



Teneurs en coumarines du fourrage de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. en fonction de sa provenance au Burkina Faso

Maligbéli GHANKOBA^{1*}, Sibiri SOULAMA², Issa KARAMA¹ et
Martin KIENDREBEOGO¹

¹ Laboratoire de Biochimie et Chimie Appliquées (LABIOCA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

² Département Environnement et Forêts, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, 03 BP 476 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

* Auteurs correspondant ; E-mail : moisghankoba@gmail.com, Téléphone : +226 71871730

Received: 01-11-2023

Accepted: 20-01-2024

Published: 29-02-2024

RESUME

Le fourrage de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. contribue à l'alimentation du bétail au Burkina Faso. Toutefois, il y a peu d'études sur ses métabolites secondaires aux effets à controverse. Le travail a consisté à déterminer les teneurs en coumarines du fourrage de *Khaya senegalensis* selon sa provenance. A cet effet, des feuilles matures et des jeunes rameaux ont été collectés de dix pieds dont cinq à Dionouna (site 1) et cinq au parc Bangr-weogo (site 2). Les méthodes standard ont servi à la caractérisation des coumarines dans ces organes et à leur localisation dans les feuilles. Le dosage des coumarines a été faite par spectrométrie. Les coumarines ont été détectées dans les feuilles et dans les rameaux puis localisées principalement dans les parenchymes cortical et médullaire de la foliole. Les teneurs en coumarines des feuilles et des rameaux du site 1 ont été comprises entre $19,25 \pm 4,85$ et $44,60 \pm 12,83$ $\mu\text{g EC}/100$ mg. Celles du site 2 ont varié entre $16,45 \pm 11,17$ à $27,99 \pm 11,27$ $\mu\text{g EC}/100$ mg. Elles étaient toutes statistiquement similaires indépendamment de l'origine des échantillons. Cependant, ces teneurs élevées de coumarines dans le fourrage de *K. senegalensis* constituent une limite à sa distribution exclusive aux ruminants.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Coumarin content of *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. depending on its origin in Burkina Faso

ABSTRACT

Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss. fodder contributes to livestock feed in Burkina Faso. However, there are few studies on its secondary metabolites with controversial effects. The work consisted in determining the coumarin content of *Khaya senegalensis* fodder according to its origin. To this end, mature leaves and young twigs were collected from ten feet, including five at Dionouna (site 1) and five at Bangr-weogo park (site 2). Standard methods were used for the characterization of coumarins in these organs and their localization in the leaves. The dosage of coumarins was made by spectrometry. Coumarins were detected in the leaves and in the twigs and then localized mainly in the cortical and medullary parenchyma of the leaflet. The coumarin contents of the leaves and twigs of site 1 were between 19.25 ± 4.85 and 44.60 ± 12.83 $\mu\text{g EC}/100$ mg. Those of site 2 varied between 16.45 ± 11.17 to 27.99 ± 11.27 $\mu\text{g EC}/100$ mg. They were all statistically similar regardless of

the origin of the samples. However, these high levels of coumarins in the forage of *K. senegalensis* constitute a limit to its exclusive distribution to ruminants.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Khaya senegalensis*, livestock feed, coumarins, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Au Burkina Faso comme dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, les actions anthropiques et les effets du changement climatique impactent négativement les pâturages et les cultures fourragères qui fournissent l'essentiel de l'alimentation du bétail (Bazin et al., 2013). Ainsi, les pâturages s'appauvrissent au fil des années face au recul drastique des herbacées fourragères pérennes de bonne qualité au profit de celles de faibles valeurs nutritives (Soulama, 2018). En saison sèche, la paille des herbacées sur les pâturages ne couvre pas les besoins alimentaires et nutritifs du bétail. Par conséquent, les éleveurs font recours au fourrage des ligneux notamment *Khaya senegalensis* de la famille des Meliaceae (Soulama, 2018). Nantoumé et al. (2014) et Sèwadé et al. (2016) relèvent que les organes aériens (feuilles, jeunes rameaux et fruits) de *K. senegalensis* constituent un bon fourrage.

