

Rendement et Composition Chimique du Tourteau de *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produit par Pression Mécanique et Hydrodistillation

Ntsoumou M.V.

Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Adzona P.P.

Ndoulou T.M.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Banga Mboko H.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p175](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p175)

Submitted: 28 August 2023

Accepted: 28 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ntsoumou M.V., Adzona P.P., Ndoulou T.M. & Banga M.H. (2023). *Rendement et Composition Chimique du Tourteau de Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produit par Pression Mécanique et Hydrodistillation. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 175. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p175>

Résumé

Les tourteaux, principales sources de protéines végétales, sont les sous-produits de l'usinage des graines traitées pour en extraire l'huile selon les techniques de pressage à chaud et d'extraction par les solvants. L'objectif de ce travail était de produire le tourteau de *Tetracarpidium conophorum* et évaluer son rendement et sa composition chimique par deux techniques de

production : la presse mécanique et la méthode d'hydrodistillation. Le rendement du tourteau à partir du broyat a été de : 73,63% et 72,50% respectivement pour la presse mécanique et l'hydrodistillation. ($P > 0,05$). Quant à la composition physico-chimique du tourteau, les différences significatives ont été observées ($p < 0,05$) en faveur de la méthode par presse mécanique notamment sur la MS (91,10% contre 97,63%) ; lipides (10,78% contre 14,46%) ; protéines brutes (24,63% contre 43,75%) ; calcium (1,94% contre 3,17%) ; phosphore (0,46% contre 0,85%). La faible composition chimique du tourteau en protéines brutes du tourteau produit par hydrodistillation par rapport à celle du tourteau produit par pression mécanique suscite la maîtrise de la température de l'eau.

Mots-clés: Protéines brutes, minéraux, production, noix de kaso, délipidation, distillation, pressage

Yield and Chemical Composition of Oil cake of Tetradicarpidium conophorum (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produced by Pressure in Cold and Hydrodistillation

Ntsoumou M.V.

Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Adzona P.P.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Ndoulou T.M.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Banga Mboko H.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Abstract

Oil cakes are by-products of seeds treated to extract oil by using many ways. The objective of the present study was to produce the oil cake of *Tetradicarpidium conophorum* and to evaluate its yield and their chemical composition by two techniques of production mainly the pressure in cold and the hydrodistillation methods. There was no significant difference in yield in both techniques used. ($P > 0,05$). Whereas, chemical composition was significantly higher in oil cake produced by using pressure in cold than by hydrodistillation mainly ($p < 0,05$) the DM (91,10% versus 63%); lipids (10,78% vs 14,46%); crude proteins (24,63% vs 43,75%); calcium (1,94% vs 3,17%); phosphorus (0,46% vs 0,85%). The lower chemical composition of the crude protein oil cake produced by hydrodistillation compared to that of the oil cake produced by cold pressures may be due to the uncontrolled temperature of the water during the process of delipidation.

Keywords: Rough proteins, macro elements, output, kaso, delipidation, distillation, pressing

Introduction

Les tourteaux sont les résidus de l'usinage des graines d'oléagineux. Ils sont, obtenus par un procédé d'extraction d'huile appelé trituration au cours duquel les graines sont broyées et pressées à chaud ou par les solvants, laissant alors un coproduit appelé tourteaux d'oléagineux (Nys, 2001 ; Sonaiya et Guéye, 2010). Les tourteaux ne contiennent qu'une très faible teneur en matières grasses résiduelles variable suivant la technique de délipidation appliquée, mais sont concentrés en d'autres nutriments notamment en protéines brutes faisant d'eux les principaux ingrédients protéiques pour l'alimentation animale dans le monde.

La production mondiale en tourteaux en 2009 était estimée à environ 270 millions de tonnes et dont les tourteaux de colza, de tournesol, d'arachide et surtout de soja demeurent les sources protéiques les plus utilisées respectivement soit 12,4 ; 6,9 ; 5,3 et 2,8 et 69 % d'utilisation (Foster et al., 2009). Récemment, plus de 20 millions de tonnes de tourteaux d'oléagineux sont produits chaque année par les pays de l'Union Européenne et dont le tourteau de soja, de colza et de tournesol représente 94% de la production totale, avec la France, premier consommateur en termes d'élevage devant l'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas (Interprofession des huiles et protéines végétales, 2020).

La production africaine des trois cultures oléagineuses les plus importantes (palme, coton, arachide) a subi une courbe ascendante pendant les dix dernières années sur les plans productions, transformations et utilisations.

Cependant, du fait de l'accroissement des besoins africains en huile et en tourteaux consécutif à l'augmentation de la population et à l'élévation du niveau de vie, la situation continentale en en termes de disponibilité des matières premières surtout les oléo protéagineux demeure préoccupante. Ainsi, récemment, des équipes de recherche ont mis à jour le niveau de production des huiles et tourteaux de certaines nouvelles espèces oléagineuses parmi les plantes domestiques dans certains pays d'Afrique. Il s'agit du *Canarium schweifurthii* Engl, du *Dacryodes edulis* et du *Ricinodendron heudelotii* dont les avantages sont notables et les potentialités ont été étudiées (Kapseu, 2009).

