fer des trois biomasses foliaires étudiées, exprimées en mg/100 g de matière sèche (MS). Les concentrations analytiques s'élèvent respectivement à 26,30 mg/100 g MS pour les feuilles de *Moringa oleifera*, 25,57 mg/100 g MS pour celles de *Centrosema pubescens* et 24,29 mg/100 g MS pour l'échantillon d'*Urtica dioica* (ortie). Bien que de légères variations numériques soient perceptibles entre les essences végétales, l'analyse de la variance (ANOVA) indique que ces écarts ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$; $P = 0,662$). Cette absence de divergence statistique démontre une homogénéité interspécifique des teneurs en fer, conférant à ces trois fourrages un potentiel d'apport martial équivalent pour le bétail.

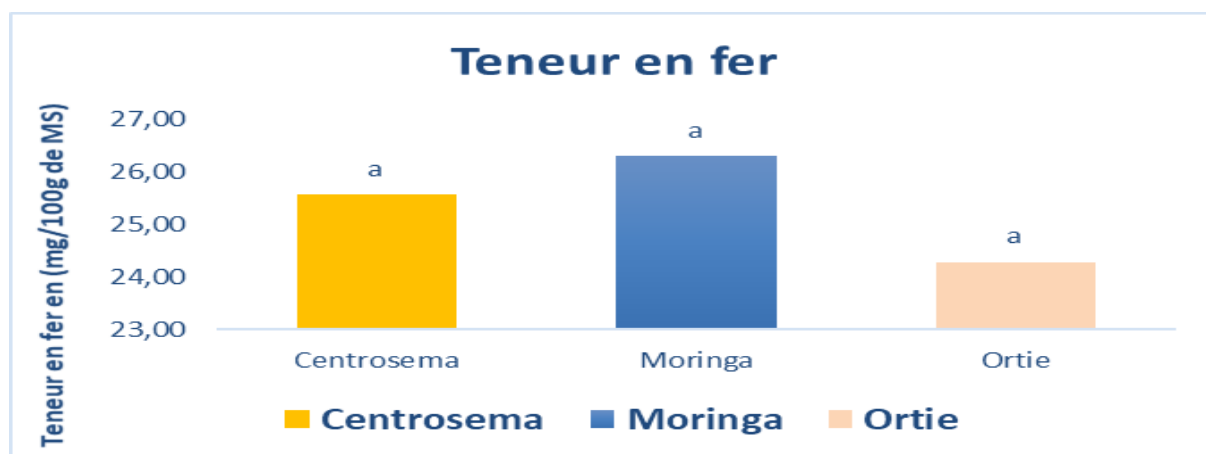


Figure 6. Teneur en fer feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie.

3.7. Teneur en Magnésium

La figure 7 indique les teneurs en magnésium (Mg) des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie), exprimées en mg/100 g de matière sèche (MS). Les résultats analytiques démontrent que les feuilles d'ortie possèdent une concentration en magnésium exceptionnellement élevée (344,04 mg/100 g MS) par rapport à celles de centrosema (82,80 mg/100 g MS) et de moringa (78,00 mg/100 g MS). L'analyse de la

variance (ANOVA) met en évidence une hétérogénéité hautement significative entre les teneurs en magnésium de ces trois essences végétales ($P < 0,001$; $P = 3,70 \times 10^{-8}$).

Le test de comparaisons multiples de Tukey révèle que cette divergence est structurellement induite par l'hyper-accumulation magnésienne observée chez l'ortie. Des écarts statistiquement hautement significatifs sont ainsi confirmés d'une part entre l'ortie et le centrosema ($P < 0,001$; $P = 1,00 \times 10^{-7}$), et d'autre part entre l'ortie et le moringa ($P < 0,001$; $P = 1,00 \times 10^{-7}$). À l'inverse, aucune différence statistiquement significative n'est détectée entre le centrosema et le moringa ($P > 0,05$), validant la stricte similitude de leur profil pour ce macroélément.