D'autres auteurs (Soulama et al., 2013; Osman et al., 2018) notent la richesse des fourrages des ligneux en métabolites secondaires comme les polyphénols et les coumarines. De plus, Hashem et al. (2020) ont mis en exergue les fonctions reproductrices des polyphénols à travers leurs actions modulatrices sur les neurohormones (hormone de libération des gonadotrophines, GnRH et ocytocine), des gonadotrophines (hormone lutéinisante ou LH et hormone folliculo-stimulante ou FSH). Kahouli et al. (2020) ont souligné que les coumarines consommées par les ruminants, en faibles proportions et en association avec les flavonoïdes, améliorent la fermentation ruménale et réduisent la méthanogenèse et l'ammoniogenèse. Ils ont rapporté également que ces composés exercent chez les femelles des effets oestrogéniques sur le système nerveux central et sur le système reproducteur pour induire l'œstrus et stimuler la croissance du tractus génital et des glandes

mammaires. Les coumarines (simples ou prénylées) ont des propriétés toniques (Hu et Piller, 2017).

Par contre, les coumarines consommées en grande quantité sont susceptibles de provoquer une intoxication alimentaire chez les animaux. Elles sont toxiques chez les souris et les chiens à des doses respectivement supérieures ou égales à 200 mg par kg de poids corporel (/kg.p.c.) et 25 mg/kg.p.c (Hu et Piller, 2017).

Cependant, peu d'études sont menées sur les teneurs des différents facteurs antinutritionnels du fourrage de *K. senegalensis* en fonction des différentes zones climatiques du Burkina Faso. C'est dans ce cadre que la présente étude sur les teneurs en coumarines des feuilles et rameaux de *Khaya senegalensis* a été conduite à partir des échantillons prélevés à Dionouna et dans le parc urbain de Bangr-weogo afin de contribuer à l'approfondissement des connaissances sur la teneur en coumarines de ce fourrage.

MATERIEL ET METHODES

Sites d'étude

Les échantillons de fourrage de *K. senegalensis* ont été collectés sur le site 1 (Dionouna) et le site 2 (le parc urbain de Bangr-weogo). Le premier site est situé entre 10°30'10''N et 4°53'09''O, dans la province de la Comoé localisée dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Il a enregistré de 1980 à 2009 des cumuls pluviométriques annuels variant entre 702,4 et 1487,1 mm et une température moyenne annuelle de 27,7°C (Gnoumou et al., 2020). Le second site qui est compris entre 12°24'29.268''N et 1°30'27.072'' O relève de la zone nord-soudanienne. La pluviométrie annuelle dans cette zone climatique oscille entre 600 et 700 mm et la température moyenne annuelle est de 29,6°C.

Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de feuilles matures et de rameaux de *K. senegalensis* (Figure 1). La feuille est paripennée parfois imparipennée avec 6 à 12 paires de folioles opposées ou alternes, elliptiques ou oblongues à sommet obtus (Nacoulma, 1996). Les folioles mesurent 7 à 12 cm de long et 4 à 5 cm de large (Arbonnier, 2002). Les feuilles sont glabres et groupées aux extrémités des rameaux. Notre étude a porté sur les feuilles mature du fait que celles-ci sont plus riches en métabolites secondaires selon Calatayud et al. (2013). Les rameaux prélevés ont un diamètre moyen de 0,2 centimètre (cm).

Méthodes

Collecte des feuilles et rameaux de *K. senegalensis*.

Les feuilles et les rameaux utilisés provenaient de dix (10) pieds de *K. senegalensis* aléatoirement choisis dont cinq pieds du site 1 et cinq pieds du site 2. Des jeunes feuilles de cette même espèce en provenance du site 1 ont été utilisées par Soulama et al. (2014 ; 2013) pour doser leurs teneurs en tanins et coumarines. Dans la présente étude, des échantillons des feuilles matures et des rameaux ont été collectés aux mois de septembre, d'octobre et de novembre. Ils ont été emballés dans des sacs en jute mouillés et acheminés au Laboratoire de Biochimie et Chimie Appliquée (LaBioCA) de l'Université Joseph Ki-ZERBO.

