



Analyses physicochimiques de la pulpe des fruits de dix cultivars de bananiers plantains (*Musa × paradisiaca* L.) produits dans la région de Kisangani (RDC)

Edouard Ndjango Ndjimani^{1*}, Antoine Kayisu Kalenga¹, Benoît Dhed'a Djailo²

⁽¹⁾Institut Facultaire des sciences Agronomiques de Yangambi. Département de Chimie et Industries Agricoles. Laboratoire de Biochimie et Nutrition Humaine et Animale. BP 1232 Kisangani (RDC). E-mail : ndjimani2005@yahoo.fr

⁽²⁾Université de Kisangani, Faculté des Sciences. Département de Biotechnologie. Laboratoire d'Amélioration des plantes et Biotechnologie. BP 2012 Kisangani (RDC)

Reçu le 15 août 2026, accepté le 06 octobre 2026, publié en ligne le 31 octobre 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i4.6>

RESUME

Description du sujet. En RDC, le bananier plantain (*Musa × paradisiaca* L.) de la région de Kisangani constitue un aliment de base majeur. Cependant, la valeur nutritionnelle de ses nombreux cultivars locaux reste peu documentée, limitant ainsi leur valorisation optimale.

Objectif. Cette étude évalue la composition physico-chimique, minérale et vitaminique de la pulpe de dix cultivars locaux afin de valoriser leur potentiel nutritionnel.

Méthodes. Les pulpes de fruits de dix cultivars des plantains (Akoto, Libanga lifombo, Libanga likale, Lingu, Ikpolo noir, Lokusu, Tala lola, Litete, Plantain rouge I et Tchwatchwa) qui présentent des différences morphologiques ont été soumises aux analyses physico-chimiques.

Résultats. Sur matière fraîche, l'humidité varie de 50,58 à 63,77 %. Sur matière sèche, les protéines varient de 1,53 à 3,11 % ; les lipides de 0,94 à 1,36 % ; les cendres de 1,84 à 3,74 % ; les glucides de 92,59 à 95,15 % et les fibres de 1,2 à 1,6 %. Le calcium, le magnésium et le phosphore varient de 11,00 ; 24,00 et 15,80 mg/100g à 23,00 ; 60,00 et 102,90 mg/100g. Les vitamines A, B1, B2, B6 et C varient de 1,11 ; 0,105 ; 0,074 ; 0,627 et 22,7 mg/100g à 1,48 ; 0,195 ; 0,111 ; 0,980 et 34,85 mg/100g.

Conclusion. Cette étude démontre la richesse et la variabilité nutritionnelle des cultivars de plantains de Kisangani. En outre, ces données fournissent une base scientifique pour orienter la sélection agronomique et lutter contre la malnutrition dans la région.

Mots-clés : Banane plantain, valeur nutritionnelle, analyses physicochimiques, cultivars locaux, Kisangani/RDC.

ABSTRACT

Description of the subject. In the DRC, plantain (*Musa × paradisiaca* L.) from the Kisangani region is a major staple food. However, the nutritional value of its numerous local cultivars remains poorly documented, thus limiting their optimal utilization.

Objective. This study evaluates the physicochemical, mineral, and vitamin composition of the pulp of ten local cultivars in order to assess their nutritional potential.

Methods. The fruit pulps of ten plantain cultivars (Akoto, Libanga lifombo, Libanga likale, Lingu, Ikpolo noir, Lokusu, Tala lola, Litete, Plantain rouge I, and Tchwatchwa) showing morphological differences were subjected to physicochemical analyses.

Results. On a fresh matter basis, moisture content ranges from 50.58 to 63.77 %. On a dry matter basis, proteins vary from 1.53 to 3.11 %; lipids from 0.94 to 1.36 %; ash from 1.84 to 3.74%; carbohydrates from 92.59 to 95.15 %; and fibers from 1.2 to 1.6%. Calcium, magnesium, and phosphorus vary from 11.00, 24.00, and 15.80 mg/100g to 23.00, 60.00, and 102.90 mg/100g, respectively. Vitamins A, B1, B2, B6 and C vary from 1,11 ; 0,105 ; 0,074 ; 0,627 et 22,7 mg/100g to 1,48 ; 0,195 ; 0,111 ; 0,980 et 34,85 mg/100g.

Conclusion. This study demonstrates the nutritional richness and variability of plantain cultivars in Kisangani. These data provide a scientific basis to guide agronomic selection and combat malnutrition in the region.

Keywords : Plantain banana, nutritional value, physicochemical analyses, local cultivars, Kisangani/DRC.

1. INTRODUCTION

Les plantains sont activement cultivés dans la zone intertropicale, notamment en Afrique du Centre et de l'Est et en Amérique centrale et du Sud. Leurs pulpes sont consommées sous plusieurs formes étant donné qu'elles sont un aliment de base des populations de cette zone. Selon les pays, dans les zones rurales, le plantain occupe entre la première et la quatrième place en termes d'importance alimentaire. Sa production mondiale est estimée à près de 30,5 millions de tonnes (Kwa & Temple, 2019).

Entre 2005 et 2014, 118 cultivars de plantains ont été collectés dans la cuvette centrale congolaise (Dhed'a *et al.*, 2019). Dans l'ancienne Province orientale éclatée en quatre provinces dont celle de la Tshopo où se localise la région de Kisangani, au total 92 cultivars ont été recensés dont 70 plantains répartis en 48 french, 16 faux corne et 6 vrai corne (Adheka *et al.*, 2018). Cette grande diversité de plantains est constituée des cultivars dont les usages diffèrent selon les caractéristiques nutritionnelles, rhéologiques et organoleptiques de chacun. Il est donc évident que les pulpes de fruits de ces cultivars, comme celles de tous les groupes de bananiers comestibles, contiennent des nutriments utiles à la croissance humaine à des concentrations différentes.