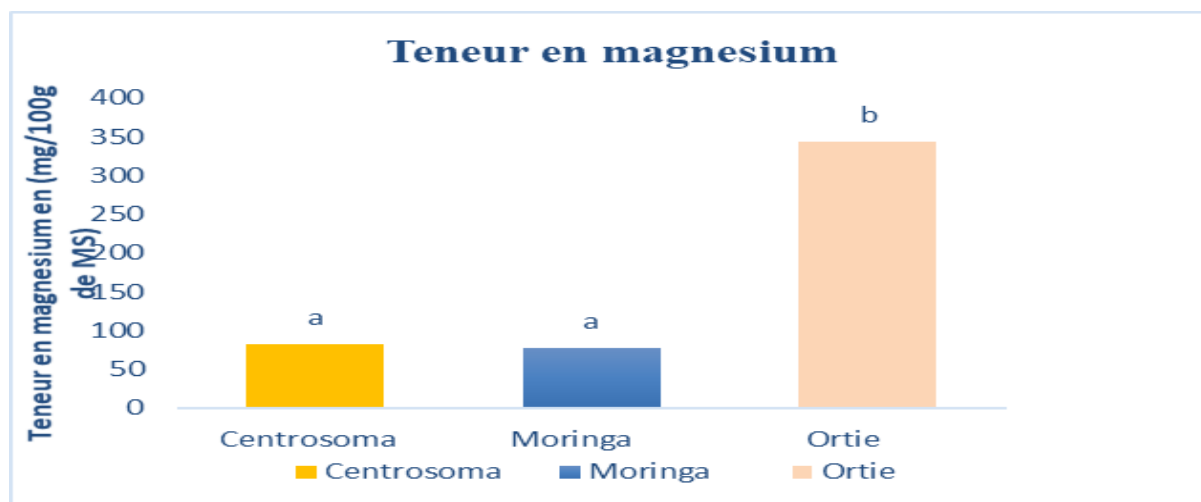


Figure 7. Teneur en magnésium de feuilles de *Centrosema*, *Moringa* et Ortie

4. DISCUSSION

4.1. Teneur en humidité et en matière sèche

Les résultats analytiques indiquent que les feuilles d'*Urtica dioica* (ortie) présentent le taux d'humidité le plus élevé (85,50 %), suivies de celles de *Moringa oleifera* (75,70 %) et de *Centrosema pubescens* (72,00 %) ($P < 0,001$; $P = 8,03 \times 10^{-5}$). Par complémentarité, la teneur en matière sèche (MS) suit une dynamique strictement inverse, culminant chez *C. pubescens* (28,0 %) par rapport à *M. oleifera* (24,3 %) et *U. dioica* (14,5 %). Ces variations mettent en évidence une hétérogénéité hautement significative de la balance hydrique selon l'espèce végétale.

La forte proportion d'eau tissulaire observée chez l'ortie est intrinsèquement liée à ses caractéristiques morpho-physiologiques, notamment la structure de son parenchyme foliaire qui favorise une forte rétention hydrique. À l'inverse, la concentration plus élevée en matière sèche chez *C. pubescens* confère à cette légumineuse un avantage zootechnique certain, puisqu'une proportion élevée de MS est généralement synonyme d'une densité nutritionnelle accrue par unité de matière ingérée.

Dans la littérature, Oduro *et al.* (2008) ont rapporté des teneurs en MS oscillant entre 28,66 % et 30,92 % pour des feuilles de *M. oleifera* récoltées dans deux zones agro-écologiques distinctes au Ghana, des valeurs légèrement supérieures à celles de la présente étude. Par ailleurs, des auteurs tels que Skerman (1988), Fuglie (2002) et Beshara

(2012) font état de teneurs en MS considérablement plus élevées pour ces mêmes espèces, s'élevant dans une fourchette de 89 à 92 %. Cette divergence majeure s'explique principalement par l'état phénologique et le traitement pré-analytique de la matrice végétale : alors que les données de ces auteurs s'appliquent à des échantillons préalablement déshydratés ou transformés en farine, la présente caractérisation a été conduite exclusivement sur du matériel foliaire frais.

4.2. Teneur en protéines brutes

Les concentrations en protéines brutes (PB) s'avèrent particulièrement robustes chez *C. pubescens* (19,98 % MS) et *M. oleifera* (19,25 % MS), sans qu'aucune divergence statistique ne soit décelée entre ces deux taxons ($P > 0,05$; $P = 0,404$). En revanche, ces valeurs surclassent de manière hautement significative le potentiel azoté de *U. dioica* (15,49 % MS) ($P < 0,001$; $P = 2,96 \times 10^{-4}$). Ces observations confirment que *C. pubescens* et *M. oleifera* partagent un profil protéique équivalent et hautement compétitif pour l'alimentation des animaux domestiques. Les protéines constituant le pilier des fonctions de croissance, de développement tissulaire et de lactation, la richesse azotée de ces deux fourrages valide leur statut d'alternatives durables face aux tourteaux industriels importés. La baisse relative des PB chez l'ortie pourrait résulter du stade végétatif des plants au moment de la coupe, les protéines tendant à se diluer dans les structures structurales de la plante à mesure que la maturité cellulaire progresse.