Localisation des coumarines dans les tissus foliaires

Plusieurs coupes minces histochimiques ont été réalisées au niveau des nervures principales des folioles. A l'instar de Alilou et al. (2014) et de Cissé et al. (2019), la méthode standard consistant à utiliser la solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) à 10% a servi à la fois à révéler et localiser les coumarines dans les tissus foliaires. De cette méthode, la coloration jaune-verdâtre qui apparaît au contact des tissus avec du NH_4OH révèle la présence des coumarines dans ces derniers.

Extraction des coumarines des feuilles et rameaux

Des échantillons de feuilles matures et de rameaux ont été broyés séparément dans un mortier à aluminium. La poudre obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamis aux mailles de 1,28 mm afin d'homogénéiser la granulométrie. La poudre tamisée a servi à l'extraction des coumarines suivant la méthode de Tahou (2016). A cet effet, une masse de 2 grammes (g) de chaque poudre a été macérée dans 20 millilitres (mL) de méthanol 96% pendant 24 heures sous agitation mécanique à la température ambiante. Les extraits obtenus après filtration et centrifugation (2000 tours pendant cinq minutes) ont été concentrés à la température ambiante. Après évaporation du méthanol les extraits ont été séchés à l'étuve à 50°C. Une solution mère a été préparée en dissolvant cinq (5) milligrammes du résidu sec dans 500 μL d'éthanol. Cette solution mère a été diluée deux fois pour les tests de caractérisation et quatre fois pour le dosage.

Test de caractérisation en tubes

La méthode de Ciulei (1982) a été utilisée pour la détection des coumarines. Pour ce faire 0,5 mL de solution de NH_4OH à 10% a été ajouté à 1 mL de l'extrait (2,5 mg/mL) préalablement dilué avec l'eau distillée. Une solution de coumarines, à 0,5 mg/mL, a été utilisée comme témoin positif. Il est apparu une fluorescence bleue ou verte à la lampe UV à la longueur d'onde de 365 nm indiquant la présence des coumarines. Cette méthode a été utilisée par d'autres auteurs ; Ouattara (2014), Cissé et al. (2019).

Dosage des coumarines

Les teneurs en coumarines ont été déterminées suivant la méthode décrite par Malik et al. (2016). Une courbe d'étalonnage a été réalisée à partir des dilutions d'une solution mère de coumarines (100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, dans du méthanol titré à 80%). La lecture de la densité optique (DO) a été effectuée à la longueur d'onde de 290 nm. Les teneurs ont été exprimées en microgramme Equivalent Coumarines par 100 mg ($\mu\text{g EC}/100 \text{ mg}$) d'extraits secs convertibles en mg/mL.

Analyse statistique

Le test de Tukey a été utilisé pour analyser et comparer les différentes teneurs.