Plusieurs publications dont celles de Coulibaly *et al.* (2007), Assemmand *et al.* (2012), Aurore *et al.* (2009), Singh *et al.* (2016) et Leterme *et al.* (2006) ont vulgarisé les compositions quantitatives des pulpes de différents cultivars des plantains, compositions qui se sont révélées bien différentes. Face à la diversité des

cultivars des plantains de la région de Kisangani, il s'est avéré impératif d'élucider les compositions nutritionnelles de leurs pulpes jusqu'ici inconnues.

La présente étude a pour objet d'évaluer la composition physico-chimique, minérale et vitaminique de la pulpe de dix cultivars locaux afin de valoriser leur potentiel nutritionnel.

Cette étude présente un triple intérêt ; du point de vue scientifique, elle met en exergue les concentrations en constituants nutritionnels des fruits de ces bananiers plantains ; du point de vue nutritionnel, elle permet aux consommateurs de choisir les cultivars en fonction de leur richesse nutritionnelle et du point de vue pratique, elle encourage les producteurs à sélectionner les cultivars dont la composition physicochimique est la mieux équilibrée.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

Cette étude a eu lieu dans la ville de Kisangani de 2020 à 2022. La ville de Kisangani, chef-lieu de la province de la Tshopo, est située au nord-est de la République démocratique du Congo. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : 0°31' de latitude Nord, 25°11' de longitude Est, avec une altitude variant de 396 à 410 m. Elle compte six communes : Makiso, Lubunga, Tshopo, Kabondo, Kisangani et Mangobo. Sa périphérie est constituée du secteur de Lubuya-Beira (Ebwa *et al.*, 2023). La figure 1 présente la carte qui localise la ville de Kisangani.



Figure 1. La région de Kisangani (Ebwa *et al.*, 2023)

2.2. Matériels

Le matériel biologique de cette étude est constitué par les fruits matures, encore verts, de dix cultivars de bananiers plantains (figure 2). Ces fruits proviennent de la collection de bananiers de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Le matériel non biologique comprend essentiellement les équipements, appareils, solvants et réactifs de laboratoire nécessaires aux différentes analyses.



Figure 2. Images des régimes des dix cultivars des plantains étudiés

2.3. Méthodes

Obtention des poudres

Les fruits ont été immédiatement épluchés manuellement. Leur pulpe a été séchée à l'étuve à 45 °C, puis réduite en poudre à l'aide d'un mortier et d'un pilon en porcelaine, avant d'être passée au tamis de 500 µm de maille. La poudre ainsi obtenue a été conservée dans des sachets en plastique opaques et étiquetés en vue des différentes analyses.

Analyses des pulpes et des poudres

Les poudres sèches ont été soumises aux analyses physicochimiques en trois répétitions.

Humidité

La teneur d'humidité (%) a été déterminée par la méthode de dessiccation à 105 °C. Un creuset vide a été pesé (P_0) avant de recevoir l'échantillon constitué des pulpes fraîches. Le creuset contenant l'échantillon frais a été pesé (P_1) et placé dans l'étuve chauffée à 105 °C et repesé au cours de séchage jusqu'à l'obtention d'un poids constant (P_2). Cette teneur d'humidité est calculée par :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100 \quad (\text{Dadzie \& Orchard, 1997}).$$

Protéines brutes

Elles ont été dosées par la méthode Kjeldahl. En effet, 200 mg de poudre ont été digérés avec l'acide sulfurique concentré en présence du catalyseur mixte. Le digestat a été distillé par entraînement à la vapeur en présence d'une solution d'acide borique, de soude caustique et d'un indicateur mixte. Le distillat a été titré par l'acide sulfurique centinormal jusqu'à l'apparition d'une teinte rose. Le pourcentage d'azote (%N) a été calculé par la formule:

$$\%N = \frac{\text{EqN} \cdot N_1 \cdot V_1 \cdot 10^{-3} \cdot V_2}{P \cdot V_3} \times 100 \quad \text{avec EqN} = \text{la}$$

masse équivalente d'azote (14) ; N_1 = la concentration de l'acide titrant (0,01N) ; V_1 = le volume de l'acide

titrant (ml) ; V_2 = le volume total du minéralisat (50 ml) ; P = le poids de l'échantillon analysé (0,2g) ; V_3 = le volume du minéralisat pour distillation (10 ml) et 10^{-3} = facteur de conversion de ml en l. Le pourcentage de protéines brutes (%PB) a été obtenu en multipliant le pourcentage d'azote (%N) par le facteur de conversion 6,25 (Harris, 1982).

Lipides totaux

Les lipides totaux ont été dosés par la méthode d'extraction au Soxhlet. Pour ce faire, 5 g de poudre sèche ont été pesés (P_0) et placés dans une cartouche bouchée à l'ouate qui a été ensuite déposée dans un extracteur Soxhlet. Dans un ballon d'extraction, 300 ml d'éther de pétrole ont été versés pour permettre le siphonage. Le ballon a été chauffé à 50 °C et après 4 heures d'extraction, lorsque le solvant était redevenu clair, le contenu du ballon a été déversé dans un bécher préalablement pesé (P_1), le solvant évaporé et le bécher avec les lipides totaux pesé (P_2). La teneur en lipides totaux (%L) a été obtenue par la formule suivante : $\%L = \frac{P_2 - P_1}{P} \times 100$ (Fouassin et Falise, 1981).

Cendres brutes

La teneur en cendres brutes (%CB) a été déterminée par la méthode de calcination. Une quantité de poudre sèche a été pesée (P_0) dans un creuset préalablement pesé (P_1). Le tout a été chauffé dans le four à moufle pendant 5 heures à 550 °C. Retiré du four, refroidi à l'étuve à 105 °C et enfin au dessiccateur, le creuset contenant les cendres brutes a été pesé (P_2). La teneur en cendres brutes a été calculée par la formule ci-après : $\%CB = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100$ (Godon et Loisel, 1984).

