



RESEARCH ARTICLE

UTILISATION DU TOURTEAU ET DE L'HUILE DE RICIN DANS L'AMELIORATION DES CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES ET DE L'ACTIVITE PEROXYDASE DE L'AUBERGINE (SOLANUM MELONGENA L.)

Mamadi Mariame CAMARA^{1,3*}, Paul Windinpsidi SAVADOGO^{1,2} and Lanciné SANGARE³

¹Université Joseph KI-ZERBO / Laboratoire de Physique et de Chimie de l'Environnement, 03 BP : 7121, Ouagadougou. Burkina Faso ; ²Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique/ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (CNRST/INERA), Laboratoire Sol-Eau-Plante (SEP), Unité Mixte de Recherche Internationale - Environnement, Santé et Sociétés (UMI 3189, ESS), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso ; ³Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Laboratoire de Protection des Végétaux, BP : 131, Faranah, République de Guinée Conakry

ARTICLE INFO

Article History:

Received 27th August, 2025
Received in revised form
18th September, 2025
Accepted 24th October, 2025
Published online 30th November, 2025

Keywords:

Castor oil, Castor Meal, Nutrition,
Polyphenol Oxidases, Peroxidase.

*Corresponding author:

Mamadi Mariame CAMARA

ABSTRACT

Polyphenol oxidases (PPOs) are enzymes involved in the oxidation of polyphenols into quinones under the action of molecular oxygen, causing certain vegetables to brown. They also participate in essential biological processes such as cellular respiration, photosynthesis, and plant defense systems. Faced with agricultural challenges, including the proliferation of pests, the harmful effects of chemical inputs on the production chain, and the short shelf life of eggplants, the search for sustainable solutions is intensifying. This study aims to evaluate the impact of combining castor meal and castor oil on improving the nutritional and enzymatic properties of eggplants. The experiment was conducted using a randomized block design (4x4), with four treatments: a negative control, the application of cake (1.9 t/ha), castor oil (5 l/ha), and a combination of the two (0.95 t/ha + 2.5 l/ha). Analysis of the results reveals that the fiber content of the fruit reached 7.45% for the control, followed by 7.02% for castor oil, and 6.68% and 6.85% for oil alone and the meal-oil combination, respectively. In terms of protein, castor meal achieved 21.26%, compared to 17.55% for castor oil, while the meal-oil mixture and the negative control showed 13.30% and 0.18% respectively. In terms of enzyme activity, castor oil induced peroxidase of 15.18 IU, while the other treatments showed values of 11.95 IU (control), 10.96 IU (cake-oil) and 10.15 IU (cake alone). The polyphenol oxidase rate was slightly higher in the control (12.15 IU) and lower with the meal-castor oil combination (11.97 IU). The integration of meal and castor oil into eggplant cultivation is therefore an innovative approach to optimizing the nutritional value of the fruit while enhancing peroxidase activity and reducing polyphenol oxidase activity.

Copyright©2025, Mamadi Mariame CAMARA et al. 2025. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Mamadi Mariame CAMARA, Paul Windinpsidi SAVADOGO and Lanciné SANGARE. 2025. "Utilisation du tourteau et de l'huile de ricin dans l'amélioration des caractéristiques nutritionnelles et de l'activité peroxydase de l'aubergine (*Solanum Melongena* L.).". *International Journal of Current Research*, 17, (11), 35473-35480.