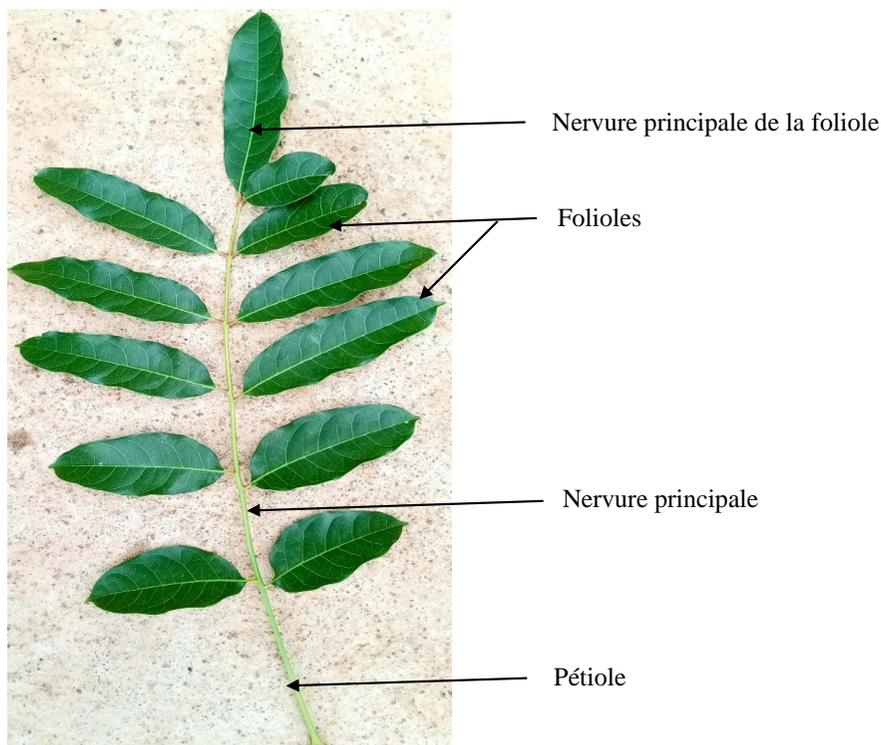


Figure 1: Feuille de *K. Senegalensis* (Desr) A. Juss.

RESULTATS

Histochimie

Les coumarines ont été détectées dans les feuilles mûres et dans les rameaux de *K. senegalensis*. De plus, elles ont été, sur la base de la coloration jaune-verdâtre, localisées essentiellement dans les parenchymes cortical et médullaire de la feuille.

Teneurs des coumarines dans les feuilles et rameaux

Les teneurs des coumarines contenues dans les extraits des feuilles provenant du site 1 ont varié entre $25,98 \pm 16,38$ et $45,16 \pm 6,42$ $\mu\text{g EC}/100$ mg contre $18,22 \pm 3,74$ à $22,75 \pm 14,40$ $42 \mu\text{g EC}/100$ mg trouvés dans les feuilles collectées sur le site 2. Les teneurs en coumarines des 10 pieds sont consignés dans le tableau 1.

Il ressort également de ce tableau que les teneurs en coumarines des rameaux issus des sites 1 et 2 ont été comprises

respectivement entre $19,25 \pm 4,85$ et $44,60 \pm 12,83$ $\mu\text{g EC}/100$ mg, $16,45 \pm 11,17$ à $27,99 \pm 11,27$ $\mu\text{g EC}/100$ mg. Ainsi, les teneurs moyennes en coumarines des feuilles et des rameaux du site 1 ont été évaluées respectivement à $35,58$ [$25,98 - 45,16$] et $31,93$ [$19,25 - 44,60$] $\mu\text{g EC}/100$ mg contre celles respectives $20,46$ [$18,22 - 22,75$] et $21,54$ [$16,45 - 27,99$] $\mu\text{g EC}/100$ mg des feuilles et des rameaux du site 2.

Toutefois, l'analyse des variances (ANOVA) par le test de Tukey au seuil (α) de 5% indique que les teneurs en coumarines des feuilles du site 1 étaient similaires à celles du site 2 avec $P = 0,253$ et $F[9 ; 10,51] = 1,398$. Cette similarité des teneurs en coumarines a été notée également au niveau des rameaux ($P = 0,125$ et $F[9 ; 12] = 1,827$). De plus, le test n'a révélé aucune différence significative entre les teneurs en coumarines des feuilles et celles des rameaux d'un même site.

Tableau 1 : Teneur en coumarine.

Teneur en coumarines ($\mu\text{g EC}/100\text{mg}$) dans des organes		
Individus	Feuilles	Rameaux
PA1	29,88 \pm 18,64 ^a	19,25 \pm 4,85 ^a
PA2	30,40 \pm 20,23 ^a	33,03 \pm 13,09 ^a
PA3	25,98 \pm 16,38 ^a	22,41 \pm 12,71 ^a
PA4	33,48 \pm 8,88 ^a	44,60 \pm 12,83 ^a
PA5	45,16 \pm 6,42 ^a	25,92 \pm 3,85 ^a
PB1	19,46 \pm 7,33 ^a	22,38 \pm 2,38 ^a
PB2	21,05 \pm 4,63 ^a	27,99 \pm 11,27 ^a
PB3	19,31 \pm 4,79 ^a	20,16 \pm 16,87 ^a
PB4	22,75 \pm 14,40 ^a	20,43 \pm 7,50 ^a
PB5	18,22 \pm 3,74 ^a	16,45 \pm 11,17 ^a

Légende : PA = pied du site 1 ; PB = pied site 2
Les chiffres 1 à 5 = numéro d'ordre des pieds.