Fibres brutes

Pour évaluer la teneur en fibres brutes, 0,3 g d'échantillon (P_0) de poudre de banane a été attaqué par 15 ml d'une solution d'acides (88 ml d'acide acétique concentré, 9 ml d'acide nitrique concentré et 3 g d'acide trichloracétique concentré préparé à

chaud) par chauffage à reflux pendant 30 minutes. La bouillie obtenue a été filtrée au moyen filtre en verre fritté G₃ sous vide. Le filtre a été ensuite lavé quatre fois à l'eau distillée chaude sous un léger vide, puis à l'alcool éthylique 70 % sous un léger vide. Le creuset avec son contenu a été placé à l'étuve pendant 3 heures à 105 °C.

Après refroidissement suivi de pesée, le poids de résidu a été noté P₁. Ce résidu a été incinéré au four à moufle pendant 3 heures à 550 °C et refroidi. Le poids après calcination a été noté P₂. La teneur en fibres brutes (%FB) a été obtenue par la relation suivante : $\%FB = \frac{(P_1 - P_2)}{P_0} \times 100$ (Mbemba et Remacle, 1992).

Glucides totaux

La détermination de la teneur en glucides totaux sur matière sèche a été obtenue par la différence suivante : 100%MS – %(protéines + lipides + cendres) (Drogha, 2011).

Le dosage des minéraux Calcium, Magnésium et Phosphore a été fait à partir de 100 ml minéralisât obtenu par attaque nitro-perchlorique de 1g d'échantillon sec (Greogart, 1958).

Calcium

Un (1) ml de minéralisât a été prélevé et introduit dans un erlenmeyer de 25 ml ; 2 ml d'eau distillée ont été ajoutés, puis successivement 1 ml de pyridine, 1 ml de triéthanolamine et une solution de NaOH 2N qui a été ajoutée lentement, afin d'ajuster le pH à 12. Enfin, deux gouttes de la solution de calcon ont été ajoutées et la solution a pris la coloration rouge-violette. Cette solution a été titrée par une solution de EDTA 0,02 N jusqu'au virage en bleu de l'indicateur. La concentration de calcium a été calculée comme suit : $mgCa/100gMS = \frac{EqCa \cdot V_1 \cdot N_1 \cdot V_3}{P \cdot V_2}$ avec V₁ = volume de EDTA utilisé (ml) ; N₁ = normalité de EDTA (0,02N) ; EqCa = nombre d'équivalent de calcium (20) ; V₃ = volume total du minéralisât (100 ml) ; V₂ = volume de l'aliquote prélevé (1ml) et P = poids du matériel minéralisé (1g) (Charlot, 1966).

Magnésium

Dix (10) ml de minéralisât, portés à 50 ml avec l'eau distillée, ont reçu successivement 2 ml de pyridine, 10 ml de tampon ammoniacal et une pincée de noir d'ériochrome-T. La solution de couleur rouge-violette obtenue a été titrée par la solution de EDTA 0,02N jusqu'au virage en bleu délavé de l'indicateur. La concentration de magnésium a été déterminée par la formule : $mgMg/gMS = \frac{EqMg \cdot (V_1 - V_2) \cdot N_1 \cdot V_3}{P \cdot V_4} \times 10$

avec V₁ = volume de EDTA pour titrer la somme Calcium + Magnésium ; V₂ = volume de EDTA pour titrer le calcium ; V₄ = volume de l'aliquote prélevé

(10 ml) ; P = poids d'échantillon (1g) ; EqMg = masse équivalente de magnésium (12) et V₃ = volume total du minéralisât (100 ml) (Charlot, 1966).

Phosphore

A 2 ml de minéralisât, 1 ml de la solution molybdique puis 1 ml de la solution réductrice ont été ajoutés. Après un doux mélange suivi d'un développement de la coloration bleue, l'absorbance a été lue au spectrophotomètre à 490 nm et 2 ml d'eau distillée utilisés à la place de l'échantillon (minéralisât) a permis de lire l'absorbance du blanc. La solution standard dont on mesure également l'absorbance est une solution du dihydrogénophosphate de potassium 25 ppm. La teneur en phosphore (g/100gMS) est donnée par la réaction: $\%P = \frac{DO_{inc}}{DO_{stand}} \times Fc$ avec $\%P =$

pourcentage de phosphore, DO_{stand} = densité optique de la solution standard, DO_{inc} = densité optique de la solution d'analyte et Fc = facteur tenant compte de dilution (0,125) (Charlot, 1966). Ce pourcentage est divisé par 1000 pour passer à la concentration en mg/100 g.

Vitamine A

Cinq grammes (5 g) du broyat de l'échantillon ont été mélangés à 5 ml d'éthanol 95 %. Après agitation, ajouter 12ml d'éther de pétrole, agiter pendant 10 minutes, centrifuger, puis prélever 10ml de la phase étherée qui est le surnageant (L-S) et mesurer l'absorbance à 490 nm contre l'éther de pétrole utilisé comme blanc. Pour le standard, préparer une solution 0,02% de K₂Cr₂O₇ qui donne une coloration jaune qu'une solution de carotène à 1,12 µg par ml. La concentration de caroténoïdes est donnée par la formule: $C_{inc} = \frac{C_{stand} \times DO_{inc} \times Fc}{DO_{stand}}$ avec C_{inc} =

concentration de l'inconnu (carotènes), C_{stand} = concentration de la solution standard, DO_{inc} = densité optique de la solution d'analyte, DO_{stand} = densité optique de la solution standard et Fc = facteur de correction (240). Il faut bien noter que 88 mg de caroténoïde correspond à 84,1 unités de vitamine A et donc 0,95568 unités de vitamine A correspond à 1mg de caroténoïde, déterminer la concentration en vitamine A en calculant: C_{vitA} = C_{inc} · 0,95568 (mg/100g) (Welcher, 1963).

Vitamine B1 (thiamine)

Deux (2) g de l'échantillon ont été pesés dans un bêcher de 25 ml taré au préalable et verser dessus 10 ml de tampon acétate 0,2N pH 4. Le mélange obtenu a été agité et centrifugé à 2000 tours par minute pendant 5 minutes et la phase aqueuse a été prélevée. A coté de la solution d'échantillon, le standard thiamine était préparé en dissolvant 400 µg de cette vitamine pure dans 2 ml de solution tampon acétate 0,2N pH 4. La procédure du dosage est résumée dans le tableau 1. Dans chaque tube, les réactifs ont été successivement versés.