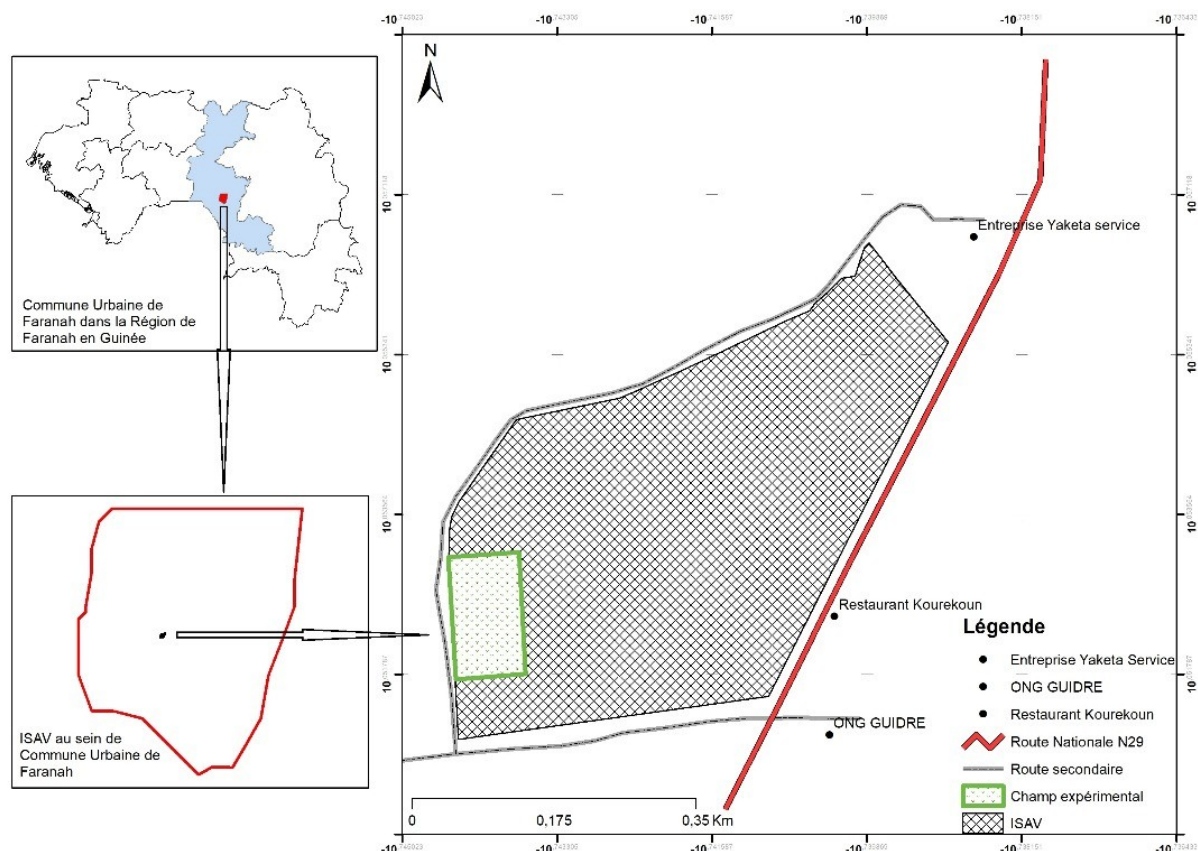
INTRODUCTION

L'agriculture écologique est l'application des principes écologiques à l'agriculture, intégrant le recyclage des nutriments dans les agroécosystèmes. Elle joue un rôle crucial dans la protection et la restauration de la biodiversité(1). L'utilisation des biopesticides issus des ressources locales favorisent une gestion durable des sols et des eaux. Elle permet d'atténuer le changement climatique (2). Selon (3) ; (4) et (5), l'emploi des bio fertilisants et biopesticides constituent une approche prometteuse pour la transformation des régimes alimentaires mondiaux, les enjeux environnementaux et sociaux. Le tourteau de ricin, est un biofertilisant prometteur des pratiques agroécologiques. L'aubergine est une culture essentielle dans de nombreuses zones tropicales et subtropicales, à date, elle est confrontée à plusieurs défis limitant sa production(6), (7). Sur le plan biochimique, elle souffre de l'accumulation des composés phénoliques, d'une activité excessive des peroxydases, d'une faible concentration en certains nutriments, ainsi que de la présence de glycoalcaloïde. Dans le cadre agronomique, sa sensibilité aux maladies et aux infestations de ravageurs constitue un obstacle majeur pour l'amélioration de sa productivité et de sa qualité nutritionnelle (6), (7). Les peroxydases (EC 1.11.1.7) sont des enzymes qui catalysent l'oxydation des substrats en présence du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). Ils sont impliqués dans certains processus physiologiques notamment la résistance aux stress biotiques et abiotiques(8). Selon Affissata Fathim et al., (2024)(9), les valeurs alimentaires de l'aubergine fraîche sont diverses. Elle renferme 14,11 % de protéines ; 63,17 % de glucides totaux ; 24,75 % de fibres et 47,84 mg EAG/100 mg de phénols (9). Pour (10) et (11), l'aubergine fraîche est constituée de 92,7 à 93,3 % d'humidité, de 1,4 à 13,31 % de protéines ; 1,34 % de fibres ; 0,3 à 2,66 % de lipides et des vitamines (A et C). Selon Jing et al., (2015)(12), la teneur en fibres peut varier entre 2,7 à 3 % du poids frais. Le brunissement enzymatique est un phénomène qui affecte négativement les propriétés sensorielles et

