

Étude ethnobotanique, phytochimique, pharmacologique et synthèse biogénique des nanocomposites dérivés de *Vigna unguiculata*

C.A. MASENGO¹, G. B. ILUMBE¹, V. MUDOGO², P.T. MPIANA², K.-T.-N. NGBOLUA¹

(Reçu le 04/11/2025; Accepté le 25/11/2025)

Résumé

La République démocratique du Congo, riche en biodiversité faunique et floristique, abrite un grand nombre de plantes médicinales d'intérêt biopharmaceutique, capables de fournir de nouvelles molécules bioactives. Cette étude avait pour objectif d'évaluer la composition chimique, les propriétés biologiques et la sécurité des feuilles de *Vigna unguiculata* (Fabaceae). Les analyses ont révélé la présence de composés phytochimiques tels que polyphénols, flavonoïdes, tanins, anthocyanes, ainsi que de minéraux essentiels, notamment le magnésium, le calcium, le sodium, le fer et le phosphore. Les tests *in vitro* ont mis en évidence des activités anti-inflammatoires, antioxydantes et anti-drépanocytaires, et les extraits, y compris les nanocomposites dérivés de la plante, se sont montrés non toxiques. Ces résultats soulignent le potentiel pharmacologique de *Vigna unguiculata* et son intérêt pour le développement de nouveaux médicaments à base de plantes. Des recherches complémentaires, notamment *in vivo* et cliniques, sont nécessaires pour confirmer ces effets et approfondir les mécanismes d'action, tandis que l'optimisation des nanocomposites et leur formulation pharmaceutique représentent des perspectives prometteuses pour la valorisation future de cette plante médicinale.

Mots-clés: Savoirs traditionnels, Plantes médicinales, Composés bioactifs, Profil phytochimique, *Vigna unguiculata*

Ethnobotanical, phytochemical, pharmacological study and biogenic synthesis of nanocomposites derived from *Vigna unguiculata*

Abstract

The Democratic Republic of Congo, rich in both faunal and floral biodiversity, is home to numerous medicinal plants of biopharmaceutical interest, capable of providing novel bioactive molecules. This study aimed to evaluate the chemical composition, biological properties, and safety of the leaves of *Vigna unguiculata* (Fabaceae). Analyses revealed the presence of phytochemical compounds such as polyphenols, flavonoids, tannins, anthocyanins, as well as essential minerals including magnesium, calcium, sodium, iron, and phosphorus. *In vitro* tests demonstrated anti-inflammatory, antioxidant, and anti-sickling activities, and the extracts, including plant-derived nanocomposites, showed no toxicity. These findings highlight the pharmacological potential of *Vigna unguiculata* and its relevance for developing new plant-based medicines. Further studies, particularly *in vivo* and clinical investigations, are required to confirm these effects and elucidate the underlying mechanisms of action, while optimizing the nanocomposites and their pharmaceutical formulation represents promising prospects for the future valorization of this medicinal plant.

Keywords: Traditional knowledge, Medicinal plants, Bioactive compounds, Phytochemical profile, *Vigna unguiculata*

INTRODUCTION

Depuis des siècles, les plantes médicinales constituent une ressource thérapeutique essentielle pour l'humanité, jouant un rôle central aussi bien dans les systèmes de soins traditionnels que modernes. D'après l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), près de 28 % des médicaments utilisés à travers le monde proviennent de sources végétales, ce qui illustre la contribution majeure de la biodiversité à la découverte de nouvelles molécules bioactives (OMS, 2013; Dibong *et al.*, 2011). Considérés comme plus sûrs et moins toxiques que les médicaments de synthèse, les remèdes à base de plantes suscitent un intérêt scientifique croissant. Dotée d'une biodiversité végétale particulièrement riche, l'Afrique demeure un véritable réservoir de plantes médicinales: sur environ 300 000 espèces recensées, à peine 10 % ont été étudiées sur le plan phytochimique (Ngbolua, 2012). Plus de 80 % des populations africaines continuent d'ailleurs à recourir à la médecine traditionnelle pour leurs besoins de santé primaire, témoignant de l'importance de ces savoirs empiriques dans les soins communautaires. En République Démocratique du Congo, la flore, d'une diversité remarquable, renferme de nombreuses espèces d'intérêt biopharmaceutique susceptibles de fournir de nouvelles molécules bioactives (Ngbolua *et al.*, 2016). Parmi elles, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), appelée communément niébé ou pois de vache, se distingue par

son double intérêt alimentaire et médicinal. Utilisée dans plusieurs pharmacopées locales, cette légumineuse sert au traitement d'affections variées telles que les infections, les inflammations et certaines pathologies hématologiques, notamment la drépanocytose (Djolu *et al.*, 2021). Des travaux antérieurs ont révélé que cette plante renferme divers métabolites secondaires, notamment des flavonoïdes, alcaloïdes, coumarines, tanins, acides phénoliques et terpènes, conférant des propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires (Mulwele *et al.*, 2016). Par ailleurs, l'émergence des nanotechnologies vertes ouvre de nouvelles perspectives de valorisation durable des ressources naturelles. La synthèse biogénique de nanocomposites à partir d'extraits végétaux, en réduisant l'usage de réactifs toxiques, permet d'obtenir des matériaux aux propriétés biologiques uniques (Masengo *et al.*, 2021). Cependant, le potentiel de *Vigna unguiculata* dans la biosynthèse et la caractérisation de tels nanomatériaux reste peu exploré. La présente recherche vise donc à combiner les approches ethnobotanique, phytochimique, pharmacologique et nanotechnologique afin de documenter les savoirs traditionnels relatifs à cette espèce, d'identifier ses principaux métabolites secondaires, d'évaluer ses activités biologiques et d'examiner les propriétés structurales et fonctionnelles des nanocomposites issus de ses extraits, dans le but global d'en apprécier le potentiel pharmacologique et la toxicité éventuelle vis-à-vis des érythrocytes.

¹ Département de Biologie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, RDC

² Département de Chimie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, RDC

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

L'étude a utilisé des feuilles de *Vigna unguiculata* (Fabaceae), communément appelées niébé ou «Mbuengi», collectées par l'auteur dans le territoire de Kasangulu (Figure 1), province du Kongo-Central, République Démocratique du Congo, au cours de missions réalisées en août et octobre 2023. Après la récolte, les feuilles ont été soigneusement lavées à l'eau distillée, séchées à l'ombre puis réduites en poudre fine en vue des analyses phytochimiques et biologiques. Pour les évaluations biologiques, des échantillons de sang humain ont été prélevés auprès de sujets drépanocytaires consultant au Centre de Médecine Mixte et d'Anémie Mabanga à Kinshasa pour les tests anti-falcémiant, tandis que du sang provenant d'un volontaire sain a servi aux tests de cytotoxicité qualitative et quantitative. Les œufs de poule (*Gallus gallus*) ont été utilisés comme source d'ovalbumine dans le cadre du test anti-inflammatoire.

Méthodes

Les enquêtes ethnobotaniques ont été conduites dans le territoire de Kasangulu, province du Kongo-Centrale, RDC, selon Mongeke *et al.* (2018). La population cible comprenait des tradipraticiens et membres de la communauté locale connaissant les usages médicinaux des plantes. La taille de l'échantillon a été calculée selon la formule de Dagnelie. Les participants ont été sélectionnés par échantillonnage raisonné et le consentement éclairé a été obtenu conformément aux recommandations éthiques locales (approbation n° 005/EPHYMED/2023). Les données collectées portaient sur le profil des informateurs, le nom des espèces, les parties utilisées, les modes de préparation et les usages thérapeutiques. Les informations ont été saisies sur Excel et analysées avec SPSS v.20, incluant analyses descriptives, tests du Khi-deux pour l'influence des facteurs socio-démographiques, et analyses multivariées (ACP, CAH) pour explorer les corrélations entre groupes socioculturels, parties utilisées et pathologies traitées. Les courbes de fréquence ont été générées avec Origin 8.5 Pro.