Tableau 1. Procédure et réactifs de dosage de la vitamine B1

Réactifs	Tubes		
	A = inconnu (1ml)	B = standard (1ml)	C = blanc (1ml)
Méthanol	1 ml	1 ml	1 ml
NaOH 3%	0,5 ml	0,5 ml	0,5 ml
Ferricyanure de K 2%	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes
Eau distillée	1 ml	1 ml	1 ml
Alcool isoamylique	10 ml	10 ml	10 ml

La concentration de thiamine (mg/100 g) est calculée après lecture de l'absorbance à 570 nm par la formule:

$$C_{inc} = \frac{C_{stand} \times DO_{inc} \times Fc}{DO_{stand}}$$
 avec la légende précédente où Fc = 0,5 (Wang et Harris, 1941).

Vitamine B2 (riboflavine)

Une prise d'essai de 2 g de matière sèche a été introduite dans un bécher de 25 ml préalablement taré, puis 10 ml d'eau distillée y ont été ajoutés. Après agitation, le mélange a été centrifugé à 2 000 tours/min pendant 5 minutes, et le surnageant a été prélevé pour l'analyse. La solution standard de riboflavine a été préparée par dissolution de 0,1 mg de vitamine pure dans 1 ml d'acide acétique (HAc) 0,02 N. L'eau distillée (1 ml) a été utilisée comme blanc de manipulation. Le protocole opératoire du dosage est résumé dans le tableau 2. Dans chaque tube, les différents réactifs ont été introduits successivement.

Tableau 2. Procédure et réactifs de dosage de la vitamine B2

Réactifs	Tubes		
	A = inconnu (1ml)	B = standard (1ml)	C = blanc (1ml)
Eau distillée	1 ml	1 ml	1 ml
KMnO ₄ 3%	0,5 ml	0,5 ml	0,5 ml
Eau oxygénée 30%	1 ml	1 ml	1 ml

Diluer les solutions obtenues une fois et lire la densité optique à 620 nm. La concentration de riboflavine (mg/100gMS) est: $C_{inc} = \frac{C_{stand} \times DO_{inc} \times Fc}{DO_{stand}}$ avec Fc = 1 (Wang et Harris, 1941).

Vitamine B6 (pyridoxine)

Une prise d'essai de 2 g de matière sèche a été introduite dans un bécher de 25 ml préalablement taré, puis 20 ml d'eau distillée y ont été ajoutés. Après agitation, le mélange obtenu a été centrifugé à 2 000 tours/min pendant 5 minutes, et le surnageant a été prélevé pour l'analyse. La solution standard de pyridoxine a été préparée par dissolution de 0,02 mg de vitamine pure dans 1 ml d'acide chlorhydrique (HCl) 0,1 N. Le protocole opératoire du dosage est résumé dans le tableau 3. Dans chaque tube, les différents réactifs ont été introduits successivement.

Tableau 3. Procédure et réactifs de dosage de la vitamine B6

Réactifs	Tubes		
	A = inconnu (1ml)	B = standard (1ml)	C = blanc (1ml)
Méthanol	1 ml	1 ml	1 ml
NaOH 3%	0,5 ml	0,5 ml	0,5 ml
Ferricyanure de K 2%	3 gouttes	3 gouttes	3 gouttes
Eau distillée	1 ml	1 ml	1 ml

Après homogénéisation, la lecture de l'absorbance se fait à 550nm dans l'intervalle de 5 minutes. La concentration en pyridoxine (mg/100g) est: $C_{inc} = \frac{C_{stand} \times DO_{inc} \times Fc}{DO_{stand}}$ avec Fc = 0,1 (Wang et Harris, 1941).

Vitamine C (acide ascorbique)

A une prise d'essai de 5 g de poudre sèche, 50 ml d'acide chlorhydrique (HCl) ont été ajoutés et le mélange a été laissé au repos pendant 10 minutes. Le mélange obtenu a été transvasé quantitativement dans un ballon jaugé de 100 ml, puis complété jusqu'au trait de jauge avec une solution de HCl 2 %. Après agitation, l'extrait vitaminique obtenu a été immédiatement filtré. Un volume de 1 ml de cet extrait a été prélevé, auquel ont été ajoutés 3 ml d'eau distillée. Ensuite, 0,5 ml d'iodure de potassium (KI) 1 % et 2 ml de la solution d'amidon 0,5 % ont été introduits.

Le mélange a été titré immédiatement avec une solution fraîche d'iodate de potassium 0,001 N à l'aide d'une microburette jusqu'à ce que la solution vire au bleu persistant à l'agitation. Une épreuve témoin (blanc) a été effectuée dans les mêmes conditions en utilisant 1 ml de HCl 2 % à la place de l'extrait vitaminique. La teneur en acide ascorbique (%) est calculée par : $\%Vit\ C = \frac{(V_e - V_b) \times N \times 88 \times V_t}{P \times V} \times 100$ avec %Vit C = g d'acide ascorbique dans 100g,

V_e = ml de KIO_3 utilisé pour titrer l'extrait, V_b = ml de KIO_3 utilisé pour titrer le blanco (témoin), V_t = volume total de l'extrait, N = normalité de KIO_3 (0,001N), P = poids de matière sèche broyée (5g), 88 = poids d'un milliéquivalent d'acide ascorbique et V = volume de l'extrait titré (Mendham, 2005). Ce pourcentage est divisé par 1000 pour passer à la concentration en mgVit.C/100 g.

3. RESULTATS

Les concentrations des composants des poudres des pulpes de dix cultivars des plantains de la région de Kisangani sont présentées dans les tableaux 4, 5 et 6 respectivement pour les composants majeurs, les composants minéraux et les composants vitaminiques.

3.1. Teneurs des composants majeurs des pulpes analysées

Le tableau 4 présente les concentrations des composants majeurs des pulpes analysées.