En confrontant ces données aux travaux antérieurs, la teneur en PB obtenue pour *M. oleifera* s'inscrit en deçà des 25 % rapportés par Coulibaly (2022) en Afrique de l'Ouest, ce qui pourrait traduire l'influence limitante des sols ferrallitiques lessivés de Kisangani sur la synthèse azotée foliaire. Pour *C. pubescens*, nos résultats s'alignent parfaitement sur la plage standard de 15 à 25 % établie par Heuzé et Tran (2016). Enfin, le taux protéique d'*U. dioica* (15,49 % MS) reste nettement inférieur aux 20 à 21 % avancés par Delassus (2013) en milieu tempéré, corroborant l'hypothèse selon laquelle les conditions pédoclimatiques équatoriales et les écotypes locaux modulent fortement l'expression du métabolisme azoté de cette espèce.

4.3. Teneur en lipides bruts

Le profil lipidique affiche une variabilité interspécifique marquée ($P < 0,001$; $P = 6,59 \times 10^{-4}$), avec des concentrations respectives de 6,50 % MS pour *C. pubescens*, 4,90 % MS pour *U. dioica* et 2,33 % MS pour *M. oleifera*. Cette hétérogénéité est directement tributaire des barrières génétiques et des voies de biosynthèse des acides gras propres à chaque famille botanique. La supériorité lipidique de *C. pubescens* représente un excellent indicateur de sa valeur énergétique, les lipides fournissant une densité calorique élevée indispensable aux animaux en phase de forte demande métabolique, tout en facilitant l'absorption des vitamines liposolubles (A, D, E, K).

À l'inverse, la faible teneur en matières grasses chez *M. oleifera* indique que cette espèce s'impose davantage comme un concentré de protéines et de minéraux plutôt que comme un intrant énergétique. *Urtica dioica* occupe une position intermédiaire intéressante, offrant un potentiel de complémentarité appréciable. Les valeurs obtenues pour l'ortie et le centrosema corroborent les fourchettes classiques publiées par Beshara (2012) pour l'ortie (3 à 5 %) et par Skerman (1988) pour le centrosema (2 à 4 %), confirmant la stabilité de ce paramètre malgré les spécificités environnementales locales.

4.4. Teneur en cendres brutes et composition minérale

Les feuilles d'*U. dioica* se distinguent par un taux de cendres brutes exceptionnellement élevé (18,33 % MS), triplant presque les concentrations mesurées chez *C. pubescens* et *M. oleifera* (7,50 % MS pour chacune d'elles). Cette divergence traduit une accumulation globale de matière inorganique hautement significative chez l'ortie ($P < 0,001$; $P = 1,31 \times 10^{-5}$). Ces tendances concordent avec les conclusions de Delassus (2013), qui rapportait un taux de cendres de 19,9 % pour l'ortie, ainsi qu'avec celles de Fuglie (2002), situant le moringa entre 8 et 10 %.

Cette suprématie minérale globale de l'ortie se vérifie de manière empirique lors du fractionnement des macroéléments spécifiques. *Urtica dioica* accumule des proportions massives de calcium (200,00 mg/100 g MS) et de magnésium (344,04 mg/100 g MS), surclassant significativement ($P < 0,001$) les teneurs de *C. pubescens* (Ca : 84,00 mg/100 g MS ; Mg : 82,80 mg/100 g MS) et de *M. oleifera* (Ca : 70,66 mg/100 g MS ; Mg : 78,00 mg/100 g MS). Comme le soulignent Ogbe et Afiku (2011), ces dynamiques de concentration dépendent étroitement de l'interaction entre le génotype de la plante (capacités d'absorption racinaire sélective) et les facteurs environnementaux, notamment le pH et la biodisponibilité des minéraux dans les sols de Kisangani.