Pour l'analyse phytochimique, les feuilles séchées et pulvérisées de *Vigna unguiculata* ont été extraites à l'eau (5 g dans 50 mL, 24 h à température ambiante) et à l'acétate d'éthyle (3 g dans 30 mL). Le criblage qualitatif a été réalisé pour détecter flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, coumarines, acides phénoliques et terpènes, selon les protocoles de Harborne (1998) et Sofowora (2008), en utilisant des réactifs spécifiques tels que Dragendorff, Shinoda et Ferric chloride. La séparation des constituants a été effectuée par CCM sur plaques de silice gel 60 F254, avec détection UV et colorimétrique. Les dosages quantitatifs des polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins et anthocyanes ont été réalisés en triplicat avec des standards connus (acide gallique, catéchine, quercétine). Les minéraux (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^{+} , PO_4^{3-} , Fe^{3+}) ont été déterminés par des méthodes colorimétriques et titrations selon AOAC (2019).

Les nanocomposites Ag-CuO ont été synthétisés par réduction biogénique, mélangeant 17 mg de nitrate d'argent et 250 mg de sulfate de cuivre dissous dans 100 mL d'eau distillée avec 10 mL d'extrait aqueux de plante, incubé 2 h sous agitation et à l'obscurité (Aggoune et Ahmed, 2019). La caractérisation a été réalisée par spectroscopie UV-Vis et XRD.

Les activités biologiques ont été évaluées comme suit: l'effet anti-inflammatoire a été mesuré par inhibition de la dénaturation thermique de l'albumine (Kumari *et al.*, 2014), les activités antioxydantes par réduction du ferri-cyanure en Fe^{2+} (Yildirim *et al.*, 2001; Gülçin *et al.*, 2003), et l'activité anti-sickling par test d'Emmel sous conditions hypoxiques ($pO_2 < 45$ mm Hg) observant la falciformation des érythrocytes (Ngbolua, 2012). La cytotoxicité a été évaluée qualitativement par frottis sanguins colorés au May-Grünwald Giemsa et quantitativement par mesure de l'hémolyse spectrophotométrique (DO à 540 nm), avec contrôle positif (eau distillée) et négatif (NaCl 0,9 %), toutes expériences en triplicat. Les résultats ont été exprimés en moyenne $\pm$ écart-type et analysés statistiquement par ANOVA avec test de Tukey ($p < 0,05$). Cette méthodologie intégrée permet de relier savoirs traditionnels, composition phytochimique et activités biologiques des extraits et nanocomposites dérivés de *Vigna unguiculata*.

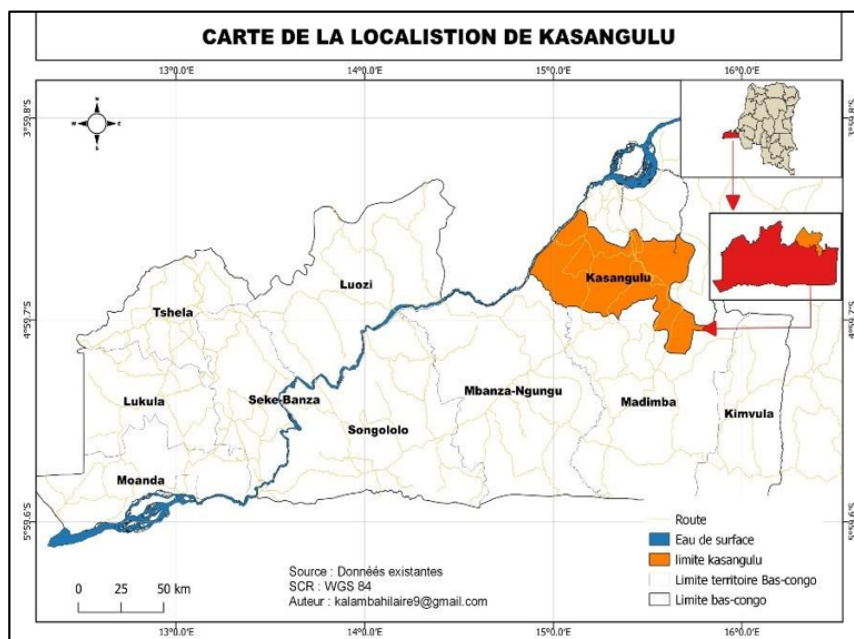


Figure 1: Carte de la localisation de Kasangulu et ses environs (Province du Kongo Central, République Démocratique du Congo)

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ethnobotanique

Le tableau 1 donne les paramètres socio-démographiques des enquêtes.

Le tableau montre que l'usage de *Vigna unguiculata* en médecine traditionnelle est particulièrement répandu chez les personnes âgées, avec une prédominance dans la tranche d'âge supérieure à 50 ans (61,4 %), suivie des 18-35 ans (32,9 %) et des 36-50 ans (5,7 %). En termes de répartition par sexe, 61,4 % des participants étaient des hommes et 38,6 % des femmes, indiquant que les connaissances ethnobotaniques sont partagées entre les deux sexes. En analysant la fréquence des citations par ethnie, les Ndibu et Nianga ont obtenu les scores les plus élevés, suivis des Pende, Samba et Yombe. Concernant le niveau d'instruction, la majorité des enquêtés possédaient un niveau secondaire (65,8 %), tandis que 15,2 % avaient un niveau primaire. Les enquêtés exerçaient majoritairement des professions telles que commerçant (9,5 %) ou agriculteur (11,4 %). Enfin, la situation familiale des participants révèle que 48,7 % étaient mariés, 4,4 % divorcés et 2,5 % veufs.

La figure 2 donne la distribution d'âges des enquêtés.

Il ressort de cette figure que pour cette taille de l'échantillon correspondant à 158 personnes enquêtées, l'âge maximum était de 65 ans, l'âge minimum était de 18 ans et l'âge moyenne était égale à 37,9 ans. Au regard de la figure, il se dégage que la distribution d'âge des enquêtés ne suivent pas une distribution normale ($P < 0,05$) dans la population de la zone enquêtée.

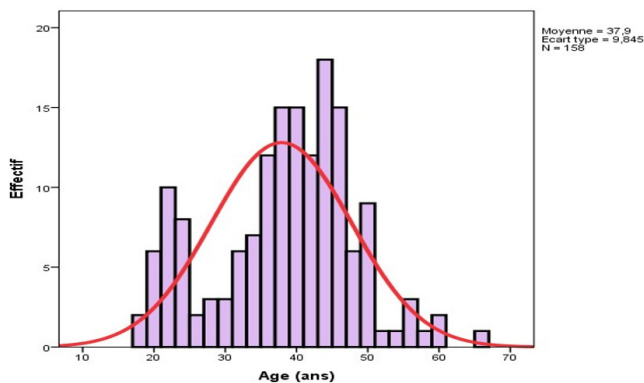


Figure 2: Distribution d'âges des enquêtés

La figure 3 donne les différentes parties de *Vigna unguiculata* utilisées en médecine traditionnelle.