nutritionnelles des aubergines après la récolte (13). La polyphénol oxydase (PPO) catalyse l'oxydation des composés phénoliques, ce qui entraîne le brunissement des fruits de l'aubergine. Les peroxydases sont responsables de la résistance de plants au stress biotique et abiotique. Les teneurs de ces enzymes peuvent partir de 2 à 20 (8), (14).

MATERIEL ET METHODES

Présentation des sites d'étude : L'expérience a été réalisée dans la station expérimentale du Département Agriculture de l'Institut Agronomique de Faranah, en République de Guinée (fig. 1). Le climat de la zone d'expérimentation se caractérise par une saison des pluies de mai à octobre, suivie d'une saison sèche froide de novembre à janvier, puis d'une saison sèche chaude de février à mars. Le mois de mars enregistre la température maximale la plus élevée, atteignant 38,76 °C. Les mois de décembre et janvier sont froids, avec un minimum de 8 °C. Au cours de la période de l'essai, la pluviométrie totale enregistrée a été de 115,7 mm répartis sur 8 jours de pluie, soit une moyenne mensuelle de 14,46 mm (15).



Présentation du matériel végétal : L'aubergine (*Solanum melongena*) est une plante potagère de la famille des Solanacées, cultivée pour son fruit de couleur généralement violette. Dans le cadre d'obtention des plants robustes et uniforme, une pépinière de 2m x 1m a été installée. La quantité de graine semée en pépinière était de 5,2g. La pépinière a duré de 21 jours, correspondant au stade de développement de 2 à 3 feuilles. Le repiquage était fait au 21ème jour. L'écartement de plantation était 0,6 m entre les lignes et 0,6 m dans les lignes. La variété Barbantane a été utilisée comme matériel expérimental pour l'étude.

Obtention de l'huile et du tourteau de ricin : Le tourteau de ricin utilisé dans cette étude provient de la zone urbaine de Faranah. Le tourteau a été obtenu après l'extraction de l'huile dans les graines de ricin à l'aide de la machine à presse à froid tel que décrit par Mariame et al., (2023) (15). Il a été réduit en poudre par trituration manuelle. Au total, 12 Kg du tourteau de ricin ont été collectés. Selon Caset (2021) (16), (17) le tourteau de ricin est un engrais organique naturel et pur. Il est riche en éléments fertilisants majeurs et en oligo-éléments, il libère très progressive de l'azote dans le sol et assure une meilleure floraison et fructification. Il apporte également de la matière organique et stimule la vie microbienne du sol. Dans la fertilisation des sols, il est appliqué à la dose 1 à 3 tonnes par hectares.

Méthodes

Analyses proximales et enzymatiques : Les analyses proximales et enzymatiques ont été réalisées mensuellement pendant 3 semaines. Toutes les analyses ont été réalisées en triple par traitement. Les échantillons utilisés dans la détermination des activités enzymatiques ont été broyés dans un Mortier en porcelaine, réduit en petite particule et ces dernières ont été trempées dans l'eau, agité, centrifugé puis récupérer le surnageant avant d'être par le spectrophotomètre pour déterminer les polyphénols oxydases et les peroxydases. Les échantillons qui ont servi des autres études ont séché à l'étuve pour déterminer l'humidité. Une partie a été calcinée pour trouver la cendre et une autre partie a été réduite en poudre pour les autres études. Les paramètres mesurés étaient : l'humidité, la matière sèche, les cendres totales, protéines, lipides, protéines, glucides totaux, fibres, glucides énergétiques, valeurs énergétiques, les peroxydases et polyphénols oxydases.