DISCUSSION

Les résultats de nos travaux ont révélé la présence des coumarines dans tous les échantillons de feuilles et de rameaux de *K. senegalensis*. Mais les valeurs des écart-types des teneurs en coumarines étaient élevées. Ces écarts-types pourraient s'expliquer par les intervalles de temps de collecte des échantillons. Ils confirment nos résultats histochimiques sur la présence des coumarines dans les parenchymes des feuilles de *K. senegalensis*. Néanmoins, nos résultats corroborent ceux de Soulama et al. (2013) et Osman et al. (2018) qui rapportent la présence des coumarines respectivement dans les extraits des feuilles et d'écorce de tronc de *K. senegalensis*. Par contre, Osman et al. (2018) et Koudoro et al. (2018) notent l'absence de coumarines respectivement dans les extraits de feuilles et d'écorces du tronc de *K. senegalensis*. Ces résultats contradictoires

pourraient être expliqués en partie par la période de récolte, la nature du sol ou des facteurs climatiques (Daddona et al., 1976; Manolaraki, 2011). Dans la présente étude, la différence climatique existant entre les zones nord-soudanienne et sud-soudanienne semble insuffisante en fin de saison des pluies pour influencer la présence des coumarines dans les feuilles et rameaux de *K. senegalensis*. Par ailleurs, il n'y a pas eu de différence significative entre les teneurs en coumarines des feuilles et des rameaux de *K. senegalensis* provenant des deux sites. Les teneurs moyennes en coumarines des présents travaux semblent être supérieures à celles de 16,750 $\mu\text{gEC}/\text{g}$ obtenues par Soulama et al. (2013) dans les jeunes feuilles de *K. senegalensis*. Ces différences pourraient être liées à l'état de maturité des feuilles. En effet, Calatayud et al. (2013) ont rapporté que les métabolites

secondaires sont plus présents dans les vieilles feuilles que dans les jeunes feuilles.

La similarité observée entre la teneur en coumarines des feuilles et celle des rameaux pourrait s'expliquer par le phénomène de sécrétion constitutive ou inductive des coumarines (Robe et al., 2021). Selon ces auteurs, ce phénomène entraîne l'accumulation simultanée des coumarines dans les feuilles et les rameaux, plus vulnérables aux agressions, afin de repousser les agresseurs de ces organes de *K. senegalensis*. Toutefois, les différentes teneurs trouvées dans les feuilles et rameaux de *K. senegalensis* sont suffisantes pour atteindre la dose létale de 10 mg/kg.p.c obtenue chez le chien et les autres mammifères (EFSA, 2004). Au niveau du bétail, si une unité bétail tropical (UBT), qui correspond à un bovin pesant 250 kg de poids vif et consommant 6,25 kilogrammes de matière sèche d'aliments, ingérait exclusivement du fourrage de *K. senegalensis* par jour la teneur en coumarines s'évaluerait à 112,9 mg de coumarines par kg.p.c. Cette concentration serait 11 fois supérieure à la dose létale de 10 mg/kg.p.c chez les mammifères indiquées par EFSA (2004). Néanmoins, la bonne qualité du fourrage de *K. senegalensis* ne devrait pas être remise en cause s'il est distribué en petite quantité aux ruminants domestiques. En effet, les éleveurs le mettent à la disposition des animaux comme du fourrage d'appoint.