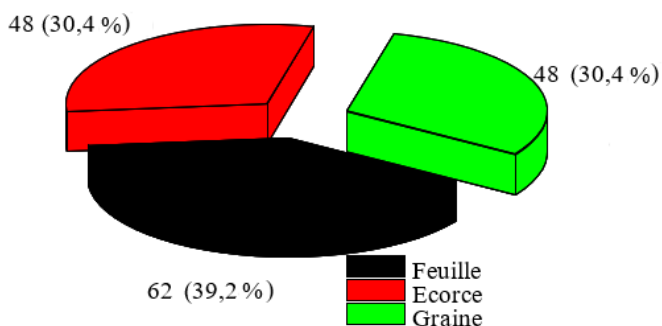


Figure 3: Partie utilisée de *Vigna unguiculata*

Tableau 1: Paramètres socio-démographiques des enquêtes

Paramètres socio-démographiques	Effectifs	Pourcentage
1. Tranche d'âge		
○ >50 ans	9	5,7
○ 18-35 ans	52	32,9
○ 36-50 ans	97	61,4
Total	158	100,0
2. Tribu		
○ Bwese	3	1,9
○ Kongo	4	2,5
○ Luba	4	2,5
○ Lunda	1	,6
○ Mbala	5	3,2
○ Mongo	6	3,8
○ Musongombe	7	4,4
○ Ndibu	25	15,8
○ Nianga	39	24,7
○ Pende	15	9,5
○ Samba	10	6,3
○ Songo	6	3,8
○ Suku	3	1,9
○ Tandu	7	4,4
○ Teke	4	2,5
○ Tetela	1	,6
○ Tshoku	5	3,2
○ Yaka	3	1,9
○ Yansi	2	1,3
○ Yombe	8	5,1
Total	158	100,0
3. Niveau d'études		
○ Analphabète	6	3,8
○ Primaire	24	15,2
○ Secondaire	104	65,8
○ Universitaire	24	15,2
Total	158	100,0
4. Genre		
○ Féminin	61	38,6
○ Masculin	97	61,4
Total	158	100,0
5. Profession		
○ Agriculteur	23	14,6
○ Charpentier	5	3,2
○ Chauffeur	12	7,6
○ Chômeur	6	3,8
○ Commerçant	15	9,5
○ Enseignant	16	10,1
○ Étudiant	2	1,3
○ Fermier	15	9,5
○ Fonctionnaire	14	8,9
○ Infirmier	2	1,3
○ Jardinier	7	4,4
○ Maçon	5	3,2
○ Ménagère	18	11,4
○ Pasteur	6	3,8
○ Peintre	2	1,3
○ Tradipraticien	6	3,8
○ Vendeuse	4	2,5
Total	158	100,0
6. État civil		
○ Célibataire	70	44,3
○ Divorcé	7	4,4
○ Marié	77	48,7
○ Veuf	4	2,5
Total	158	100,0

Il ressort de cette figure que les feuilles (39,2%) constituent l'organe le plus utilisé suivi respectivement des graines (30,4%) et les écorces (30,4%). Cela pourrait se justifier par le fait que les feuilles sont facilement accessibles que les autres parties de la plante (Khattab *et al.*, 2009).

La figure 4 donne la fréquence de citation des maladies soignées par *Vigna unguiculata*.

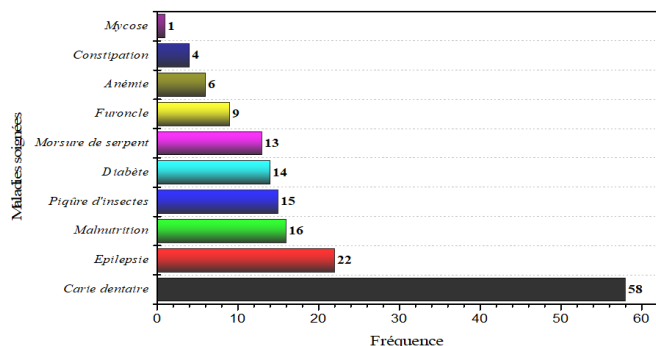


Figure 4: Fréquence des maladies soignée par *Vigna unguiculata*

Il ressort de cette figure que 10 maladies sont soignées par *Vigna unguiculata* dont: La carie (1 citation), L'épilepsie (4 citation), La malnutrition (6 citations), La piqure d'insecte (9 citations), Le diabète (13 citations), La morsure de serpent (14 citations), Le furoncle (15 citations), L'anémie (16 citations), La constipation (22 citations) et La mycose (58 citations).

La figure 5 donne la catégorie d'utilisation de *Vigna unguiculata*.

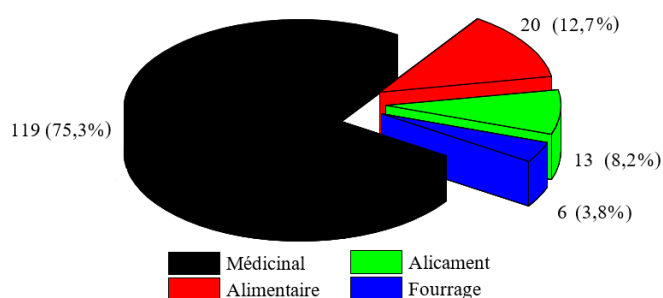


Figure 5: Catégorie d'utilisation de *Vigna unguiculata*

Il ressort de cette figure que *Vigna unguiculata* est utilisées dans quatre catégories différentes notamment comme médicinal, alimentaire, alicant et fourrage. A cet effet, les enquêtés ayant un niveau d'étude secondaire utilisent plus cette plante comme médicinale, ceci montre que le niveau d'étude influence la catégorie d'utilisation.

La figure 6 donne le mode de préparation des recettes de *Vigna unguiculata*.

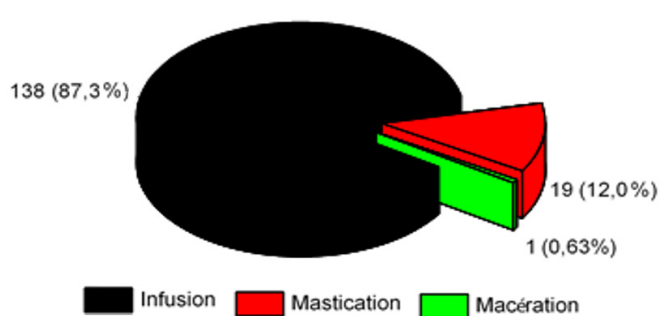


Figure 6: Mode de préparation des recettes de *Vigna unguiculata*

Il ressort de cette figure que l'infusion est le mode de préparation prépondérant suivi respectivement de la mastication et de la macération.

La figure 7 donne la composition des recettes de *Vigna unguiculata*.

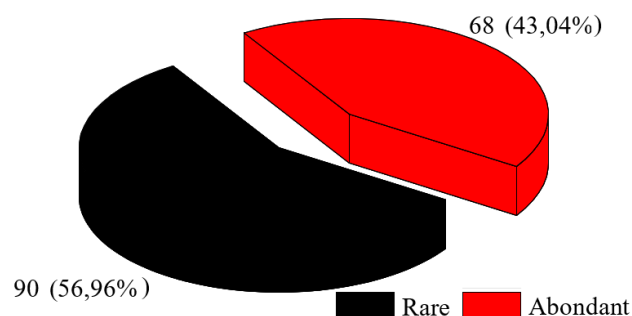


Figure 7: Composition des recettes de *Vigna unguiculata*

Il ressort de cette figure que la plupart des personnes enquêtées utilisent *Vigna unguiculata* seul (soit 82,3%) pour la prise en charge des maladies courantes. Seul 17,7% des enquêtés associent *Vigna unguiculata* avec d'autres plantes dans la préparation des recettes.

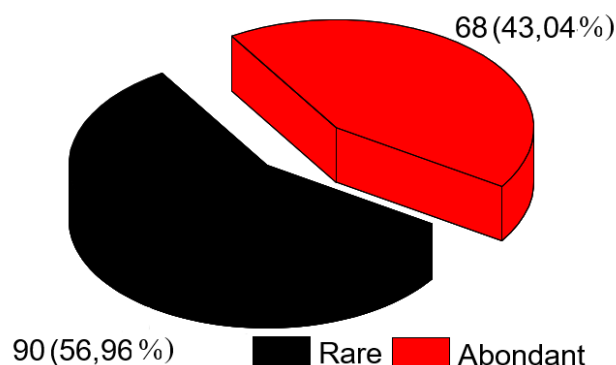


Figure 8: Opinion des enquêtés sur la disponibilité de la plante

Selon la majorité des enquêtés, la plante n'est pas menacée (Figure 8).