Au Congo, la disponibilité d'intrants agricoles est un éminent problème qui limite la productivité des animaux élevés hors-sol. Pourtant, le pays dispose d'énormes atouts notamment de par ses potentialités agroforestières et libéralise de grandes surfaces de productions agricoles. Malheureusement, le manque d'huilerie dû à la faible production nationale et au manque de programmes adéquats sur l'utilisation des fonds de subventions ainsi que

l'insuffisance de connaissances précises sur l'adaptation des oléo protéagineux conventionnels aux zones d'exploitation, compromettent sérieusement la traçabilité de production, de transformation et d'utilisation des tourteaux tant conventionnels que locaux en alimentation animale. Ainsi la plupart des ingrédients riches en matières azotées totales (MAT) utilisés comme les tourteaux sont conventionnels et proviennent de l'étranger dont l'irrégularité, le délai d'utilisation et les prix prohibitifs sont trois facteurs majeurs qui compromettent sérieusement la production des aliments de qualité (Dolumbia, 2002 ; Livet et al., 2015 ; ITAVI, 2021). Par conséquent, leur utilisation pour la fabrication des aliments de volailles entraîne des coûts élevés de production d'aliment, de poulet de chair et de l'œuf. A cet effet, l'utilisation des ingrédients et additifs biologiques locaux et disponibles dans les formulations d'aliment pour volailles devient dès lors une alternative (Adzona, 2019 ; Mbanza-Mbanza et al., 2023). Cela a conduit des paysans, éleveurs et chercheurs à se tourner vers des cultures émergentes commerciales et locales (safou, coprah, courge, feuille de manioc, etc.), pour la production artisanale et manuelle des huiles cosmétiques, de consommation et des tourteaux locaux destinés à être incorporés dans les formulations alimentaires des animaux. (Sianard, 2010 ; Adzona., 2019)

C'est aussi dans ce même cadre que les besoins du marché des tourteaux et de la détection de protéines locales ont suscité au niveau national un intérêt de l'Institut national de Recherche Agronomique (IRA) à s'orienter vers l'identification et la valorisation d'une nouvelle source végétale locale d'oléagineux, encore sous-exploitée tel que le *Tetracarpidium conophorum*.

Tetracarpidium conophorum, est un arbre sarmenté, produit forestier non ligneux. C'est une espèce de liane appartenant à la famille des Euphorbacés (Bernadin, 2012). Cette plante regorge de vertus pharmaceutiques et cosmétiques (Oriakhiet Uadia, 2020 ; Ojokoh et al., 2020). Plusieurs études menées sur *T. conophorum* sur la caractérisation chimique de ses feuilles, ses noix, son résidu, révèlent une variabilité des teneurs en éléments chimiques suivant la technique de délipidation appliquée (Ezugwu et al., 2021 ; Ossoko et al., 2021 ; Akassa et al., 2023). Son huile peu connue dans la cuisine est extraite en petite quantité. Son tourteau est richement nutritif avec les teneurs en protéines brutes variant entre 33% et 47% (Mezajougkenfack, 2010 ; Uchechukwu-Nkeirukayvonne, 2017).

C'est au regard de ce qui précède et compte tenu de sa disponibilité remarquable à l'état sauvage dans le contexte du Congo, que ce travail se fixe comme objectif : produire mécaniquement ou localement le tourteau de *Tetracarpidium conophorum* et évaluer son rendement et sa composition chimique par presse mécanique et par hydrodistillation.

Cette étude est basée sur l'hypothèse selon laquelle le rendement et la composition chimique du tourteau de *T. conophorum* varient avec sa technique de production.

Méthodologie

Zones d'étude

Cette étude a été réalisée en plusieurs étapes dans 3 localités du Congo : Lékana (l'unique District de tous les Départements du Congo où se trouve disponible la noix à l'état sauvage), Brazzaville (disposant de laboratoire d'analyse physico chimique et la station des expérimentations) et Pointe-Noire (pour la poursuite d'analyses bromatologique).

Les noix de *T. conophorum* ont été collectées des lianes sauvages dans le District de Lékana du Département des Plateaux, situé à près de 450 kilomètres de la capitale (Brazzaville), perché à 790 mètres d'altitude par rapport au niveau de la mer ; avec une Latitude de 20° 19' 31'' Sud et 14°36'00'' Est de quoi ??? de la République du Congo (Anonyme, 2019).

Le tourteau a été produit à Brazzaville, dans trois sites distincts : l'Agence Nationale de Valorisation des Résultats de la Recherche et de l'Innovation (ANVRI) pour le broyage ou transformation des amandes, la maison cosmétique Santé et Nature pour la presse mécanique et la ferme expérimentale de l'unité mixte de valorisation des produits et sous-produits agroindustriels de l'Institut national de Recherche Agronomique (IRA), pour la production par hydrodistillation.