Conclusion

Les coumarines ont été détectées aussi bien dans les feuilles que dans les rameaux de *K. senegalensis*. Elles ont été localisées dans les parenchymes des feuilles. Leurs teneurs ont été statistiquement similaires et de façon indistincte de la zone climatique de provenance. Elles semblent suffisantes pour induire la toxicité chez les ruminants domestiques alimentés exclusivement avec le fourrage de *K. senegalensis*. Dès lors, la nécessité s'impose de déterminer la quantité de fourrage de *K. senegalensis* bénéfique pour les ruminants domestiques. A cet effet, une expérimentation pourrait être conduite avec des ovins afin de déterminer la dose létale chez les ruminants dans les contextes du Burkina Faso.

Par ailleurs, des recherches ultérieures portant sur les activités antioxydantes et sur les teneurs en composés phénoliques (les tanins et flavonoïdes) et en alcaloïdes des feuilles et des rameaux de *K. senegalensis* permettront d'approfondir les connaissances sur la qualité de ce fourrage.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

MG : collecte et analyse des données, plateau technique et rédaction de l'article. SS: orientations, conseils et contributions scientifiques, contribution à la collecte et l'analyse des données, amendements de l'article. IK: amendements de l'article. MK : supervision des travaux, conseils scientifiques.

REMERCIEMENTS

Nos chaleureux remerciements vont à l'endroit :

Du Laboratoire de Biochimie et Chimie Appliquée (LaBioCA) qui a hébergé le plateau technique de ce travail,

Du Centre de Recherche Environnementales Agricole et de Formation (CREAF) qui relève du département l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA).

De Dr COMPAORE Moussa et OUEDRAOGO Vincent pour leur soutien moral et leurs conseils.

REFERENCES

- Alilou H, Bouchaib B, Lalla Mina Idrissi H, Noureddine B. 2014. Screening phytochimique et identification spectroscopique des flavonoïdes d'*Asteriscus graveolens* subsp. odoros. *Afr. Sci.*, **10**(3): 316–328. DOI: 10.4314/AFSCI.V10I3
- Arbonnier M. 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest (2e éd.). Cirad - Mnhn - Uicn : Montpellier.
- Bazin F, Bechir AB, Khamis DD. 2013. Etude prospective : systèmes d'élevage et changements climatiques au Tchad. Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement, Tchad.
- Calatayud PA, Desneux N, Gall PL. 2013. Chapitre 13. Caractéristiques chimiques