La figure 9 donne le nombre de citation des maladies par tranche d'âge.

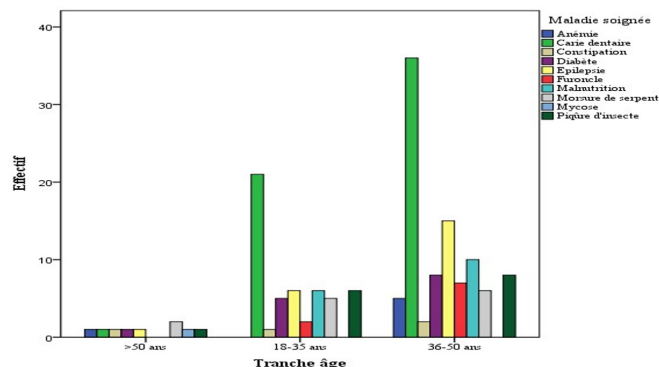


Figure 9: Nombre de citations des maladies par tranche d'âge

Il ressort de cette figure que cette espèce est plus utilisée par les vieux suivis des adultes. Les jeunes ne s'intéressent pas vraiment à son utilisation. Il se pourrait qu'ils utilisent des produits synthétiques pour le traitement des différentes maladies dont ils font face. Tandis que, les vieux cherchent à valoriser la médecine traditionnelle vue son importance

datant depuis les ancêtres. Parmi les maladies citées: la Carie dentaire s'avère être la maladie la plus soignée par *Vigna unguiculata* dans toutes les tranches d'âges bien qu'à des proportions différentes. Ensuite vient l'épilepsie chez les vieux, l'anémie chez les jeunes.

La figure 10 donne le niveau d'étude des enquêtés.

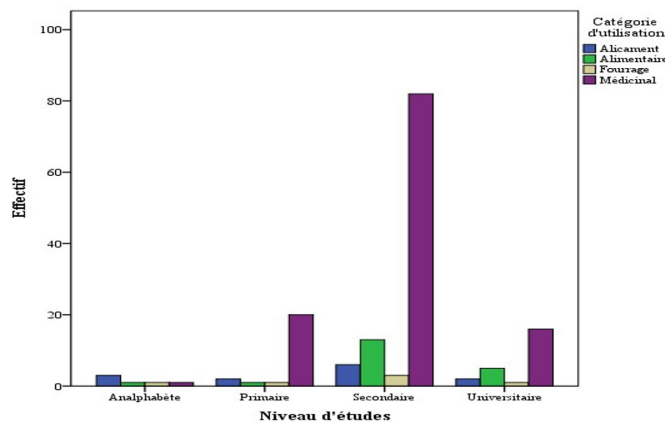


Figure 10: Niveau d'étude des enquêtés

Majoritairement selon le niveau d'instruction, il ressort de cette figure que les enquêtés sont de niveau d'études secondaires (soit 65,8%), suivi respectivement de ceux ayant un niveau d'étude primaire (soit 15,2%), universitaire (soit 15,2%) et 3,8% sont analphabètes.

La figure 11 montre la fréquence de citations des différentes parties utilisées de la plante et les maladies qu'elles soignent.

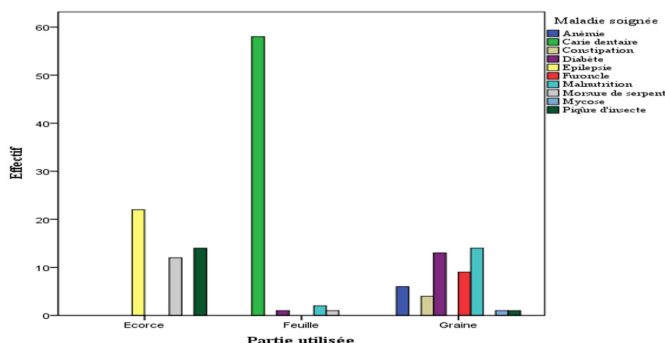


Figure 11: Fréquence des citations des différentes parties de la plante et les maladies soignées

En ce qui concerne le nombre de citation des maladies répertoriée en rapport avec les différents organes utilisés, il s'avère que les feuilles et les grains sont les organes les plus utilisés, il sied de noter que les feuilles sont aussi l'alimentation de ce qui pourrait justifier la fréquence de citations élevés. L'utilisation des feuilles en médecine traditionnelle est une pratique durable et ne conduit pas à la disparition de la biodiversité végétale (Khatab *et al.*, 2009). Quant aux maladies, nous remarquons que la carie dentaire, l'épilepsie, malnutrition, diabète, anémie, myxose, constipation sont les plus cités par les enquêtés peu importe l'organe utilisé, s'ensuit la morsure de serpent et piqûre d'insecte.

La figure 12 donne classification hiérarchiques ascendante des tribus.

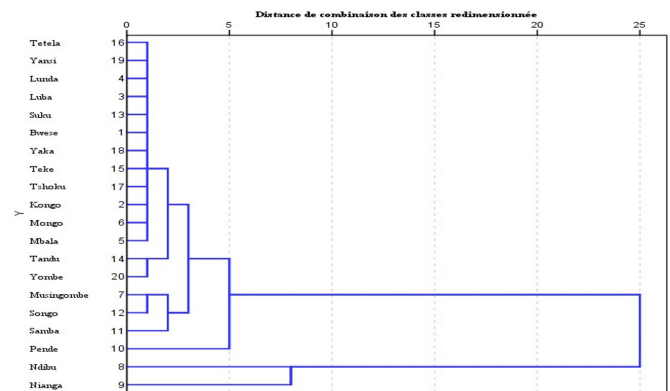


Figure 12: Classification hiérarchiques ascendante des tribus

Il ressort de cette étude que les vingt tribus détenteurs de l'information sont réparties en cinq classes en fonction de la similarité des pratiques ethno-médicale dont nous citons par ordre de classe: Classe1 (Nianga), Classe 2 (Musingombe, Samba et Songo), Classe 3 (Ndibu), Classe 4 (Nianga), Classe 5 (Pende). Ces six dernières tribus utilisent cette plante de façon similaire et cette similitude serait due aux échanges culturels entre ces populations.

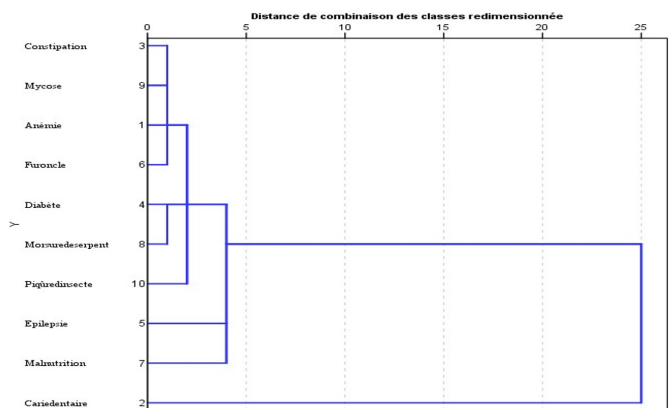


Figure 13: Classification hiérarchique ascendante des maladies soignées

Il ressort de la figure 13 que les 10 maladies soignées peuvent être regroupées en deux classes en rapport aux différents organes de *Vigna unguiculata* à savoir: classe 1 (Carie dentaire); classe 2 (Malnutrition, Epilepsie, Piqure d'insecte, Morsure de serpent, Diabète, Furoncle, Anémie, Myxose et constipation). Ces résultats montrent que dans la pratique ethno-médicale, la prescription des plantes vise d'abord la prise en charges de l'anémie puis la carie dentaire. Cependant, Il existe un faible consensus entre les enquêtes pour les autres maladies citées.