Les analyses ont été effectuées dans deux laboratoires distincts :

- Le laboratoire de l'École Nationale d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF), situé à Brazzaville, pour la détermination de la teneur en eau, de la matière sèche, des lipides ;
- Le laboratoire de l'Institut de Recherches Scientifiques en Sciences Naturelles (IRSSN), situé à Pointe noire, pour la détermination de l'azote, des protéines, du calcium (Ca) et du phosphore (P).

Matériel végétal

Le tourteau de *T. conophorum* a constitué le principal matériel végétal. Ce tourteau a été obtenu après extraction d'huile à partir des amandes issues des graines de capsules de *T.conophorum* illustrée à la figure 1.



Figure 1. Méthodes d'obtention des amandes de *T.conophorum*

Méthodiquement, plusieurs étapes ont été observées pour produire le broyat du *T. conophorum*.

Les noix crues de *T. conophorum* ont d'abord fait l'objet du tri des graines avariées vu le temps de stockage, puis ensuite bouillies durant 3h à l'aide d'une marmite casserole et d'un foyer de feu. Ensuite, elles ont été séchées à l'air libre au soleil pendant 3 journées afin d'égoutter l'eau et faciliter le décortiquage. Ces graines ont été enfin décortiquées manuellement et séchées à nouveau à température ambiante pendant 4 jours d'ensoleillement pour permettre d'avoir les amandes sèches devant passer au broyage. Les deux techniques de production de tourteau appliquées après obtention du broyat sont illustrées à la figure 2.

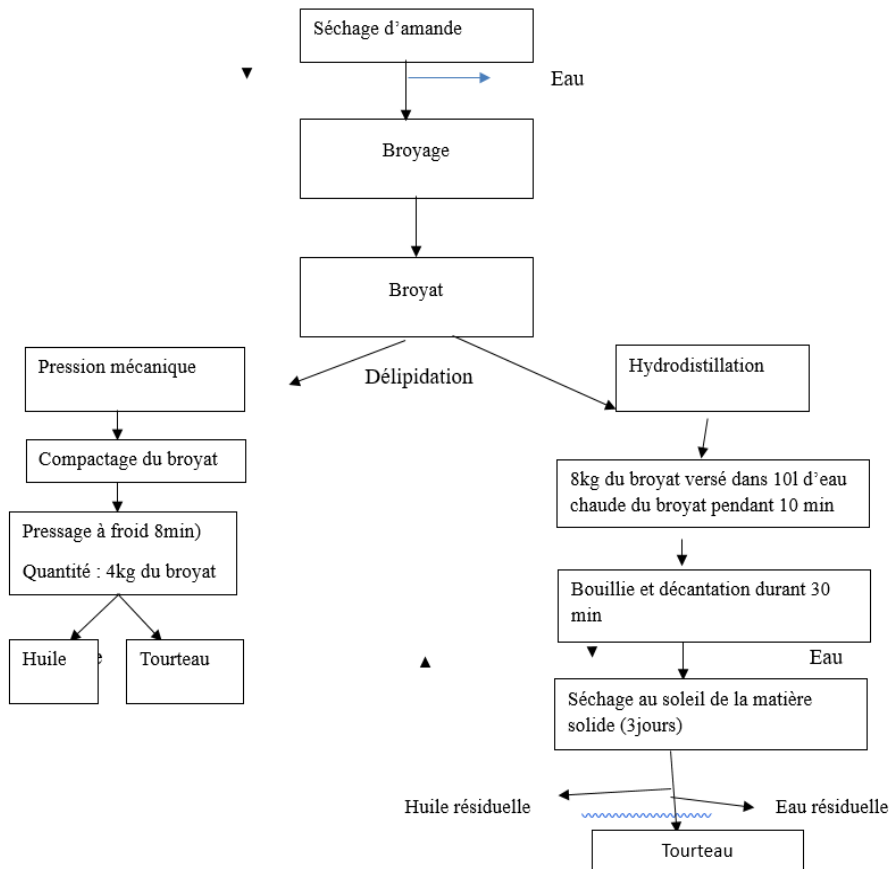


Figure 2. Délipidation par pression mécanique et hydrodistillation

La production du broyat

La production du broyat a été effectuée selon la méthode appliquée antérieurement par Mezajoug Kenfack (2010).

Le broyat constitue la farine issue du broyage des noix cuites, servant à l'extraction d'huile pour laisser un résidu appelé tourteau indispensable à l'alimentation animale. Pour obtenir le broyat ou la farine de *T. conophorum*, les amandes séchées ont été transportées à l'endroit de transformation à l'ANVARI où elles ont été broyées à l'aide d'un Moulinex adapté à des broyages fins.

De la récolte à la transformation des noix en tourteau, le passage d'une étape à une autre a été marqué par la pesée du produit et sous-produit de cette matière.