Tableau 4. Concentrations (%) des composants majeurs des pulpes analysées

Cultivar	H	PB	LT	CB	FB	GT
Akoto	54,65±1,13	2,89±0,26	1,28±0,21	2,48±0,23	1,2±0,2	93,34±1,23
Ikpolo noir	58,55±0,92	3,11±0,25	1,24±0,33	2,82±0,15	1,3±0,3	92,82±1,05
Libanga likale	55,18±1,06	2,84±0,31	1,30±0,19	1,84±0,26	1,5±0,1	94,02±1,16
Libanga lifombo	50,58±0,94	2,29±0,27	1,12±0,21	2,42±0,17	1,4±0,2	94,16±1,17
Lingu	60,66±1,14	2,40±0,48	1,32±0,24	2,48±0,24	1,6±0,2	93,79±1,02
Litete	56,39±1,03	2,95±0,39	1,36±0,32	2,40±0,19	1,2±0,3	93,29±1,07
Lokusu	63,77±0,77	2,51±0,33	1,28±0,30	2,98±0,23	1,5±0,3	93,22±1,21
Plantain rouge I	58,03±0,49	2,73±0,28	0,94±0,18	2,12±0,24	1,5±0,1	92,59±1,24
Tala lola	60,25±0,79	1,53±0,27	1,20±0,21	2,12±0,21	1,6±0,2	95,15±1,24
Tchwatchwa	59,36±0,88	2,79±0,27	1,06±0,23	2,50±0,21	1,6±0,3	93,65±1,23

Légende : H = humidité, PB = protéines brutes, LT = lipides totaux, CB = cendres brutes, FB = fibres brutes et GT = glucides totaux

Les résultats du tableau 4 indiquent que les pulpes fraîches des différents cultivars de bananiers plantains présentent une teneur en humidité supérieure à 50 %, sans toutefois excéder 65 %. Les cultivars Lokusu et Libanga lifombo sont respectivement le plus et le moins hydratés. Sur base de la matière sèche, la composition en macro-nutriments révèle des variations notables entre les cultivars. Les teneurs s'étendent de 1,53 % (Tala lola) à 3,11 % (Ikpolo noir) pour les protéines brutes ; de 0,94 % (Litete) à 1,36 % (Plantain rouge I) pour les lipides totaux ; de 1,84 % (Libanga likale) à 2,98 % (Lokusu) pour les cendres brutes ; et de 1,2 % (Akoto) à 1,6 % (Tchwatchwa) pour les fibres brutes. Enfin, les glucides totaux représentent la fraction majeure, oscillant entre 92,59 % (Plantain rouge I) et 95,15 % (Tala lola). Cette forte proportion en glucides confère à la pulpe de ces cultivars un potentiel énergétique hautement significatif.

2. Concentrations des composants minéraux des pulpes analysées

Les concentrations des composants minéraux des pulpes analysées sont dans le tableau 5.

Tableau 5. Concentrations (mg/100g) des composants minéraux des pulpes analysées

Cultivar	Calcium	Magnésium	Phosphore
Akoto	21,01±0,32	42,22±0,93	53,0±1,3
Ikpolo noir	20,12±1,23	36,24±1,43	102,9±1,2
Libanga likale	19,21±1,11	24,05±0,91	87,1±0,2
Libanga lifombo	18,22±1,27	30,12±0,82	62,5±0,7
Lingu	15,15±0,52	45,12±1,72	15,8±0,2
Litete	23,08±0,93	30,16±2,03	77,0±0,5

Lokusu	15,12±1,13	60,14±1,93	34,1±0,3
Plantain rouge I	11,02±0,91	60,21±0,91	68,8±0,3
Tala lola	16,11±1,21	24,06±1,52	61,2±0,3
Tchwatchwa	11,31±1,23	48,08±1,93	56,2±0,7

Ces résultats renseignent que les farines sèches des pulpes de ces cultivars sont riches en phosphore suivi de magnésium et enfin de calcium. En effet, les concentrations en ces composants minéraux varient de 11,02 (Plantain rouge I) à 23,08 mg/100 g (Litete) de calcium ; 24,05 (Libanga likale) à 60,21 mg/100 g (Plantain rouge I) de magnésium et 15,8 (Lingu) à 102,9 mg/100 g (Ikpolo noir) de phosphore.

3.3. Concentrations des vitamines des pulpes analysées

Le tableau 6 illustre les concentrations des vitamines des pulpes analysées.

Tableau 6. Concentrations (mg/100g) des composants vitaminiques des pulpes analysées

Cultivar	Vit. A	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B6	Vit. C
Akoto	1,36±0,25	0,185±0,25	0,103±0,31	0,667±0,55	25,70±0,36
Ikpolo noir	1,22±0,58	0,159±0,46	0,091±0,51	0,647±0,67	22,74±0,41
Libanga lifombo	1,18±0,13	0,105±0,33	0,105±0,42	0,686±0,42	26,09±0,34
Libanga likale	1,43±0,77	0,104±0,52	0,130±0,43	0,706±0,39	25,15±0,72
Lingu	1,11±0,62	0,127±0,22	0,096±0,56	0,627±0,71	34,85±0,42
Litete	1,24±0,79	0,182±0,48	0,100±0,64	0,647±0,76	26,49±0,58
Lokusu	1,17±0,68	0,195±0,46	0,074±0,63	0,627±0,68	33,58±0,42
Plantain rouge I	1,13±0,89	0,161±0,37	0,100±0,26	0,980±0,44	33,61±0,37
Tala lola	1,48±0,71	0,131±0,47	0,096±0,27	0,706±0,57	30,06±0,34
Tchwatchwa	1,13±0,73	0,170±0,52	0,111±0,43	0,745±0,62	30,66±0,49

Les concentrations des vitamines des pulpes de ces cultivars montrent qu'elles sont assez riches en vitamine A suivie des vitamines C, B6, B1 et B2. En effet, elles contiennent de 1,11 (Lingu) à 1,48 mg/100g (Tala lola) de vitamine A ; de 0,105 (Libanga lifombo) à 0,195 mg/100g (Lokusu) de vitamine B1 ; de 0,074 (Lokusu) à 0,111 mg/100g (Libanga lifombo) de vitamine B2 ; de 0,627 (Lokusu) à 0,980 mg/100g (Plantain rouge I) de vitamine B6 et enfin, de 22,74 (Ikpolo noir) à 34,85 mg/100g (Lingu) de vitamine C.