À l'inverse, le compartiment du fer échappe à cette hétérogénéité : aucune différence statistique n'a été relevée entre les trois espèces ($P > 0,05$; $P = 0,662$), confirmant une stricte homogénéité de l'apport martial. Sur le plan zootechnique, la richesse calcique et magnésienne de l'ortie en fait un excellent additif pour prévenir les pathologies métaboliques (telles que la fièvre de lait ou la tétanie d'herbage) et soutenir l'ostéogenèse chez les animaux en croissance, tandis que le centrosema et le moringa, bien que plus modérés en minéraux, garantissent un apport macromoléculaire (protéines et énergie) prédominant.

5. CONCLUSION

L'évaluation de la composition bromatologique et minérale des feuilles de *Centrosema pubescens*, *Moringa oleifera* et *Urtica dioica* (ortie) récoltées à Kisangani a mis en évidence des variations hautement significatives entre les taxons, traduisant une forte variabilité interspécifique de leur valeur nutritionnelle. Les profils analytiques obtenus confirment que ces ressources foliaires constituent des matrices végétales de premier choix, hautement qualifiées pour pallier le déficit d'intrants industriels et rationaliser l'alimentation animale dans les systèmes d'élevage tropicaux.

Chaque ressource étudiée présente une niche nutritionnelle spécifique et complémentaire. Les feuilles de *Centrosema pubescens* se distinguent par une densité élevée en matière sèche, en protéines brutes et en lipides, ce qui leur confère un excellent potentiel thermo-énergétique et azoté pour le bétail. *Moringa oleifera* affiche une teneur en protéines brutes hautement compétitive et statistiquement équivalente à celle de *C. pubescens*, confirmant son statut d'excellence en tant que concentré protéique naturel, bien que sa fraction lipidique soit plus modeste. *Urtica dioica*, en dépit d'un potentiel azoté en deçà de ses homologues, se caractérise par une richesse inorganique exceptionnelle. Sa concentration massive en cendres brutes, en

calcium et en magnésium en fait un excellent macro-additif minéral naturel.

L'analyse statistique globale valide que la quasi-totalité des fractions discriminées (humidité, protéines brutes, lipides bruts, cendres, calcium et magnésium) sont intimement dépendantes du facteur spécifique ($P < 0,001$), à l'exception notable du compartiment du fer qui démontre une stricte homogénéité interspécifique. Ces conclusions scientifiques réfutent l'usage exclusif d'une seule biomasse et militent plutôt en faveur d'une stratégie de rationnement intégrée et multi-espèces.

L'incorporation combinée et raisonnée des feuillages de *C. pubescens*, *M. oleifera* et *U. dioica* dans les rations alimentaires des cheptels offre une trajectoire prometteuse pour équilibrer simultanément les apports azotés, énergétiques et minéraux à moindre coût à Kisangani. Néanmoins, pour parachever la valorisation zootechnique de ces écotypes, des investigations approfondies demeurent indispensables. Elles devront impérativement caractériser la cinétique d'accumulation des nutriments selon le stade phénologique des plants, évaluer les coefficients de digestibilité in vivo, quantifier les facteurs anti-nutritionnels potentiels et mesurer l'impact réel de ces formulations sur les performances de production des animaux domestiques.

Remerciements

Les auteurs expriment leur sincère reconnaissance à l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA-Yangambi) et à l'Équipe de Gestion Opérationnelle du Projet GIFT (EGOP-GIFT) pour l'appui institutionnel et financier apporté à la valorisation et à la diffusion des résultats de cette recherche, notamment à travers la prise en charge des frais liés à la présente publication.

Cet appui à la publication s'inscrit dans le cadre des activités de valorisation des résultats de recherche des enseignants-chercheurs de l'IFA-Yangambi soutenues par le Projet d'appui à la Gouvernance, l'Insertion et la Formation Agricole et Rurale dans la Tshopo (GIFT – COD2100311), mis en œuvre avec l'appui d'Enabel et financé par l'Agence Française de Développement (AFD), conformément à la Convention de subside COD21003-10039.

Références

Adeleke B., Babalola O. & Glick B., 2016. Plant-growth-promoting microorganisms in sustainable agriculture: Perspectives and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(17), 7417–7426.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Ed., Washington DC, 684 p.

Beshara M., 2012. Nutritional value of stinging nettle (*urtica dioica*). *Journal of Animal Feed Science*, 21(3) 456 - 462.

Boulos L., 2012. *Flora of Egypt*. Vol. 1-4, Al-Hadara Publishing.