Production du tourteau de *T. conophorum* par pression mécanique

Le broyat écrasé a été transporté en partie au lieu de la transformation où il a été ensuite pressé à l'aide d'un extracteur mécanique (presse manuelle). Ce broyat a subi le compactage à l'aide d'une spatule et fermé avec une plaque en inox et mis dans le cylindre en forme de tamis inséré dans la presse hydraulique de l'extracteur ensuite la goupille a été fermée tout en possédant à l'élévation directe de l'extracteur, ce tamis est garni d'un tissu servant à faire passer l'huile grâce à la pression physique exercée par l'effort démesuré de l'opérateur à manœuvrer la manivelle. Après toutes les 5 minutes, la procédure était de vérifier s'il y a augmentation d'huile dans l'assiette de recueillement et retirer l'huile à l'aide d'une cuillerée à soupe jusqu'à ce qu'il n'y ait rien à récupérer. Ceci s'observe au bout de quelques minutes (3-5 minutes) et à retirer enfin le cylindre dans l'extracteur. Le tourteau était enfin récupéré après avoir recueilli 3 à 4 reprises l'huile aboutissant à un rendement de 25% d'huile pour un cylindre contenant 4 kg de broyat, soit 75% du tourteau produit.

Production du tourteau de *T. conophorum* par hydro distillation

La technique d'hydro distillation permet d'obtenir, à partir d'un mélange complexe, le composé organique souhaité par simple séparation de phases dès lors que ce dernier est non miscible à l'eau. L'avantage principal de cette méthode par rapport à une distillation fractionnée tient aux températures utilisées : l'hétéro azéotrope est distillé à des températures, toujours inférieures à 100 °C.

Afin de mettre à la disposition des aviculteurs fermiers une méthode simple facilement adaptable au contexte local, il a été proposé un essai de production du tourteau par la méthode d'hydrodistillation. A cet effet, une partie du broyat a subi sur place au lieu des expérimentations un traitement par hydro distillation pour produire le tourteau ayant servi d'analyses physico chimiques. Cette technique a consisté à chauffer 10L d'eau dans une marmite placée sur un foyer de feu, à des températures variables puis faire descendre aussitôt la marmite à raison de 4kg de broyat par échantillon.

La solution laissée au repos au bout de 30 minutes (temps d'incubation) laisse monter la matière grasse en surface de l'eau après refroidissement. L'huile est ainsi recueillie à l'aide de la cuillère et l'eau est renversée pour laisser au fond la matière solide.

Cette matière a été ensuite laissée à l'air libre au soleil pendant 4 jours sur le contre-plaqué pour faire disparaître toute la quantité d'eau contenue et obtenir un résidu solide (tourteau).

Sur 16 kg de broyat, 20L d'eau ont été utilisés. La procédure était reprise chaque fois selon la quantité de *T. conophorum* à traiter.

Analyses physico-chimiques des échantillons du tourteau de *T. conophorum*

Les deux types de tourteaux produits ont été séparément constitués en échantillons de 100g, Ces échantillons ont été pesés à l'aide d'une balance (donner la marque et les caractéristiques et sa marge d'erreur) à précision et séparés en 2 essais à raison de 30g, par échantillon (masse de l'échantillon frais : m_o). Ils ont été placés dans des cartouches faites à base du papier filtre, qui lui aussi était pesé au départ. Ces échantillons ont été ensuite séchés dans une étuve ventilée, réglée à 65 ° C dont le protocole est décrit selon la méthode AOAC (2005).

Des pesées ont été effectuées toutes les 24h à deux reprises (en 24h et en 48h), jusqu'à l'obtention d'un poids constant (masse sèche de l'échantillon séché m_s).

Après avoir déterminé les teneurs en eau, les matières sèches obtenues ont été analysées comparativement suivant trois méthodes. Les protocoles décrits et appliqués préalablement par certains auteurs (Diallo Koffi et *al.*, 2015) ont été soigneusement suivis.

- La méthode de Soxhlet, par utilisation de l'Hexane pour déshuiler la matière organique
- La méthode de KJELDAHL, pour le dosage de l'Azote La minéralisation des végétaux ou des aliments, pour le dosage du Ca et P.

Éléments calculés

Rendement en amandes, en broyat, huile et en tourteau

L'application de la règle de trois ou de la formule du ratio ci-après a permis de déterminer le rendement en amandes, en broyat huile et en tourteau de *T.conophorum*.

$$\text{Ainsi, } R_h = \frac{m_h}{mb} \times 100 \quad (\text{Eq1})$$

$$R_t = \frac{mt}{mb} \times 100 \quad (\text{Eq2})$$

Avec : R_h , rendement en huile, R_t , rendement en tourteau ; mb , masse du broyat ; m_h , masse d'huile ; mt , masse du tourteau.