Protocoles analytiques : Les protocoles ont été élaborés pour les paramètres cités ci-dessus. Chaque protocole repose sur des méthodes scientifiques reconnues et référencées. Ils permettent une évaluation fiable et reproductible des teneurs des différents constituants dans les échantillons analysés.

Protocole de détermination de l'humidité : Après un séchage initial à 105 °C pendant 6 heures, les échantillons ont été finement broyés. Les creusets en porcelaine ou en platine ont été nettoyés, chauffés et pesés avant d'y introduire 5 g d'échantillon. L'incinération s'est déroulée à 550 °C pendant 6 heures dans un four à moufle. Les cendres obtenues, de couleur blanche ou gris clair, ont été refroidies dans un dessiccateur avant une dernière pesée. La teneur en cendres a ensuite été calculée selon la formule de l'AOAC (2000) (18):

$$\% \text{ Humidité} = \frac{Pf - Pi}{PE} \times 100$$

% Matière sèche = 100 – Humidité

Protocole de détermination de la cendre : Après un séchage à 105 °C pendant 6 heures, les échantillons d'aubergine sont finement broyés. Des creusets préalablement chauffés et pesés reçoivent 5 g d'échantillon avant incinération à 550 °C pendant 6 heures. Les cendres obtenues sont refroidies et pesées pour calculer la teneur en cendres selon la formule de l'AOAC (2000) (18).

$$\% \text{ Cendre} = \frac{M3 - M1}{M2 - M1} \times 100$$

Protocole de mesure des activités des peroxydases : Les échantillons sont réduits en pâte et mélangés à une solution saline. Après un repos à 4 °C et une centrifugation, le surnageant contenant l'extrait enzymatique est récupéré. L'activité enzymatique est mesurée via une réaction impliquant le gaïacol et le peroxyde d'hydrogène, produisant un composé coloré dont l'absorbance est lue à 470 nm. L'activité enzymatique A est exprimée en UI (μmol/min) et est calculée selon la formule de Chance & Maehly (1954) (19).

$$A = \frac{V_T \cdot (\Delta DO / \epsilon \cdot L)}{T}$$

ε = coefficient d'extinction molaire

L = longueur du trajet optique

VT = volume total

T = temps de réaction enzymatique

Extraction des polyphénols oxydase : L'extraction des polyphénol oxydases (PPO) a été suivie du protocole de Sanni et al. (2020) (20). Une pâte homogénéisée d'aubergine (500 mg) est mélangée à 1200 ml de tampon phosphate réfrigéré (pH 6,8) contenant du Triton X-100 et de l'acide ascorbique. L'extrait brut est ensuite filtré et centrifugé à 4000 rpm pendant 5 minutes à 4 °C. Le surnageant obtenu est conservé à 4 °C et utilisé comme enzyme brute. L'activité de la PPO est mesurée par l'augmentation de l'absorbance à 420 nm, avec le catéchol comme substrat, après 3 minutes de réaction dans un tampon phosphate à pH 6,8 à 25 °C. La formule ci-dessous a été utilisée pour déterminer l'activité des polyphénols oxydases.

$$\text{Activité PPO} \left(\frac{U}{mL} \right) = \frac{\Delta A \times V_{\text{total}} \cdot (\Delta DO / \epsilon \cdot L)}{\epsilon \times d \times V_{\text{enzyme}}}$$

• ΔA = variation de l'absorbance par minute (généralement à 420 ou 410 nm selon le substrat)

• V_{totale} = volume total de la cuve (mL)

• ε = coefficient d'extinction molaire du produit formé (M⁻¹·cm⁻¹)

• d = longueur de la cuve (généralement 1 cm)

• V_{enzyme} = volume de l'extrait enzymatique utilisé (mL)