4. DISCUSSION

4.1. Teneurs en composants majeurs

Concernant l'humidité, la FAO (1991), Lassoudière (2007) et l'INFOODS (2013) ont rapporté respectivement des teneurs moyennes de 68,2 %, 65,0 % et 65,3 %. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues dans la pulpe des cultivars de plantains analysés dans la présente étude. Karikari *et al.* (1979) ont indiqué que la teneur en humidité de la pulpe des bananes plantains encore vertes varie de 52,0 à 62,0 %, intervalle dans lequel s'inscrivent tous les cultivars étudiés, à l'exception du cultivar *Lokusu* qui se situe légèrement au-delà (63,77%).

Pour les protéines, la comparaison des valeurs montre que le cultivar *Ikpolo noir* (3,11 %) et l'hybride FHIA17 (3,17 %) présentent des teneurs rapprochées, légèrement supérieures à 3,0 %. Les variétés CRBP14, CRBP39, FHIA21 et Orishele, avec des teneurs respectives de 2,70 %, 2,19 %, 2,14 % et 2,58 % (Coulibaly *et al.*, 2007), s'insèrent dans la fourchette des cultivars analysés. Enfin, la teneur rapportée par Ogazi (1982), qui évalue les protéines des plantains à 2,85 %, s'avère voisine de celle des cultivars *Akoto* et *Libanga lifombo*.

La comparaison des teneurs en lipides avec celles des travaux de Coulibaly *et al.* (2007) révèle que tous les cultivars locaux analysés possèdent des teneurs supérieures à 0,90 %, tandis que les variétés CRBP14 (0,61 %), CRBP39 (0,59 %), FHIA17 (0,80 %), FHIA21 (0,48 %) et Orishele (0,52 %) affichent des teneurs inférieures à ce seuil. Par ailleurs, la valeur de 0,40 % sur matière fraîche (avec 65,0 % d'eau) publiée par Lassoudière (2010), équivalant à 1,14 % sur matière sèche, est supérieure à celles des cultivars *Libanga likale*, *Tchwatchwa* et *Plantain rouge I*.

Pour les cendres brutes, comparativement à la valeur rapportée par la FAO (1991) — soit 1,00 % sur matière fraîche avec 68,2 % d'eau, équivalant à 3,14 % sur matière sèche —, seul le cultivar *Plantain rouge I* présente une teneur supérieure. Si l'on se réfère aux données de Coulibaly *et al.* (2007), les variétés CRBP14 (2,15 %), FHIA17 (2,94 %) et FHIA21 (2,05 %) affichent, à l'instar de la majorité des cultivars analysés, des teneurs oscillant entre 2,00 et 3,00 %. En revanche, les variétés CRBP39 (1,93 %) et Orishele (1,81 %) présentent des teneurs inférieures à 2,00 %, s'approchant davantage du cultivar *Libanga lifombo*.

Pour les fibres brutes, les cultivars étudiés montrent des teneurs bien inférieures à celles des variétés Agnirin et Orishele au stade vert, évaluées respectivement à 8,98 % et 8,84 % (Assemand *et al.*, 2012). Cependant, les teneurs publiées par la FAO (1991), soit 1,25 % (équivalent à 0,40 % sur matière fraîche avec 68,2 % d'eau), et par Latham (1979), soit 1,43 % (équivalent à 0,50 % sur matière fraîche avec 65,0 % d'eau), s'avèrent très proches de nos résultats qui varient entre 1,20 et 1,60 %.

Concernant les glucides totaux, les cultivars *Tala lola*, *Libanga likale*, *Libanga lifombo*, *Lingu*, *Tchwatchwa*, *Akoto*, *Litete* et *Lokusu* affichent des concentrations similaires à celles des variétés CRBP14 (94,54 %), CRBP39 (95,25 %), FHIA17 (93,04 %), FHIA21 (94,84 %) et Orishele (95,47 %) rapportées par Coulibaly *et al.* (2007). De plus, la teneur de 94,96 % publiée par Assemand *et al.* (2012) pour la variété Agnirin au stade vert est tout-à-fait comparable à celles des cultivars *Tala lola* et *Libanga likale*.

4.2. Concentrations en minéraux

Par comparaison avec les teneurs en calcium rapportées par Coulibaly *et al.* (2007) sur la variété FHIA17 (19,40 mg/100g MS), les cultivars *Libanga lifombo*, *Ikpolo noir* et *Libanga likale* s'en rapprochent fortement. En revanche, les variétés CRBP14 (9,50 mg/100g MS), CRBP39 (7,60 mg/100g MS), FHIA21 (6,10 mg/100g MS) et Orishele (5,80 mg/100g MS) présentent des concentrations bien inférieures à celles des cultivars analysés. Les résultats d'Assemand *et al.* (2012) sur la variété Agnirin (33,00 mg/100g MS), de Latham (1979) avec 22,85 mg/100g MS (équivalent à 8,00 mg/100g MF) et de la FAO (1991) avec 59,74 mg/100g MS (équivalent à 19,00 mg/100g MF) révèlent des concentrations supérieures à l'ensemble des cultivars testés, à l'exception du cultivar *Litete* face aux données de Latham. Enfin, la valeur de 8,57 mg/100g MS (équivalent à 3,00 mg/100g MF) publiée par Lassoudière (2007) reste inférieure à celles des écotypes locaux analysés.