Teneurs en eau

Les teneurs en eau ont été calculées par simple déduction de la matière brute par rapport à la masse moyenne des essais de pesées réalisées au frais et au sec suivant la formule ci-après.

$$\% \text{ Eau} = \frac{m_o - m_s}{m_o} \times 100 \quad \text{Eq3}$$

Avec : m_o = masse des échantillons frais et m_s : masse des échantillons secs ou matières sèches

Teneurs en lipides

Les rendements en huile de ces différents échantillons ont été calculés en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ lipides} = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100 \quad \text{Eq4}$$

Avec m_0 : masse du ballon vide, m_1 : masse du ballon avec huile et m : masse des graines broyées.

Teneurs en minéraux

L'azote, le Ca et le P ont été dosés par minéralisation d'une quantité de 0,5g de l'échantillon séché. Il a été introduit dans un Matra durant 2 heures 30 à l'aide de l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, l'ammoniac libéré a été distillé et recueilli dans une solution d'acide borique ensuite titré par une solution d'acide sulfurique. Les formules suivantes ont été enfin utilisées pour déterminer les teneurs du Ca et P

$$\%Ca = \frac{(Clue - Cblanc) \times 50 \times 0,01}{(2,5xm)} \quad \text{Eq5}$$

$$\text{et } \%P = \frac{Clue - Cblanc}{mx10} \quad \text{Eq6}$$

avec m , masse de l'échantillon minéralisé

Teneurs en protéines

Les formules ci-dessous ont permis de déterminer le pourcentage d'azote et la teneur en protéines

$$\%N = (VH_2SO_4 \times 0,07) / \text{Pesée} \quad \text{Eq6}$$

$$\text{Taux de protéines} = \%N \times 6,25 \quad \text{Eq7}$$

(qui est le coefficient de multiplication).

Analyses statistiques

Les données obtenues au cours de cette expérience ont été saisies dans le logiciel Excel, puis exportées et analysées avec le logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 2013. Le type de tourteau (soja et *T. conophorum*) a été le seul facteur pour le modèle d'analyse de variance. Le test F de Fisher a été utilisé pour déterminer la significativité de l'effet du facteur traitement et le t de student est intervenu pour comparer les moyennes deux à deux.

Résultats et discussion

Rendement en amande, broyat, huile et en tourteau des noix de T. conophorum

Les tableaux 1 et 2 présentent les rendements de la transformation de la noix en tourteau.

Tableau 1. Rendements en amande et en broyat des noix cuites de *Tetracarpidium conophorum*

Rendement	%
Noix ou graines	100
Graines avariées	10
Coques de noix	21
Amandes de noix	69

De ce tableau 1, il ressort que sur une quantité globale de 200kg de noix brutes, 10kg de graines avariées ont été triés ; 180kg de noix ont été soumises à la cuisson. Une quantité de 138kg d'amandes a été obtenue après décortication (42kg de coques). Ces amandes ont été enfin broyées et pressées.

Tableau 2. Rendement en huile et en tourteau des noix cuites de *Tetracarpidium conophorum*

Rendement	T.T.C.P.M. (%)	T.T.C.H.D. (%)
Huile	26,37 ^a	27,50 ^b
Tourteau	73,63 ^a	72,50 ^a

Sur une même ligne, 2 moyennes qui sont suivies par 2 lettres différentes en exposant sont significativement différentes à $P < 0,05$.

T.T.C.P.M : Tourteau du *Tetracarpidium conophorum* produit par presse mécanique

T.T.C.H.D : Tourteau du *Tetracarpidium conophorum* produit par hydrodistillation

Rationnellement, ces tableaux montrent que, 100% de bonnes noix fournissent la production du tourteau de 53,17% et 50,56% respectivement pour la presse mécanique et l'hydrodistillation.

Aussi, 100% d'amandes séchées et broyées permettent l'obtention de 69,36% et 65,94% du tourteau respectivement pour la pression mécanique et l'hydrodistillation.

Après extraction par presse mécanique de 110kg de broyat, 29L d'huile et 81kg de tourteaux ont été produits, par contre pour 20 kg de broyat, l'hydrodistillation a produit 6L d'huile et 14 kg de tourteau.

Ces travaux confirment ceux de Mezajoug Kenfack (2010), qui en déduisant la quantité d'huile contenue dans la matière première de *Tetracarpidium conophorum*, a trouvé un rendement de 3,05kg (76,25%) de tourteau pour 1L d'huile (23,75%). Ces résultats comparés à ceux des expériences de presse à chaud et par solvant réalisé sur chaque échantillon de 980kg de noix, sont supérieurs à ceux du tourteau de colza soit 420kg (43%) d'huile pour 560kg du tourteau (57%) et du tourteau de tournesol soit (45%) d'huile pour 540kg du tourteau (55%). Ils sont légèrement inférieurs à ceux du tourteau de soja 180kg (18,36%) d'huile pour 800kg du tourteau (81,63%) (Interprofession des huiles et protéines végétales, 2020).