Protocole de détermination des protéines totales : La teneur en protéines des fruits d'aubergine a été déterminée suivant la méthode de Kjeldahl. L'azote organique est converti en ion ammonium par digestion à l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseurs. Après séchage des fruits à 45 °C pendant 24 heures et broyage en poudre fine, 1 g de poudre est mélangé à l'acide sulfurique et à un comprimé Kjeldahl, puis chauffé à 520 °C pendant deux heures. Le mélange refroidi est ensuite distillé avec une solution de NaOH et dirigé vers un erlenmeyer contenant de l'acide borique. Environ 150 ml de distillat sont recueillis, puis titrés avec de l'acide sulfurique à 0,1 N jusqu'à un changement de couleur (AOAC, 2000 ; Fanny, 2012 et Yassin, 2022) (18), (21), (22). La teneur en azote et en protéines est calculée à partir des résultats obtenus en utilisant la formule ci-dessous :

$$\text{Teneur en azote (\%)} = \frac{(V \text{ échantillon} - V \text{ blanc}) \times N \times 14,007}{\text{Poids de l'échantillon (mg)}} \times 100$$

$$\text{Teneur en protéine (\%)} = F \times 100$$

Avec V = d'acide utilisé (ml)

N = normalité de l'acide
F = Facteur de conversion des protéine (F = 6,25)

Protocole de détermination des glucides totaux : Les glucides totaux ont été déterminé suivant la méthode indirecte de la FAO (2003)(23)illustrée ci-dessous :

Glucides (%) = 100 – (% Humidité + % Protéines + % Lipides + % Cendres)

Protocole de détermination de la teneur en lipides ou matière grasse totale: La teneur en lipides des fruits d’aubergine a été déterminé à l’aide de la formule de la méthode d’extraction au Soxhlet (AOAC, 1990)(24). Les lipides sont extraits par un solvant organique (hexane) en semi-continu à chaud, suivi d’une évaporation du solvant pour récupérer les graisses. Le protocole consiste à peser 5 g de farine séchée et à l’introduire dans une cartouche d’extraction placée dans le Soxhlet. Ensuite, 400 ml d’hexane sont ajoutés dans un ballon d’extraction connecté à un réfrigérant pour condenser les vapeurs de solvant. Après 4 heures d’extraction, le solvant est évaporé, et les lipides collectés sont séchés à 103 °C pendant une heure avant d’être pesés. Les essais sont réalisés en triplicata, et la teneur en lipides est calculée à partir des variations de poids. La formule ci-dessous fut utilisé pour déterminer la teneur en lipides.

Teneur en lipides (%) = $\frac{(\text{Poids du ballon avec liquide} - \text{Poids du ballo vide})}{\text{Poids de matière sèche de l'échantillon(mg)}} \times 100$

Protocole de détermination de la teneur en fibres brutes: La teneur en fibre brute des échantillons de la farine d’aubergine a été déterminée suivant la méthode de Sluiter et al. (2012)(25). La lignine insoluble et soluble a été mesurée. Une masse de 0,3 g de farine a été hydrolysée avec de l’acide sulfurique (72 %) pendant 2 heures, avec agitation périodique. Après ajout d’eau distillée, une seconde hydrolyse est réalisée à l’autoclave à 121 °C pendant 1 heure. L’hydrolysate est ensuite filtré, puis la lignine insoluble est déterminée après séchage à 105 °C et incinération à 575 °C. La lignine soluble est mesurée par spectrophotométrie à 320 nm. La teneur en fibre brute est obtenue en additionnant ces deux fractions. La teneur en fibre brute a été calculée en faisant la sommation de la lignine soluble dans l’acide et de la lignine insoluble. La teneur en fibre brute a été calculée en faisant la sommation de la lignine soluble dans l’acide et de la lignine insoluble.

Lignine insoluble (%) = $a - bc \times 100$
Lignine soluble (%) = $A110 \times \text{Dilution} \times 100$

a : résidu sur le filtre (g) ; b : poids des cendres du résidu (g) ; c : poids de l’échantillon (g) ; A : Absorbance ; m : masse de l’échantillon (g)
Analyses statistiques

Les données ont été soumises à des analyses de variance (ANOVA). Les logiciels XLSTAT version 2016, GraphPadPrism version 7 et Origine Pro 2024 ont été utilisés pour les analyses statistiques et la présentation des graphiques.Les différences significatives entre les moyennes ont été révélées par le test de Tukey (p < 0,05).