La figure 14 donne l'arbre hiérarchique de parties utilisées de *Vigna unguiculata*.

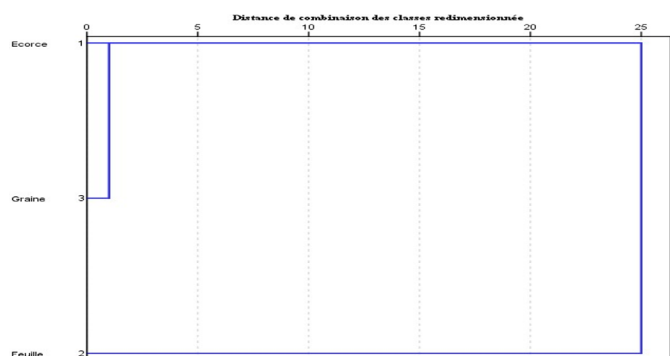


Figure 14: Arbre hiérarchique de parties utilisées de *Vigna unguiculata*

Il ressort de cette figure que les quatre organes de *Vigna unguiculata* sont groupés en deux classes. Il s'agit de: classe 1 (Feuille); classe 2 (Graine et Écorce).

Analyses phytochimiques

Screening phytochimique en solution

Les résultats du criblage phytochimique en solution effectué sur les feuilles de *Vigna unguiculata* sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2: Résultats du criblage phytochimique par réactions de l'extrait aqueux de feuilles de *Vigna unguiculata*

Métabolites secondaires		Résultats
Phase aqueuse		
Polyphénols		+
Flavonoïdes		-
Alcaloïdes		-
Anthocyanes		+
Leuco anthocyanes		+
Tanins		+
Saponines		-
Quinones liée		+
Phase organique		
Stéroïdes		+
Triterpénoïdes		-
Quinones libre		+

(+): Présence de la substance recherchée, (-): Absence de la substance recherchée

Les composés chimiques retrouvés dans les feuilles de *Vigna unguiculata* sont: les tanins, quinones liée, leuco anthocyanes, anthocyanes et les polyphénols, nous notons l'absence des saponines, triterpénoïdes, alcaloïdes ainsi des flavonoïdes. Ce résultat est conforme avec ceux trouvé par Ngbolua *et al.* (2017) qui a aussi révélé la présence des tanins, quinones liée, leuco anthocyanes, anthocyanes et les polyphénols mais aussi, il est rapporté dans la littérature que cette espèce contiendrait des alcaloïdes. La différence dans la composition chimique de cette bio-ressource pourrait s'expliquer en fonction de plusieurs facteurs qui peuvent l'influencer. Des études ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que les facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en métabolites secondaires (Ngbolua, 2012).

Criblage phytochimique par CCM

L'analyse par CCM des extraits de *Vigna unguiculata* a permis de mettre en évidence plusieurs composés phytochimiques présentant un intérêt pharmacologique. Le chromatogramme des flavonoïdes (Figure 15A) confirme leur présence dans l'extrait méthanolique, tandis que celui des terpènes (Figure 15B) révèle des spots fluorescents de différentes couleurs, indiquant la présence de ces métabolites. Les alcaloïdes ont également été détectés à travers des spots fluorescents caractéristiques sur le chromatogramme correspondant (Figure 15C), et les anthocyanes sont apparus sous forme de spots roses sur le chromatogramme (Figure 15D). L'ensemble de ces composés identifiés, en particulier les flavonoïdes et les anthocyanes, est reconnu pour ses propriétés pharmacologiques intéressantes, notamment leurs effets antidrépanocytaires (Mpiana *et al.*, 2008; Gbolo *et al.*, 2022).

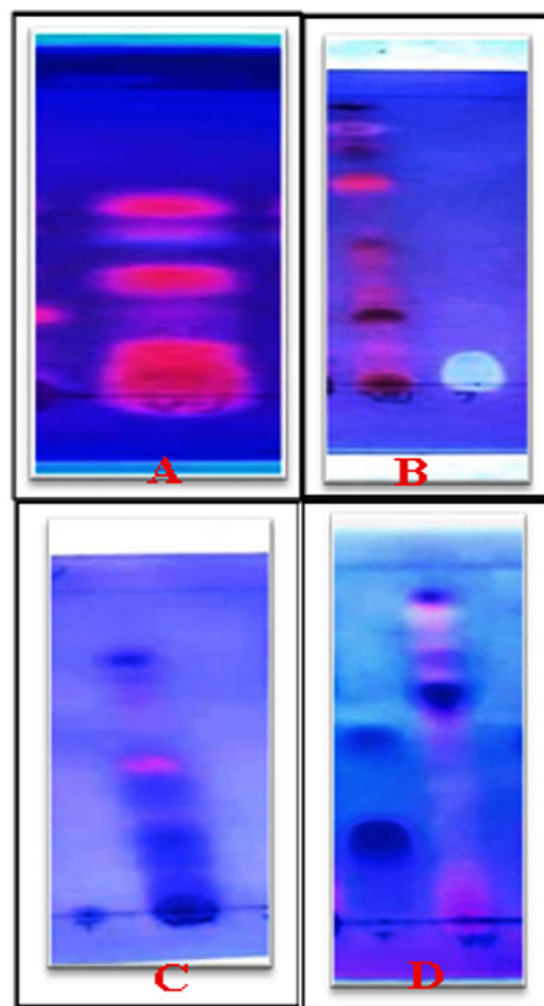


Figure 15: Analyse par CCM des extraits de *Vigna unguiculata*: Flavonoïdes (Figure 15A); Terpènes (Figure 15B); Alcaloïdes (Figure 15C) et Anthocyanes (Figure 15D)

Dosage des Phytomarqueurs

Le tableau 3 présente la teneur en métabolites secondaires.

Il ressort de ces résultats que les feuilles de *Vigna unguiculata* présentent une teneur en polyphénols totaux de 291 mg EAG/g d'extrait organiques et 323 mg EAG/g pour l'extrait aqueux; en flavonoïdes 16,5 mg EA/g d'extrait organiques et 21,4 mg EA/g pour l'extrait aqueux; en Tanin 30,2 mg EC/g d'extrait organiques et 18,1 mg EC/g pour l'extrait aqueux et en anthocyanes de 0,24 % d'extrait organiques et 0,93% pour l'extrait aqueux. La présence de ces métabolites secondaires confirme l'utilisation des feuilles en médecine traditionnelle. En effet, les composés phénoliques à savoir les anthocyanes et les flavonoïdes sont doués des propriétés anti drépanocytaires (Mpiana *et al.*, 2008; Gbolo *et al.*, 2022).

Tableau 3: Valeurs des teneurs de métabolites secondaires des extraits de feuilles de *Vigna unguiculata*

Composé phénoliques	Teneur	
	Extraits organiques	Extraits aqueux
Polyphénols totaux (mgEAG/100gMs)	291 ± 0,207	323 ± 1,216
Flavonoïdes (mgEA/100gMs)	16,6 ± 0,023	21,4 ± 0,0237
Tanins (mgEC/100gMs)	30,2 ± 0,003	18,1 ± 0,023
Anthocyanes (%)	0,239 ± 0,005	0,93 ± 0,00070

Dosage des minéraux

Le tableau 4 présente le résultat de teneur des éléments minéraux des extraits de feuilles de *Vigna unguiculata*.