Cet oléo protéagineux a un rendement meilleur en tourteau et contient moins d'huile par rapport à d'autres matières comme l'arachide, le safou (Livet et al., 2015 ; Adzona et al., 2019).

Les résultats de production par presse mécanique sont similaires à ceux réalisés par Mezajoug Kenfack (2010) qui en évaluant les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentras et d'isolats de *Tetracarpidium conophorum*, a obtenu un rendement en tourteau de 73,33%. Ces résultats montrent que le protocole de production du tourteau appliqué à la présente étude a été conforme à celui de ce premier auteur qui a déterminé pour la première fois la durée optimale de cuisson traditionnelle des graines à 120 min temps où la digestibilité est meilleure et à 30 min, la concentration en substances anti nutritionnelles est élevée (Mezajoug Kenfack2010).

Par comparaison des résultats des deux méthodes, aucune différence significative n'a été observée, ce qui laisse à croire que la méthode d'hydrodistillation bien qu'elle soit traditionnelle, est applicable à l'échelle d'une aviculture fermière. Cela explique que le rendement en huile et en tourteau varie avec la nature du produit à déshuiler peu importe la technique utilisée surtout si le procédé celle-ci est bien subi. Le présent rendement d'extraction répond à la standardisation des techniques reconnues à l'échelle scientifique.

En revanche, la légère différence observée sur le rendement en tourteau et en huile entre les deux techniques pourrait se justifier par la nature des acides gras hyper thermolabiles contenus dans les huiles de ces amandes tels que les Oméga 3 qui sont sensibles à des températures d'ébullition qu'elles soient modérées. Donc cela stipule que les analyses chimiques de ces deux types de tourteaux pourraient donner des teneurs en huiles moins élevées pour le tourteau produit par hydrodistillation par rapport au tourteau produit par pression mécanique.

Rendement en certains constituants chimiques du tourteau de *T. conophorum*

Les résultats des différents constituants chimiques du tourteau de *T. conophorum* analysés sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3. Composition du tourteau de *T. conophorum* en certains constituants chimiques

Constituants (%)	T.T.C.P.M. (%)	T.T.C.HD. (%)
Eau	8,90 ^a	3,27 ^b
MS	91,10 ^b	97,63 ^a
Lipides	14,46 ^a	10,78 ^b
Protéines brutes	43,75 ^a	24,63 ^b
Glucides	-	-
Calcium	3,17 ^a	1,94 ^b
Phosphore	0,85 ^a	0,46 ^b

Sur une même ligne, 2 moyennes qui sont suivies par 2 lettres différentes en exposant sont significativement différentes à $P < 0,05$.

D'une manière générale, les concentrations chimiques du tourteau produit varient d'une méthode à une autre.

La presse mécanique a produit un tourteau contenant plus de matière organique notamment les lipides et protéines (azote y compris) suivi du calcium et du phosphore, alors que le tourteau obtenu par hydrodistillation a moins d'eau et plus de la matière sèche. Cette variabilité s'explique du fait de la nature du traitement appliqué. En effet, la technique d'hydrodistillation fait appel à la chaleur qui certes a un léger degré d'ébullition ($60-80^{\circ}\text{C}$), mais dénature la qualité nutritionnelle tant lipidique que protéique de la matière ainsi que les minéraux hydrothermosensibles. Ces résultats confirment ceux réalisés par Mezajoug Kenfack (2010), qui, en évaluant la composition physico chimique du tourteau de *T. conophorum* par les mêmes méthodes a conclu que la concentration du tourteau en protéines brutes varie avec la solubilité protéique de la matière, aussi, les teneurs en matières sèche et lipides sont fonctions de la capacité de rétention d'eau et d'huile par rapport au pH à différentes concentrations et surtout par rapport à la solubilité dans le milieu de solubilisation.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Mezajoug Kenfack (2010) soit (94,94MS, 6,6% eau, 6,12%MM, 56,98% MAT et 2,03% MG). Les teneurs en eau trouvées montrent que les tourteaux obtenus des graines cuites de cette Euphorbiacée sont favorables pour une conservation de longue durée. D'autre part, sur le plan microbiologique, ces teneurs faibles en eau limitent le développement des microorganismes, à l'exception des moisissures comme l'affirment (Chapeland-Leclerc et al., 2005).

Les résultats obtenus sur la composition chimique du tourteau de *T. conophorum* produit par presse mécanique (standard) notamment en MS et en protéines brutes sont approximativement similaires à ceux réalisés par ce même auteur qui a trouvé 90,69% de MS et 49,25% de MAT. Quant aux teneurs en Ca et P, les résultats sont divergents, soit 0,64 Ca et 2,03P (Mezajoug Kenfack, 2010).