RESULTATS

Humidité, matière sèche et teneur en fibres des fruits d’aubergine: L’évaluation de l’humidité et de la matière sèche constitue un indicateur clé de la qualité des fruits. Elle permet d’estimer leur teneur en eau, de connaître leur capacité à résister à la détérioration durant le stockage et de garantir la préservation des nutriments essentiels, tels que les glucides, protéines, fibres et minéraux. Ces analyses fournissent également des informations précieuses sur la densité nutritionnelle des fruits, offrant ainsi une meilleure appréciation de leur valeur nutritive. L’analyse de la figure (a) révèle que les fruits issus du traitement à l’huile de ricin présentent une humidité significativement plus élevée que ceux soumis aux traitements Tourteau de ricin et Tourteau & Huile, avec une différence statistique marquée (p < 0,01).

À l’inverse, la matière sèche est plus faible pour l’huile de ricin, tandis qu’elle est plus élevée dans les autres traitements, en particulier Tourteau & Huile, où les écarts sont hautement significatifs (p < 0,001), soulignant ainsi une relation inverse entre l’humidité et la matière sèche. Concernant la teneur des fruits d’aubergine en fibres (fig. b), celle-ci varie selon les traitements. Le traitement Tourteau & Huile affiche la valeur moyenne la plus basse, tandis que les traitements Huile de ricin, Tourteau de ricin et Témoin négatif présentent des teneurs plus élevées, bien que toutes les différences ne soient pas significatives. Une distinction statistique est néanmoins observée entre Tourteau & Huile et Témoin négatif (p < 0,05). En générale, l’huile de ricin seule accroît significativement l’humidité des fruits tout en réduisant leur matière sèche. En revanche, le traitement Tourteau & Huile favorise une meilleure répartition de la matière sèche, mais entraîne une diminution de la teneur en fibres.

Influence des traitements sur les paramètres nutritionnels selon l’analyse de variance : L’analyse de variance (ANOVA) indique un effet hautement significatif des traitements (p < 0,0001) sur l’ensemble des paramètres nutritionnels examinés, à l’exception des cendres totales, qui ne présentent pas de variation notable (p = 0,361). Les variables affectées incluent l’humidité, la matière sèche, les protéines, les lipides, les glucides totaux, les glucides énergétiques ainsi que la valeur énergétique. Concernant les coefficients de détermination (R²), les plus élevés sont enregistrés pour les protéines (1,000), les glucides énergétiques (0,999) et les glucides totaux (0,998), traduisant une forte sensibilité de ces paramètres aux traitements appliqués.

Table 1.

| | Humidité (%) | Matière sèche (%) | Cendres Totales (%) | Protéines (%) | Lipides (%) | Glucides totaux (%) | Fibres (%) | Glucides énergétiques (%) | Val Ener (Kcal/100g MS) |
|--------|--------------|-------------------|---------------------|---------------|-------------|---------------------|------------|---------------------------|-------------------------|
| R² | 0,947 | 0,947 | 0,315 | 1,000 | 0,945 | 0,998 | 0,665 | 0,999 | 0,924 |
| F | 47,934 | 47,934 | 1,228 | 44483,043 | 45,616 | 1500,861 | 5,287 | 1894,429 | 32,218 |
| Pr > F | < 0,01 | < 0,01 | 0,361 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,027 | < 0,01 | < 0,01 |

Légende: R²: coefficient de détermination la variabilité des données due au facteur d'étude; F: rapport de la variance factorielle sur la variance de l'erreur et Pr > F: signifie la probabilité (P).