Il ressort des résultats de ce tableau que les feuilles de *Vigna unguiculata* contiennent des teneurs élevées en fer, sodium et phosphore respectivement 166 mg/100gMs; 165 mg/100gMs et 104 mg/100gMs. Kitadi *et al.*, (2020) ont réalisé le travail sur *Vigna unguiculata* et ont trouvé des teneurs très élevées par rapport à ce travail concernant les éléments minéraux suivants: $Mg^{2+}=1937$ mg/100gMS; $P=1334$ mg/100gMS; $Ca^{2+}=15865$ mg/100gMS et $Na^{+}=1301$ mg/100gMS. Cependant, nous avons observés une teneur élevée de Fe de 165,9 mg/100gMS pour ce présent travail par rapport au travail de Kitadi *et al.*, (2020) qui est de Fe =128,2 mg/100gMS.

Tableau 4: Teneur des éléments minéraux des extraits de feuilles de *Vigna unguiculata* par 100g de matières sèche

Échantillon	Concentration (mg/ 100MS)				
	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Fe	P
<i>Vigna</i>	21,0 ± 0,277	28,9 ± 0,03	165 ± 0,48	166 ± 0,39	104 ± 1,94

Synthèse et caractérisation des nano composites

La figure 16 donne le spectre d'absorption UV-visible des nano composites Ag-CuO.

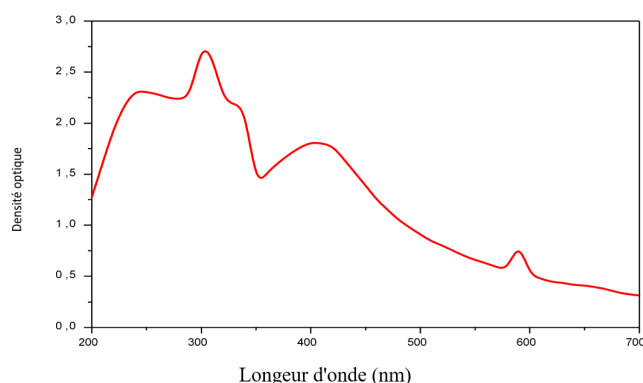


Figure 16: Donne le spectre d'absorption UV-visible des nano composites Ag-CuO

Il s'agit d'un spectre qui est généralement observé lors de la caractérisation dans l'UV (NPCuO) et dans le visible (NPAg et NPCu₂O). Comme on peut le voir, ce spectre présente un maximum dans le visible notamment entre 400 et 600 nm. Le pic d'absorption plasmonique a été observé à 600 nm. Ce pic est dû à l'oscillation collective des électrons des nanoparticules appelée plasmon de surface. Il est important de noter que la position de ce pic dépend de la taille et de la forme des nanoparticules, avec des particules plus petites ayant un pic à des longueurs d'onde plus courtes.

Tableau 5: Cristaux de molécules organiques présents

Ref. Code	Score	Nom du composé	Formule chimique	Facteur d'échelle
00-029-1937	28	Tetramethyl ammonium selenium oxide fluoride	C ₄ H ₁₂ F N O ₂ Se	1,369
00-035-1935	25	Iron tris (isopropoxide)	C ₉ H ₂₁ Fe O ₃	2,485
00-049-2135	28	Silver bis (3, 4, 5trimethylpyrazole) nitrate	C ₁₂ H ₂₀ Ag N ₅ O ₃	2,751
00-032-0331	20	Copper Formate	C ₂ H ₂ Cu O ₄	4,515
00-021-0838	13	Calcium Oxalate	C ₂ Ca O ₄	0,636
00-022-1335	11	Silver Oxalate	C ₂ Ag ₂ O ₄	0,701

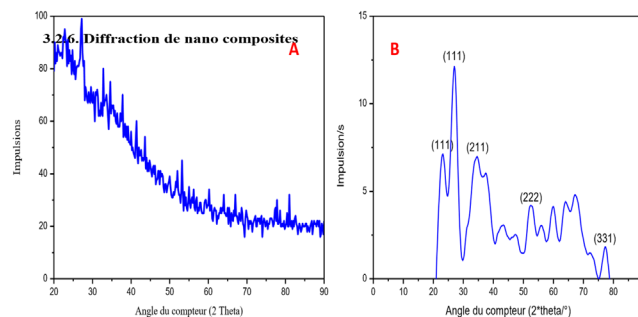


Figure 17: Diffractogramme des nanomatériaux à base de *Vigna unguiculata*

Diffraction de nano composites

La structure cristalline des nanoparticules synthétisées peut être déterminée par diffraction des rayons X (DRX), en confirmant les pics caractéristiques du spectre DRX correspondant aux structures cristallines cubiques à faces centrées de l'argent et du cuivre métalliques (Warren, 1990). Le diagramme DRX révèle cinq pics distincts à des angles de 23,4°, 27°, 35,1°, 53,2° et 78°, correspondant respectivement aux plans de diffraction (111), (111), (211), (222) et (311). Ces indices de Miller indiquent tous un système cristallin cubique, décrivant des plans spécifiques qui coupent les axes à des distances égales mais à des angles différents (Cullity et Stock, 2001). Le système cubique se caractérise par des angles droits entre les axes et des arêtes de même longueur, ce qui concorde avec les plans définis par ces indices. La confirmation de la classe cristallographique des nanoparticules repose sur l'analyse des indices de Miller associés aux pics de diffraction, utilisant la méthode d'indice de transmission et d'orientation. L'identification des éléments présents peut également être suggérée par le fait que les pics à 23,4° et 27° présentent les mêmes indices de Miller, indiquant un mélange hétérogène (Scardi et Leoni, 2014). Les distances interplanaires calculées sont proches de celles du cuivre pur selon le fichier ASTM, bien qu'une confirmation par spectroscopie de fluorescence X soit nécessaire. Il convient de noter que les nanoparticules de cuivre et d'argent peuvent cristalliser dans différents systèmes cristallins selon leur taille, leur forme et les conditions de croissance (Mettemeijer et Welzel, 2012). En général, le cuivre adopte un système cubique à faces centrées, tandis que l'argent peut cristalliser soit dans un système cubique à faces centrées, soit dans un système cubique à corps centré. À l'échelle nanométrique, toutefois, la structure cristalline peut être modifiée par des facteurs tels que la taille des nanoparticules, la présence d'agents stabilisants et les conditions de synthèse, ce qui peut entraîner l'apparition de structures métastables ou différentes (Young, 1993).

Les résultats de la diffraction des rayons X indiquent également la formation de cristaux de molécules organiques (Tableau 5). La synthèse biogénique de nanoparticules métalliques, utilisant des plantes médicinales comme agents réducteurs, constitue une méthode innovante et respectueuse de l'environnement. Les composés bioactifs contenus dans les extraits de plantes réduisent les sels métalliques en nanoparticules, offrant ainsi une approche douce et écologique pour leur production. La résonance plasmonique de surface (spectroscopie UV-visible) permet de caractériser ces nanoparticules, en analysant leurs propriétés optiques et leur taille. Ces nanoparticules peuvent ensuite être exploitées dans diverses applications, telles que des agents antimicrobiens, des agents de contraste pour l'imagerie médicale ou des composants pour des capteurs biosensibles. Cette stratégie présente des avantages considérables en termes de durabilité et de réduction des déchets chimiques, tout en tirant parti des propriétés biologiques des plantes médicinales pour produire des nanoparticules métalliques aux multiples applications (Giannuzzi et Stevie, 2008).

Activités biologiques

Test anti-inflammatoire

Le tableau 6 présente les teneurs de l'activité anti-inflammatoire des extraits de *Vigna unguiculata*.