Les concentrations en magnésium s'avèrent de loin inférieures à celle rapportée par Lassoudière (2007), soit 100,00 mg/100g MS (équivalent à 35,00 mg/100g MF), et à celle de la variété FHIA17, soit 83,80 mg/100g MS (Coulibaly *et al.*, 2007), quel que soit le cultivar considéré. Toutefois, les variétés CRBP14 (35,80 mg/100g MS), CRBP39 (39,20 mg/100g MS), FHIA21 (23,90 mg/100g MS) et Orishele (31,80 mg/100g MS) présentent des concentrations qui se rapprochent respectivement de celles des cultivars *Ikpolo noir*, *Akoto*, *Libanga lifombo*, *Tala lola*, *Libanga likale* et *Litete*. En outre, la teneur de la variété Agnirin (59,00 mg/100g MS) rapportée par Assemand *et al.* (2012) est proche de celles des cultivars *Lokusu* et *Plantain rouge I*.

Pour le phosphore, la concentration publiée par la FAO (1991), soit 119,49 mg/100g MS (équivalent à 38,00 mg/100 g MF), est nettement supérieure à celles

obtenues sur nos échantillons, alors que celle de Lassoudière (2007), 85,71 mg/100g MS (équivalent à 30,00 mg/100g MF), est proche de celle du cultivar *Libanga lifombo*. Les autres cultivars se caractérisent par des teneurs inférieures, hormis le cultivar *Ikpolo noir* qui dépasse 100,00 mg/100g MS. Quant aux résultats d'Assemand *et al.* (2012), la variété Orishele au stade vert présente une concentration de 13,00 mg/100g MS, valeur qui s'apparente plutôt à celle du cultivar *Lingu*.

4.3. Concentrations des vitamines

Pour la vitamine A, les concentrations obtenues se révèlent bien inférieures à celle rapportée par l'INFOODS (2013), soit 1,61 mg/100 g MS. En revanche, la valeur publiée par la FAO (2012), s'élevant à 1,17 mg/100g MS, s'avère plus proche de celle du cultivar *Lokusu*, tout en restant supérieure à celles des cultivars *Lingu*, *Plantain rouge I* et *Tchwatchwa*. Asenjo et Porrata (1956) ont indiqué que la teneur en bêta-carotène, et par conséquent celle en vitamine A, décroît fortement au fur et à mesure de la maturation des bananes. D'une concentration de 1,04 mg/100g MS à l'état vert, celle-ci peut s'abaisser jusqu'à 0,06 mg/100g MS à l'état mûr, expliquant ainsi la baisse de la teneur en cette vitamine dans les fruits.

Pour la vitamine B1 (thiamine), comparativement à la valeur publiée par l'INFOODS (2013), soit 0,150 mg/100g MS (équivalent à 0,052 mg/100g MF avec 65,3 % d'eau), il est à noter que cette concentration est inférieure à celles des cultivars *Lokusu*, *Akoto*, *Litete*, *Tchwatchwa*, *Plantain rouge I* et *Ikpolo noir*. Par rapport à la teneur rapportée par la FAO (2012), soit 0,190 mg/100g MS (équivalent à 0,070 mg/100g MF avec 63,3 % d'eau), seul le cultivar *Lokusu* affiche une concentration supérieure, tandis que le cultivar *Akoto* s'en rapproche. Cependant, les valeurs publiées par la FAO (1991) et Ogazi (1996), qui sont respectivement de 0,471 mg/100g MS et 1,800 mg/100g MS, se révèlent de loin plus élevées que nos résultats.

Pour la vitamine B2 (riboflavine), si l'on se réfère aux valeurs de l'INFOODS (2013), soit 0,155 mg/100g MS (équivalent à 0,054 mg/100g MF avec 65,3 % d'eau), de la FAO (1991), soit 0,136 mg/100g MS (équivalent à 0,050 mg/100g MF avec 63,3 % d'eau), et de la FAO (2012), soit 0,188 mg/100g MS (équivalent à 0,060 mg/100g MF avec 68,2 % d'eau), il ressort que ces données de référence sont supérieures à celles de l'ensemble de nos cultivars, bien que l'écotype *Libanga likale* présente une valeur proche des standards de la FAO. En outre, la concentration mesurée par Latham (1979), fixée à 0,114 mg/100g MS (équivalent à 0,040 mg/100g MF avec 65,0 % d'eau), demeure légèrement supérieure à celle du cultivar *Tchwatchwa*.

Pour la vitamine B6 (pyridoxine), au regard des concentrations publiées par l'INFOODS (2013), soit 0,861 mg/100g MS (équivalent à 0,299 mg/100g MF avec 65,3 % d'eau), et par la FAO (2012), soit 0,817

mg/100g MS (équivalant à 0,300 mg/100g MF avec 63,3 % d'eau), seul le cultivar *Plantain rouge I* se caractérise par une teneur plus riche en vitamine B6, tous les autres affichant des concentrations inférieures.

Pour la vitamine C (acide ascorbique), en comparant nos résultats avec la valeur rapportée par la FAO (1991), soit 34,59 mg/100g MS (équivalant à 11,00 mg/100g MF avec 68,2 % d'eau), seul le cultivar *Lingu* s'avère supérieur. Les cultivars *Plantain rouge I* et *Lokusu* s'en rapprochent fortement, alors que les autres cultivars contiennent des quantités moindres. Enfin, les concentrations publiées par Latham (1979), soit 57,14 mg/100g MS (équivalant à 20,00 mg/100g MF avec 65,0 % d'eau), par la FAO (2012), soit 50,13 mg/100g MS (équivalant à 18,40 mg/100g MF avec 63,3 % d'eau), et par l'INFOODS (2013), soit 53,02 mg/100g MS (équivalant à 18,40 mg/100g MF avec 65,3 % d'eau), se révèlent toutes nettement plus élevées que celles mesurées au cours de notre étude.

5. CONCLUSION

La caractérisation physicochimique de la pulpe des fruits de dix cultivars de bananiers plantains de la région de Kisangani a montré que les teneurs en macronutriments, ainsi que les concentrations en éléments minéraux et vitamines s'inscrivent dans la fourchette des valeurs usuelles de cette culture, malgré des variations notables entre les cultivars. Globalement, ces derniers s'avèrent riches en glucides, présentent de bonnes concentrations en minéraux (particulièrement en phosphore) et contiennent des teneurs en vitamines appréciables, bien que les vitamines A, B1 et B2 y soient faiblement représentées. L'intégration de ces pulpes dans des régimes alimentaires diversifiés, associant légumes, légumineuses, viandes et poissons, constitue une stratégie efficace pour améliorer la nutrition et la santé des populations.