Les convergences et divergences observées sur la composition chimique des tourteaux des deux techniques expliquent simplement que le résultat chimique est fonction des conditions de faisabilité. Ces résultats comparés à ceux des analyses physico-chimiques des autres matières conventionnelles des travaux réalisées par certains auteurs notamment le tourteau de colsa (9% eau, 91%MS, 2% MG, 34%MAT, 7% MM) le tourteau de tournesol (9% eau, 91%MS, 2% MG, 28%MAT, 6% MM) et le tourteau de soja (2% eau, 98%MS, 2% MG, 46%MAT, 6% MM) sont proches (Interprofession des huiles et protéines végétales, 2020) ; malgré quelques variabilités observées au niveau des matières grasses plus élevées dans cette étude.

Cependant, la variabilité observée entre ces études s'explique par la nature du produit et des traitements appliqués. En effet, les traitements hydrothermiques utilisés dans la présente étude (presse mécanique et hydrodistillation) se sont arrêtés à la première délipidation du broyat (huile brute) et n'ont pas été approfondis de manière à faire la deuxième délipidation sur le tourteau pour produire l'huile raffinée. D'ailleurs, Mezajoug Kenfack, (2010) affirme que le tourteau de *T.conophorum* contient d'autres acides gras de nature omega 3 qui ne dessoudent pas facilement en présence de l'eau, à certain degré de température. En plus les techniques de solvatation appliquées à ces études permettent l'obtention du tourteau net ayant plus d'éléments nutritifs (Mezajoug Kenfack, 2010).

Ces présents résultats seraient encore meilleurs si les techniques appliquées dans la présente étude avaient été renforcées par l'utilisation des solvants tels que l'hexane bien que moins adapté pour une aviculture fermière, pour des raisons économiques de cherté (10.000FCFA le prix d'un litre).

En revanche, la teneur en MAT du tourteau de *T. conophorum* obtenu par presse mécanique est plus élevée que celle des autres tourteaux locaux non conventionnels tels que les tourteaux de sésame (35,42%) de coprah (22,42%), de courge (31,41%), de safou (19,28%) trouvée par Adzona, (2019).

Ce taux est proche de celui du tourteau de soja (46%), tourteau conventionnel le plus utilisé en alimentation de volaille à l'échelle internationale.

Conclusion

L'objectif de ce travail était de comparer deux techniques de production du tourteau de *T. conophorum*, notamment le rendement et la composition chimique. Les résultats ont montré que quelle que soit la procédure de délipidation appliquée, le rendement est le même pour différents traitements. Les analyses chimiques ont montré une différence significative en MAT au profit du tourteau produit par presse mécanique par rapport à celui produit par hydrodistillation (43,75% contre 23,63%). Cette différence peut être expliquée par la température de l'eau utilisée pour diluer le broyat. Les deux hypothèses formulées au départ ont été vérifiées.

La production du tourteau par ses deux procédés ouvre des perspectives intéressantes dans la valorisation des bioressources locales en aviculture tropicale.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude envers l'Institut national de Recherche Agronomique. Ce travail a bénéficié également de l'appui technique du Docteur Florence Dorothee Sianard, Directrice de l'Agence Nationale de la Valorisation des Résultats de la Recherche et de

l'Innovation(ANVRI) ; de Madame Diane Mavoungou, Présidente de la Coopérative Santé et Nature (CSN) pour la production du tourteau et du Docteur Ossoko Jean Paul Latran, pour son apport lors de la réalisation des analyses physico-chimiques. Enfin, nos sincères remerciements à l'endroit du Directeur de l'ENSAF et le Directeur de l'IRSEN pour avoir accepté la réalisation des analyses physico-chimiques des échantillons dans leurs laboratoires d'analyses des échantillons.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Adzona P.P, Bonou G.A, Bati JB, Ndinga F.A, Ondjomoko L.D, Itoua P.L, Kiki P.S, Dotchet I.O, Banga-Mboko H. & Abdou-Karim I. (2019). Influence du tourteau de sésame en alimentation fractionnée séparée et séquentielle sur les performances zootechniques et économiques du poulet de chair standard de la souche Cobb 500, *Revue Internationale des Sciences Appliquées*, 2(1) : 1-11.
2. Adzona PP. (2019). Influence de quatre tourteaux locaux non conventionnels en alimentation mélangée, fractionnée et séquentielle chez la volaille en milieu tropical. Thèse de doctorat unique, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo, 133 P.
3. Akassa, H., Peneme B.M.L., Moukouma C. Mongo D-M. B. G., Osandze R., Etou-Ossibi A.W., (2023). Seroidogenic effects and phytochemical profile of aqueous extra of *Tetracarpidium conphorum* (Mull. Aeg.) & Huth kernels in male rats. *Journal of Biosciences and Medicines*. 11: 156-167. Doi: 10.436/JBM.2023.1110015.
4. Anonyme, (2019). Lékana (Ville). [En ligne], sur « [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lékana_\(ville\)&oldid=162542356](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lékana_(ville)&oldid=162542356) ». Consulté le 25 juin 2021.
5. AOAC, (2005). Official method of analysis of the Association of official analytical chemist, 5th ad. AOAC press, Arlington Virginia USA.
6. Bernadin J., (2012). Agroforestry and socioeconomic potential of a non-conventional liana :*Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Huch. and Dalz. in Cameroon. Higher Institute of Environmental Sciences,

Yaounde, Cameroon article, See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/263008600>. Consulté le 15 février 2021.