Tableau 6: Valeurs des teneurs de l'activité anti-inflammatoire des extraits de *Vigna unguiculata*

C (mg/ml)	Activités anti-inflammatoires (%)		
	Aqueux	Organique	Diclofenac
13	61,5 ± 0,09	96,9 ± 0,06	90,2 ± 0,1
19	69,0 ± 0,75	97,5 ± 0,12	97,7 ± 0,2
25	71,4 ± 0,30	98,2 ± 0,07	99,6 ± 0,3

Il ressort de ces résultats que l'extrait aqueux a présenté une teneur de 71,4 et l'extrait organique de 98,2 pour la plus forte concentration. Nous pouvons remarquer que l'extrait organique des feuilles de *Vigna unguiculata* a montré une meilleure teneur par rapport aux extraits aqueux exprimée en pourcentage (%). Dans le cas particulier du stress oxydatif, l'organisme considère les radicaux libres excessifs comme des agents pathogènes (responsables de l'hyperplasie initiale des vaisseaux sanguins) et déclenche une réponse inflammatoire pour la tenter de les éliminer (Masengo, 2021).

Test antioxydant

Le tableau 7 présente les teneurs de l'activité antioxydante par la méthode de réduction de fer (FRAP) de *Vigna unguiculata*.

Tableau 7: Valeurs des teneurs de l'activité antioxydant par la méthode de réduction de fer (FRAP) des extraits de *Vigna unguiculata*

Extraits	FRAP (%)
Aqueux	73,3 ± 3,092
Organiques	74,0 ± 0,093

Il ressort de ce tableau que les deux extraits sont bioactifs (FRAP ≥ 73%). Les études menées par Ngene *et al.*, 2015 sur l'importance dans la pharmacopée traditionnelle des plantes à flavonoïdes vendues dans les marchés de Douala, ont montré que les plantes à flavonoïdes sont beaucoup

plus sollicitées dans la médecine traditionnelle par la population. En effet, les flavonoïdes sont de puissants antioxydants, car ils permettent le piégeage direct des EOR (Espèces oxygénées réactives), l'inhibition des enzymes et la chélation des éléments métalliques responsables de leur production d'EOR. Ce sont de puissants anti radicalaires. Ils inhibent l'oxydation du cholestérol LDL par les radicaux libres, abolissent la tendance des cellules sanguines de petite taille ou plaquettes à se regrouper et à former des caillots sanguins (Ngene *et al.*, 2015; Perumal et Becker (2007). Appuient nos résultats en déduisant que *Vigna unguiculata* possède une bonne activité antioxydante.

Test d'Emmel

Les figures 18A et 18B présentent les micrographies optiques des drépanocytes non Traités (A: témoin) ainsi que ceux traités avec l'extrait organique de *Vigna unguiculata*. Ces images ont été Les figures 18A et 18B présentent les micrographies optiques des drépanocytes non capturées en conditions d'hypoxie et analysées à l'aide du logiciel Motic Images 2000 version 1.3.

La figure A confirme la présence de sang SS, avec de nombreux érythrocytes falciformes observables, une forme en faucille due à l'hypoxie induite par l'ajout de méta bisulfite de sodium à 2 %. En revanche, la figure B montre que, en présence d'extrait organique de *Vigna unguiculata* les drépanocytes retrouvent une forme normale malgré la présence de méta bisulfite de sodium à 2 %. Cette normalisation des érythrocytes SS en conditions hypoxiques apporte une preuve expérimentale partielle à l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle congolaise pour traiter la drépanocytose. Elle se traduit par le retour à la forme circulaire des drépanocytes, ces résultats sont conformes à ceux précédemment observé par d'autres auteurs (Kambale *et al.*, 2013; Kitadi *et al.*, 2020; Gbolo *et al.*, 2022; Djolu *et al.*, 2023; Masengo *et al.*, 2023).

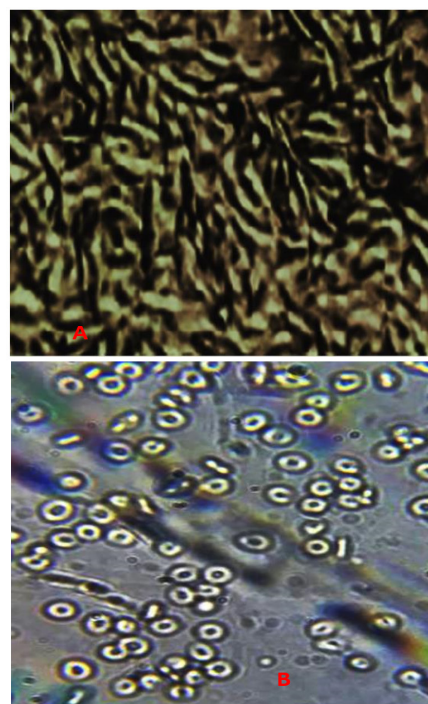


Figure 18: Micrographie optique des érythrocytes du sang SS non traité (témoin) et traité avec l'extrait organique de *Vigna unguiculata* (B: 500 µg/mL) [NaCl 0,9 %, Na₂S₂O₅ 2 %, grossissement: 500x]

Test de cytotoxicité

Test de cytotoxicité qualitative

Le résultat d'évaluation de l'activité de cytotoxicité qualitative réalisés avec la drogue à base de *Vigna unguiculata* sont repris dans la figure 19.

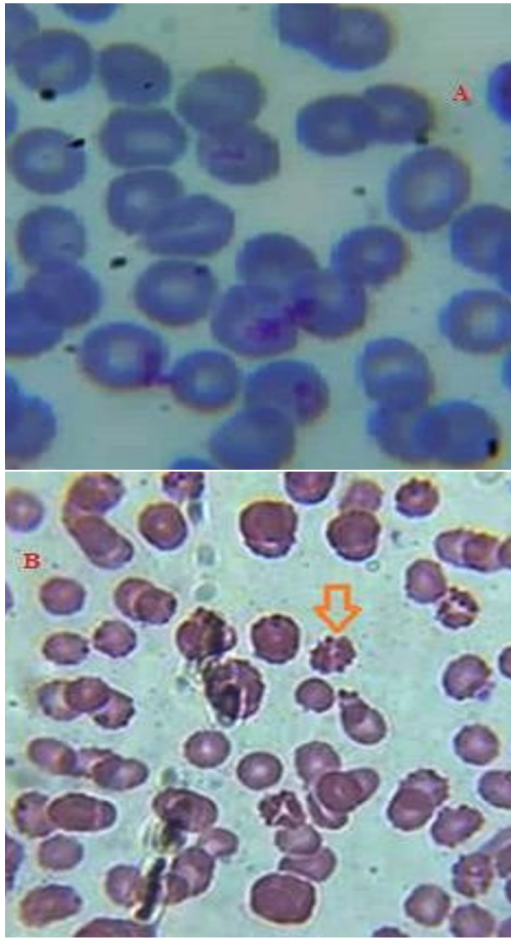


Figure 19: Erythrocytes normaux sans drogue (a) et effet de la drogue sur les érythrocytes(b)

Il ressort de cette figure que l'extrait des feuilles de *Vigna unguiculata* n'est pas cytotoxique comme l'indique le phénotype des érythrocytes avec une morphologie caractéristique.

Test de cytotoxicité quantitative

Le résultat du test de cytotoxicité quantitative de *Vigna unguiculata* est repris dans le tableau 8.

Tableau 8: Cytotoxicité quantitative de *Vigna unguiculata*

Extrait	Teneur (%)	Valeur normale
NC Cu-Ag <i>Vigna unguiculata</i>	20,4 ± 0,04	≤ 50

Le résultat de la cytotoxicité quantitative des nano composites (Cu-Ag) de *Vigna unguiculata* a montré une valeur de toxicité *in vitro* exprimée en pourcentage (%) de l'ordre 20,4. Ces résultats montrent que les nano composites ne sont pas cytotoxiques puisqu'à 1000 µg/ml, le taux d'hémolyse ≤ 50% (Masengo et al., 2023).