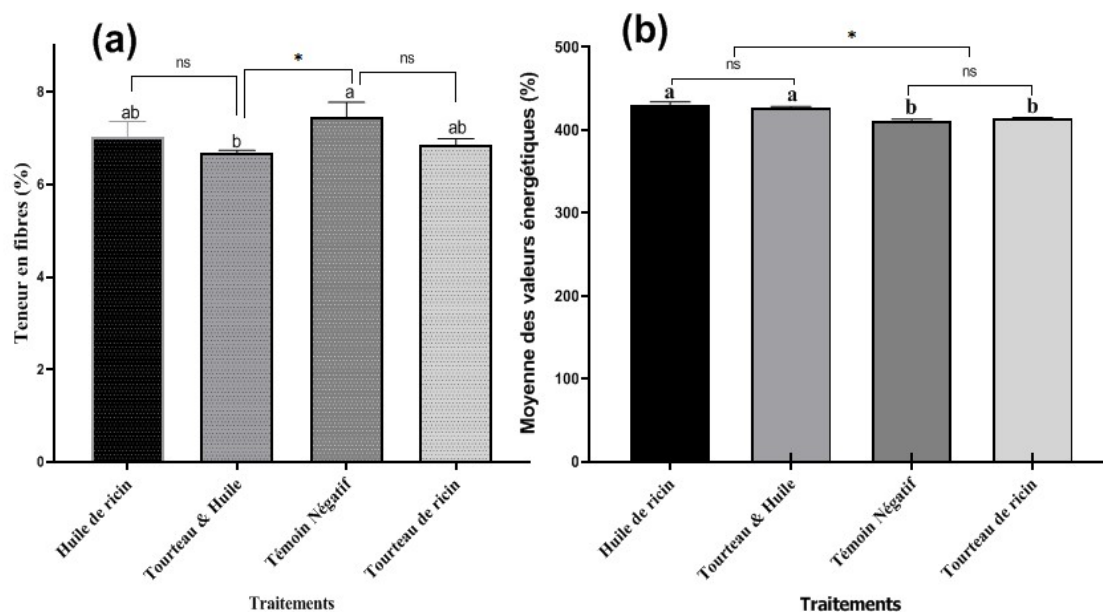


Fig. a. Teneur des fruits en fibres **Fig. b : Teneur des fruits en valeurs énergétiques** Le graphique ci-dessous illustre l'impact de divers traitements à base de ricin (huile, tourteau et leur combinaison) sur deux paramètres nutritionnels de l'aubergine : (a) la teneur en fibres brutes (%) et (b) la moyenne des valeurs énergétiques (%)

En ce qui concerne la teneur en fibres, les valeurs moyennes oscillent entre 7 et 8 % selon les traitements. Le mélange tourteau et huile de ricin affiche la teneur en fibres la plus faible. À l'inverse, le traitement témoin négatif présente une teneur significativement plus élevée comparé au traitement tourteau & huile ($p < 0.05$). Les traitements à base d'huile de ricin et de tourteau de ricin (ab) ne montrent pas de différence significative par rapport aux autres groupes. Pour les valeurs énergétiques, les moyennes tournent autour de 400 %, avec une tendance générale à la diminution selon les traitements appliqués. Parmi ceux-ci, l'huile de ricin se distingue par la valeur énergétique la plus élevée.