- des plantes. Dans, Interactions insectes-plantes, IRD (éd, éd Quae.). Marseille : 217–228.
- Cissé SA, Cisse S, Samake D, Traore N, Sidibe L. 2019. Etudes ethnobotanique et phytochimiques de la poudre végétale de *Chrysanthellum americanum* (L.) vatke (asteraceae). Rev. Malienne Sci. Technol., 0 (22) : 11 - 17.
- Ciulei I. 1982. Practical manuals on the industrial utilization of chemical and aromatic plants. Methodology for analysis of vegetable drugs Ed. ministry of chemical industry. Bucharest : Romania.
- Daddona PE, Wright JL, Hutchinson CR. 1976. Alkaloid catabolism and mobilization in *Catharanthus roseus*. *Phytochemistry*, **15**: 941–945. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)84375-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)84375-7)
- EFSA. 2004. Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to Coumarin. EFSA J. DOI : <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.104>
- Gnomou A, Salfo S, Thiombiano A. 2020. Woody plant communities of Comoe-Leraba reserve : Characterisation and impact of soils on their distribution. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(9) : 3168–3187. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.16>
- Hashem N M, Gonzalez-Bulnes A, Simal-Gandara J. 2020. Polyphenols in Farm Animals: Source of Reproductive Gain or Waste. *Antioxidants*, **9** (10): 1 - 30. DOI : <https://doi.org/10.3390/antiox9101023>
- Hu M, Piller NB. 2017. Strategies for Avoiding Benzopyrone Hepatotoxicity in Lymphedema Management—The Role of Pharmacogenetics, Metabolic Enzyme Gene Identification, and Patient Selection. *Lymphat. Res. Biol.*, **15** (4): 317–323. DOI: <https://doi.org/10.1089/lrb.2017.0020>
- Kahouli A, Kaboul N, Yousfi M, Rekike F. 2020. Les phytobiotiques, une alternative potentielle aux antibiotiques promoteurs de croissance chez les ruminants. *Rev. Agrobiol.*, **10** (1): 1950–1966.
- Koudoro YA, Agbangnan DPC, Bothon D, Bogninou SR, Alitonou GA, Avlessi F, Sohounhloue CKD. 2018. Métabolites secondaires et activités biologiques des extraits de l'écorce de tronc de *Khaya senegalensis*, une plante à usage vétérinaire récoltée au Bénin. *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, **23** (4) : 441–450. DOI: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/9927>
- Malik J, Karan M, Vasisht K. 2016. Attenuating effect of bioactive coumarins from *Convolvulus pluricaulis* on scopolamine-induced amnesia in mice. *Nat. Prod. Res.*, **30** (5) : 578–582. DOI : <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1025398>
- Manolaraki F. 2011. Propriétés anthelminthiques du sainfoin (*Onobrychis viciifoliae*) : Analyse des facteurs de variations et du rôle des composés phénoliques impliqués. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France, p. 185.
- Nacoulma OG. 1996. Plantes médicinales et Pratiques médicales Traditionnelles au Burkina Faso : cas du plateau central. Thèse d'état. Science Nat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, p. 331.
- Nantoumé H, Sidibé S, Cissé S, Cinq-Mars D, Kouriba A, Sanogo A, Olivier A, Bonneville J. 2014. Préférences alimentaires des ovins : appétence des principales espèces de ligneux fourragers au sud-est du Mali. *Livest. Res. Rural Dev.*, **26**(12): 1-7. <http://www.lrrd.org/lrrd26/12/nant26223.htm>.
- Osman AMW, Ayat AAA, Altayeb SE. 2018. Phytochemical Screening, Chemical Composition and Antioxidant Activity of Leaves and Bark Extracts from *Khaya senegalensis*. *Adv. Biochem.*, **6** (4): 32 - 38. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ab.20180604.12>
- Ouattara N. 2014. Phytochimie et potentiel biologique de trois plantes médicinales de la famille des Acanthaceae : *Hygrophila*

- auriculata* (Schumach.) Heine, *Nelsonia canescens* (Lam.) Spreng et *Peristrophe bicalyculata* (Retz.) Nees. Thèse de doctorat, Université Joseph KI – ZERBO, Ouagadougou, p. 155.
- Robe K, Conejero G, Gao F, Lefebvre-Legendre L, Sylvestre-Gonon E, Rofidal V, Hem S, Rouhier N, Barberon M, Hecker A, Gaymard F, Izquierdo E, Dubos C. 2021. Coumarin accumulation and trafficking in *Arabidopsis thaliana*: a complex and dynamic process. *New Phytol.*, **229**: 2062–2079. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.17090>
- Sèwadé C, Azihou AF, Fandohan AB, Houéhanou TD, Houinato. 2016. Diversité, priorité pastorale et de conservation des ligneux fourragers des terres de parcours en zone soudano-guinéenne du Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **20**(2): 113–129. DOI: <https://doi.org/10.25518/1780-4507.12823>
- Soulama S. 2018. Potentialités fourragères dans le contexte de changement climatique dans l'espace agro-sylvo-pastoral de Diarabakoko et de Dionouna (zone sud-soudanienne du Burkina Faso). Thèse de doctorat unique, Université Joseph KI – ZERBO, Ouagadougou, p.324.
- Soulama S, Meda R N, Sanon H O, Boussim J I. 2014. Teneurs en tanins de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso. *Afr. Sci.*, **10**(4): 180-190. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.9>
- Soulama S, Nacoulma OG, Meda RN, Boussim JI, Millogo-Rasolodimby J. 2013. Teneurs en coumarines de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso. *Int J Biol Chem Sci*, **7**(6): 2283-2291. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.9>
- Tahouo SF. 2016. Procédures d'extraction globale des composés phytochimiques pour l'évaluation analytique des médicaments à base de plantes. Thèse d'état. Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, p. 141.