CONCLUSION

Cette étude visait à examiner la composition chimique et les propriétés biologiques des feuilles de *Vigna unguiculata* (Fabaceae) afin d'évaluer leur potentiel thérapeutique. Les analyses ont révélé la présence de polyphénols, flavonoïdes, tanins, anthocyanes ainsi que de minéraux essentiels tels que le magnésium, le calcium, le sodium, le fer et le phosphore. Les extraits se sont montrés efficaces en tant qu'agents anti-inflammatoires, antioxydants et anti-drépanocytaires, sans toxicité détectable, y compris pour les nano composites dérivés de la plante. Ces résultats mettent en évidence le potentiel pharmacologique de *Vigna unguiculata* et son intérêt pour le développement de médicaments à base de plantes. Toutefois, des investigations *in vivo* et cliniques restent nécessaires pour confirmer ces effets et comprendre les mécanismes moléculaires sous-jacents, tandis que l'optimisation des nano composites et leur formulation pharmaceutique représentent des perspectives importantes pour la valorisation future de cette plante médicinale.

RÉFÉRENCES

- Aggoune F., Ahmed B. (2019). Synthèse et valorisation dans le domaine médical des nanocomposites de «Ag-TiO₂». Thèse de doctorat, Université Saad Dahlab-Blida 1.
- Dibong S.D., Mpondo E., Ngoye A., Kwin M.F., Betti J.L. (2011). Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales vendues sur les marchés de Douala, Cameroun. *Journal of Applied biosciences*, 37: 2496-2507.
- Cullity B.D., Stock S.R. (2001). Elements of X-ray diffraction. Prentice Hall.
- Djolu R., Masengo A., Ngbolua K., Mawunu M., Iteku B., Tshilanda D., Tshilanda D., Mpiana P., Mudogo V. (2021). Ethnobotanical study and vulnerability of *Uvariadendron molundense* (Annonaceae) in Gbado-Lite city (Ubangi ecoregion), Democratic Republic of the Congo. *Journal of Botanical Research*, 3: 41-48.
- Djolu R., Ngbolua K., Iteku J., Masengo C., Tshilanda D., Mpiana P. (2023). Profil phytochimique, pharmaco-biologique et cytotoxique des feuilles de *Uvariadendron molundense* (Annonaceae). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9: 224-235.
- Gbolo Z., Ciala N., Ngbolua K., Tshibangu D., Tshilanda D., Memvanga B., Mpiana P. (2022). Profilage phytochimique par chromatographie sur couche mince haute performance d'extraits de flavonoïdes totaux du Drepanolpha® et évaluation de leur activité anti drépanocytaire *in vitro*. *Annales Africaines de Médecine*, 16: e4882-e4898.
- Gulçin I., Oktay M., Kufrevioglu O.I., Aslan A. (2003). Détermination des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de *Rumex crispus* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4083-4089.
- Giannuzzi L.A., Stevie F.A. (2008). Introduction to focused ion beams: instrumentation, theory, techniques and practice. Springer and Business Media.
- Kambala J., Ngbolua K., Mpiana P., Mudogo V., Tshibangu D., Wumba D., Mvumbi L., Kalala L., Mesia K., Ekutsu E. (2013). Évaluation *in vitro* de l'activité antifalcémiant et effet antioxydant des extraits d'*Uapaca heudelotii* Bail. (Euphorbiaceae). *International journal of biological and Chemical Sciences*, 7: 523-534.
- Kitadi J., Mazasa P., Sha-Tshibey T., Kasali M., Tshibangu D., Ngbolua K., Mpiana P. (2020). Ethnopharmacological survey and antischistosomal activity of plants used in the management of sickle cell disease in Kikwit city, DR Congo. *Evidence-Based complementary and Alternative Medicine*, 1-10.

- Kumari K.D., Weerakoon T.C., Handunnetti S.M. (2014). Activité anti-inflammatoire des extraits des feuilles sèches d'*Aegle marmelos* chez les rats Wistar. *J. Ethnopharmacologie*, 151:1202-8.
- Khatab R.Y., Arntfield S.D., Nyachotica C.M. (2009). Nutrition quality of legume seeds as affected by some physical treatment: part 1: protein quality evaluation. *LWT-Food Science and Technology*, 42:1107-1112.
- Masengo C., Ngbolua K., Omalanga J., Inkoto C., Mpiana P., Mudogo V. (2023). Profil chromatographique et activité anti-falcémiant, anti-inflammatoire, anti-oxydante et cytotoxiques des feuilles de *Ficus exasperata*. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11:485-494.
- Masengo C., Bongo G., Robijaona B., Ilumbe G., Ngbolua K., Mpiana P. (2021). Etude Ethnobotanique quantitative et valeur socioculturelle de *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae) à Kinshasa, République Démographique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9:93-101.
- Mongeke M., Ngbolua K., Bakola R., Inkoto C., Elikandani P., Mouli C. (2018). Enquête sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle par les Bambenga: pygmées du secteur de Dongo en République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6, 469-475.
- Mpiana P.T., Mudogo V., Tshibangu D.S., Kitwa E.K., Kanganila A.B., Lumbu J.B., Ngbolua K.N., Atibu E.K., Kakule M.K. (2008). Antisickling activity of anthocyanins from *Bombax pentadrum*, *Ficus capensis* and *Ziziphus mucronata*: photodegradation effect. *J. Ethnopharmacol.*, 120: 413-418.
- Mulwele F.N., Ngbolua K.N., Yang B.D.-M.M., Mpiana P.T. (2016). Ethno-botanical and ecological studies of plant species used in the treatment of sterility in Kenge city and its surroundings (province of Kwango, Democratic Republic of the Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 26:600-611.
- Mittemeijer E.J., Welzel U. (2012). Modern diffraction methods. John Wiley and Sons.
- Ngbolua K.N., Mandjo B.L., Munsebi J.M., Masengo C.A., Lengbiye E.M., Asambo L.S., Konda R.K., Dianzuangani D.L., Ilumbe M., Nzudjom A.B., Kadimanche M., Mpiana P.T. (2016). Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le District de la Lukunga à Kinshasa (R.D du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 26: 612-633.
- Ngbolua N.K. (2012). Evaluation de l'activité antirépanocytose de quelques taxons végétaux de la R.D-congo et de Madagascar. Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa.
- Ngbolua K.N., Tshilanda D., Djolu R., Falanga C., Masengo C., Tshibangu D., Iteku J., Mudogo V., Mpiana P. (2017). Effets inhibiteurs bactériens et anti-anémie falciforme de *Uvariadendron molundense* (Diels) R.E.Fr. (Annonaceae) du bassin de la rivière Ubangi, RD Congo. *Journal of Biosciences and Medicines*, 5: 71-84.
- Ngene J.-P., Ngoule C., Pouka K., Mvogo O., Ndjib R., Dibong S., Mpondo M. (2015). Importance dans la pharmacopée traditionnelle des plantes à flavonoïdes vendues dans les marchés de Douala est (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 88: 8194-8210.
- Perumal S., Becker K. (2007). Les activités antioxydantes et anti-radicalaires des extraits de graines de niébé transformés (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Chimie alimentaire*, 101:10-19.
- Scardi P., Leoni M. (Eds) (2014). Quantitative determination of crystalline phases by X-ray diffraction. Springer.
- Wagner H., Bladt S., Zgainski E.M. (1984). Plant Drug-wagner, Analysis Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 322 pages.
- Warren B.E. (1990). X-ray Diffraction. Courier Corporation.
- Yildirim A., Mavi A., Kara A. (2001). Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 49 4083-4089.
- Young R.A. (1993). The Rietveld method. Oxford University Press.