7. Chapeland-Leclerc F., Papon N., Noël T. & Villard J. (2005). Moisissures et Risques. Alimentaires (Mycotoxicoles). *Revue Française des laboratoires*, 373 : 61 – 66.
8. Diallo Koffi S, Doudjo S, Koné Kisselmina Y, Assidjo Nogbou E, Yao Kouassi B, et Gnakri D (2015), Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (*Vigna subterranea L. verdc*) dans la production des produits de boulangerie. *International Journal of Innovation and Scientific Research*.14 (18): 434-44Ezugwu N.S., Anyanwu G. E. & Nto J.N. (2021). Ameliorative Effect of The Seed of *Tetracarpidium conophorum* (African Walnut) on wistar Rats with Doxorubicin Induced Cardiac Toxicity. *Research. Analyses Journal*. 4: 349-360.<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v97i1.6>. Interprofession des huiles et protéines végétales. (2020). Cultures et utilisation des produits débouché en alimentation animale des tourteaux d'oléagineux.<https://www.univiva.fr/PRODUITS/BOUCHES/alimentation animale>. Consulté le 04 Aout 2023.
9. Jiofack T., Lejoly J., Tchoundjeu Z. & Guedje N.M. (2012). Agroforestry and socioeconomic potential of a non-conventional liana: *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz. in Cameroon, *Bois et forêts des tropiques*, 3 (313), 36.
10. Kapseu C. (2009). Production, analyse et applications des huiles végétales en Afrique. OCL 16 (4) : 2015-229. <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2009.0280>
11. Livet A, Daspres N, Lepeule C. & Bordeaux C. (2015). Tourteau de sésame. Etat des lieux et perspectives de développement d'une filière pour l'alimentation avicole biologique. *Aviaal. Biological, Alimentation.*, 2, 12p.
12. Mbanza–Mbanza B.B., Bati J.B., Adzona P.P., Guembo J.R., Ntsoumou M.V., Saboukoulou A.J. & Banga Mboko H. (2023). Evaluation des Doses Variables du Miel Local de *Apis Mellifera adansonii* Latr. 1789 du Congo sur les Performances Zootechniques des Poulets de Chair standard. *European Scientific Journal*, 19 (9):89-101. Doi:10.19044/esj.2023.v19n9p89.
13. Mezajougkenfack L. B (2010). Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentrats et d'isolats de *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Pax et de *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg) Thèse en vue d'obtention du grade de Docteur

- de L'institut National Polytechnique de Lorraine, Spécialité : Procédés Biotechnologiques et Alimentaires, Université de N'Gaoundéré, Cameroun, 188p.
14. Montfort M. A. (2005). Notes et études économiques. Filières oléagineuses, N° 23, pp 55– 85.
 15. Moure A., Sineiro J., Domínguez H. & Parajó J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International*, 38 (9), 945–963.
 16. Nys Y. (2001). Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. INRA. *Production Animal*. 14: 171-180.
 17. Nzaba D. (2014). Typologie et évaluation de l'offre en aliment de bétail par les minoteries de Brazzaville Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de licence professionnelle en productions et santé animales. Université Marien Ngouabi, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Brazzaville, Congo, 45 p.
 18. Oriakhi K, Uadia PO. (2020). Hepatoprotective Fractions from Methanol Extract of *Tetracarpidium conophorum* (African walnut), *Archet. Bassin. Appliqued Medecine*. 8: 45 – 48. DOI: 10.1111/jfbc.13288
 19. Ossoko J.P.L, Dzondo M.G, Miakayizila B.D.E, Mvoula Tsieri M.D. (2021). Assessment of the nutritional potential of the kernels of the seeds of *Tetracarpidium conophorum* collected in lékana in the department of plateaux in the republic of congo. *Journal Biological Innovation* 10 (4): 1102-1110. DOI: <https://doi.org/10.46344/JBINO.2021.V10i04.17>
 20. Sianard, FD. (2010). Inventory of Congo's psychotropic herbs, detoxification recipes and chemical and pharmacological studies of indigofera capitatakotschy and *Tetracarpidium conophorum* (Mull-Arg) Hutch. & Dalziel. Doctoral thesis, University Marien Ngouabi, Discipline: Chimie – Technology– Modélisation, 2, 152p.
 21. Sonaiya B.E. et Gueya E. L. H.F., (2011). Statistiques d'élevage en 2010. Dakar : DIREL, 5p.
 22. UchekukwuNkeirukayvonne C., (2017). "Phytochemical and Proximate Compositions of *Tetracarpidium Conophorum* [African Walnut] Seeds", *Int. Journal .Research Studes Biosciences*. 5 (10): 25-31. Mettre les parenthèses