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

- Adheka J., Komoy J., Tamaru C., Sivirahauma C., Dhed'a D.B., Karamura D., De Langhe E., Swennen R. & Blomme, G., 2018. Banana diversity in the Oriental Provinces, North-eastern Democratic Republic of Congo. *Acta Hort.* 1196, in Van den Bergh, I.; Risede, J.-M. ; Johnson, V., Eds. *Proceedings. Xst International Symposium on Banana: ISHS - ProMusa Symposium on Agroecological Approaches to Promote Innovative Banana Production Systems. Montpellier (France) 10-14 October 2016. Acta Horticulturae no. 1196. Leuven (Belgium): ISHS, 264 p. ISBN: 9789462611924.*
- Asenjo C.F. & Porrata E.I., 1956. The caroten content of green and ripe plantains. *J. Agric University of Puerto Rico*, 40(3), 152-156.
- Assemam A., Fatoumata C., Kouamé F., Konan V. & Kouamé L.P., 2012. Caractérisation biochimique des fruits de plantain (*Musa paradisiaca* L.) variété "Agnrin" de Côte d'Ivoire et évaluation sensorielle de ses produits dérivés. *J. Applied Biosciences*, 60, 4438-4447.
- Aurore G., Parfait B. & Fährasmane L. 2009. Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends Food Sci. and Technol.*, 20, 78-91.
- Charlot G., 1966. *Les méthodes de chimie analytique – analyse quantitative minérale*. Edition Masson, Paris, 1024 p.
- Coulibaly S., Nemlin G.J. & Kamenan A., 2007. Chemical composition, nutrition and energetic value of plantain (*Musa spp*) hybrids CRBP14, CRBP39, FHIA17, FHIA21 and Orishele variety. *Tropicultura*, 25(1), 2-6.
- Dadzie B. K. & Orchard J.E., 1997. *Routine Post-Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrids : criteria and methods. Inibap Technical Guidelines 2*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy ; International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France; ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Wageningen, The Netherlands, 75 p.
- Dessart A., Jodogne J. & Paul J., 1973. *Chimie analytique*. 10^{ème} édition, De Boeck, Bruxelles, 183 p.
- Dhed'a D.B., Adheka G.J., Onautshu O.D. & Swennen R., 2019. *La culture des bananiers et plantains dans les zones agroécologiques de la République Démocratique du Congo*. Presse universitaire, Université de Kisangani, Kisangani, 72 p.
- Drogba A.S., 2011. *Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des tubercules et des amidons d'Ignames (Dioscorea)*. Editions Publibook, France, 154 p.
- Ebwa J., Ugenca P., Empata L., Azenge J.-P., Saile J., Bondombe M.G.W. & Monde G., 2023. Effet du virus de la mosaïque africaine du manioc sur la teneur en protéines brutes des feuilles de cinq cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées à Kisangani, en RD Congo. *Agronomie africaine*, 35(3), 465-472.
- FAO, 1991. *Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nature humaine*. Collection FAO-Alimentation et nutrition n°24, Food and Agriculture Organisation, 196 p.

- FAO, 2012. *Table de composition des aliments d'Afrique de l'Ouest*. FAO-INFOODS-CEDERO-Bioversity international, Rome, 171 p.
- Fouassin A. & Noirfalise A., 1981. *Méthodes d'analyse des substances alimentaires*. 4^e édition, Presses Universitaires de Liège, Belgique, pp. 25-35.
- Godon B. & Loisel W., 1984. *Guide pratique des analyses des industries des céréales*. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, pp. 173-350.
- Groegart J., 1958. *Recueil des modes opératoires d'analyses en usage au laboratoire central d'analyse de l'INEAC*. Congo Belge, 380 p.
- Harris D.C., 1982. *Quantitative chemical analysis*. Freeman and Company, New-York, pp. 620-625.
- INFOODS, 2013. *A food composition table for central and eastern Uganda*. International Network of Food Data Systems, FAO, Rome, 25 p.
- Karikari S.K., Marriot J. & Hutchins P., 1979. Changes during respiratory climacteric in ripening plantain fruit. *Scientia Horticulturae*, 10, 369-376.
- Kwa M. & Temple L., 2019. *Le bananier plantain – enjeux socio-économiques et techniques, expériences en Afrique intertropicale*. Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 199 p.
- Lassoudière A., 2007. *Le bananier et sa culture*. Editions Quae, 384 p.
- Latham M.C., 1979. *Nutrition humaine en Afrique tropicale*. Collection FAO-Alimentation et Nutrition n°1, Rome, 297 p.
- Leterme P., Buldgen A., Estrada F. & Londono A.M., 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95, 644-652.
- Mbemba F. & Remacle J., 1992. *Inventaire et composition chimique des aliments et denrées alimentaires traditionnels du Kwango-Kwilu au Zaïre*. Presses Universitaires de Namur, Belgique, 80 p.
- Mendham J., 2005. *Analyse chimique quantitative de Vogel*. Chimie générale. De Boeck Supérieur, 889 p.
- Ogazi P.O., 1982. *Technical and économie study of plantain food products*. PhD thesis, the Aston University, Birmingham, UK, 383 p.
- Singh J.P., Kaur A., Shevkani K. & Singh N., 2016. Composition, bioactive compounds and antioxidant activity of common Indian fruits and vegetables. *J. Food Sci. Technol.*, 53(11), 4056-4066.
- Wang Y.L. & Harris L.J., 1941. Vitamin methods: a note on vitamin B1 in urine as determined chemically and biologically. *Biochem J.*, 35(8-9), 1068-1070.
- Welcher F.J., 1963. *Standard methods of chemical analysis*. 6th ed. D. Van Nostrand Company, Inc.(Canada), Ltd. USA, pp.254-256.