Charlot J., 1960. *Méthodes de chimie analytique : analyse quantitative*. Ed. Masson, Paris pp 11-12

Chinma C. & Igyor M., 2007. Micro-nutriments and Anti-Nutritional Content of Select Tropical Vegetables Grown in South-east, Nigeria. *Nigerian Food Journal*, 25, 111-115.

Coulibaly D., Dembélé Y., Touré OB., Iknane AA. & Sanogo R., 2022. *Caractérisation et composition biochimique et nutritionnelle du Moringa Oleifera récolté dans le district de Bamako, Mali en 2020*. Mali sante publique, Décembre 2022 Tome XII N° 01DOI : 10.53318/msp.v12i01.2416

Delassus A., 2013. *Les intérêts de l'ortie dans l'alimentation des volailles de chair et poules pondeuses*. Résultats des travaux du réseau régional volaille biologique des Chambres d'agriculture des Pays de la Loire. Volaille, 116 p.

Dessart A., Jodogne J. & Paul J., 1973. *Chimie analytique*. 10^{ème} édition A. de BOECK, Bruxelles, 154 p.

Devendra C. & Leng R., 2011. Feed resources for herbivores in smallholder farming systems in the tropics: status, challenges, opportunities and some management strategies. *Tropical Animal Health and Production*, 43(4), 741–750.

Foidl N., Makkar H. S. & Becker K., 2001. The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses. In *The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa*, pp. 45–76.

Fuglie L., 2002. *The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa*. CWS/CTA. Church world service Dakar, 72 p.

Gomez L. & Castro M., 2019. Nutritional value of nettle (*Urtica dioica*) as an alternative forage resource. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 23–30.

Greogart J., 1958. *Recueil des modes opératoire en usage au laboratoire d'analyse de l'INEAC, INERA Yangambi*, 195 p.

Groegarty J., 1969. *Recueil des modes opératoires en usage au laboratoire d'analyses de l'INEAC (INERA Yangambi)*, 114 p.

Heuzé V. & Tran G., 2016. *Centro. Feedipedia, un programme de l'INRAE, du CIRAD, de l'AFZ et de la FAO*, <https://www.feedipedia.org/node/321>

Kambere M., Muhindo J. & Kasereka M., 2018. Pratiques d'élevage et valorisation des ressources fourragères locales en milieu paysan en République Démocratique du Congo. *Revue Africaine de Zootechnie et de Médecine Vétérinaire*, 12(2), 45–58.

Khan N. A., Y, P., Ali, M., Cone J. W. & Hendriks W. H., 2015. Nutritional evaluation of forage resources in ruminant nutrition: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(8), 1069–1082.

- Lusenge T., Bweme S. & Katembo E., 2018. Défis et perspectives de l'élevage urbain et périurbain face à la disponibilité des aliments en milieu tropical humide. *Annales de l'Université de Kisangani, Série Sciences Agronomiques*, 14(1), 112–128.
- Mukoyongu M., Tshibangu A. & Maloba C. 2017. Variations des teneurs en nutriments des fourrages tropicaux sous l'effet des conditions pédoclimatiques en RDC. *Cahiers d'Agriculture*, 26(3), 35002.
- Mweugang N., Tendonkeng F., Miegoue E., Matumuini F., Zougou G., Fonteh F., Boukila B. & Pamo E., 2016. Effets de l'inclusion de feuilles de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la ration sur les performances de reproduction du cobaye (*Cavia porcellus* L.) local camerounais. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10(1), 269-280
- Ngongo L., Kisangala E. & Mwamba J., 2019. Caractérisation des matières premières et des sous-produits locaux pour l'alimentation des animaux domestiques en zones tropicales. *Journal Agronomique Congolais*, 8(2), 89–102.
- Oduro I., Ellis WO. & Owusu D., 2008. Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves. *Sci Res Essays*; 2008(4).
- Ogbe A.O. & Affiku P., 2011. Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of *Moringa Oleifera* leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1(3), 296-306
- Skerman P., Cameron D. & Riveros F., 1988. *Tropical Forage Legumes*. FAO Plant Production and Protection Series No. 2, FAO, Rome, 699 p.
- Tshibangu M., Ilung P. & Kankolongo A., 2021. Contraintes nutritionnelles et valorisation des plantes fourragères indigènes dans l'amélioration des performances de production animale en Afrique Centrale. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 74(3), 145–153.