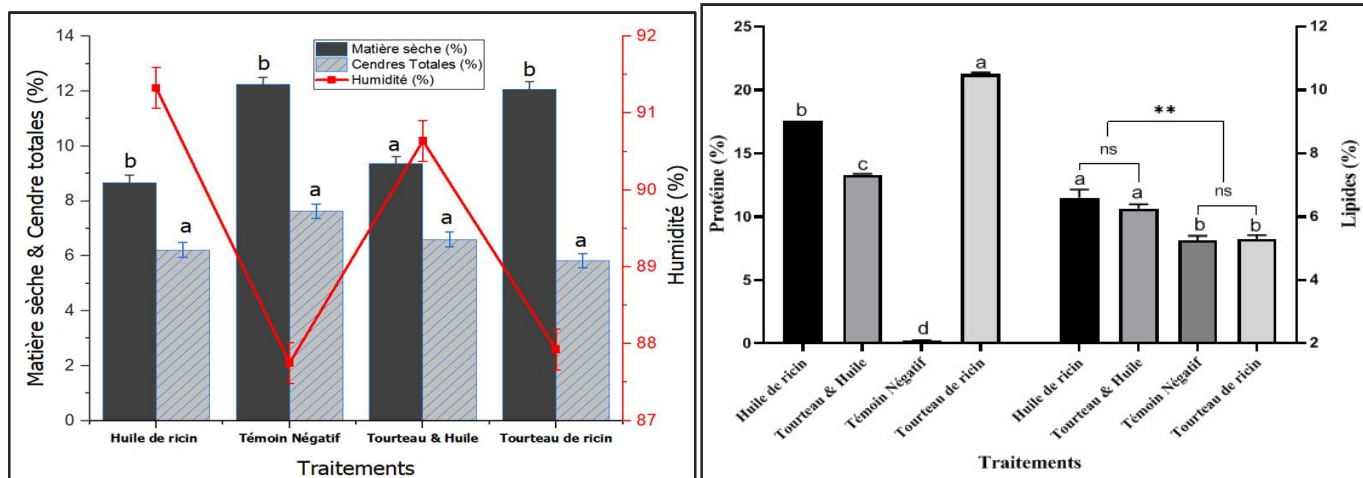
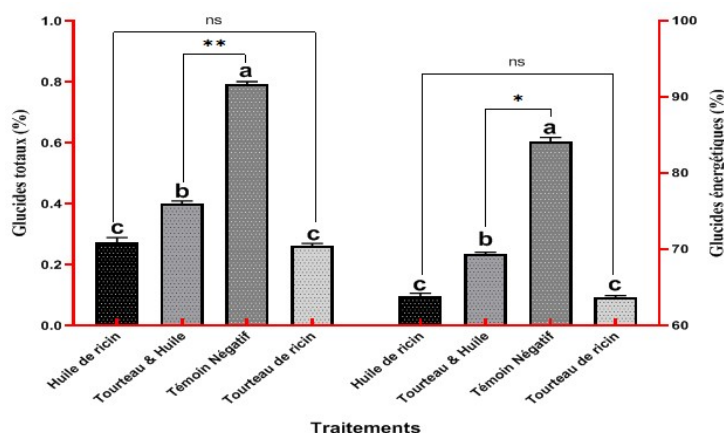


Fig. c : Teneur en cendre **Fig. d : Teneur en protéine et en lipides** Glucides totaux (%) et Valeur énergétique (Kcal/100g) Le graphique illustre l'effet des traitements huile de ricin, tourteau & huile, témoin négatif et tourteau de ricin sur les taux de protéines (%) et de lipides (%)

Ce graphique met en évidence l'impact des différents traitements – Huile de ricin, Témoin négatif, Tourteau & Huile, Tourteau de ricin – sur trois propriétés physiques de l'aubergine : la matière sèche, les cendres totales et l'humidité. En ce qui concerne la matière sèche, les taux les plus élevés (12,5%) sont observés avec le Témoin négatif et le Tourteau de ricin, signalés par la lettre "b". À l'inverse, l'Huile de ricin et la combinaison Tourteau & Huile présentent des valeurs significativement plus faibles (entre 8,5% et 9,5%), identifiées par la lettre "a". Pour les cendres totales, aucune variation significative entre les traitements n'est relevée, tous étant marqués "a", avec des taux fluctuants entre 6,2% (Huile de ricin) et 7,8% (Témoin négatif). Quant à l'humidité, elle évolue en sens inverse de la matière sèche : elle atteint son maximum avec l'Huile de ricin (91,5%) et le traitement Tourteau & Huile (90,5%), tandis qu'elle est minimale avec le Témoin négatif (87,5%) et le Tourteau de ricin (88%). Ainsi, les traitements influencent de manière significative la matière sèche et l'humidité de l'aubergine, mais pas les cendres totales. Le Témoin négatif et le Tourteau de ricin favorisent l'accumulation de matière sèche, réduisant ainsi l'humidité, alors que l'Huile de ricin et l'association Tourteau & Huile maintiennent une teneur en eau plus élevée. Ces résultats sont déterminants pour orienter le choix des traitements en fonction des objectifs de conservation ou de transformation de l'aubergine.

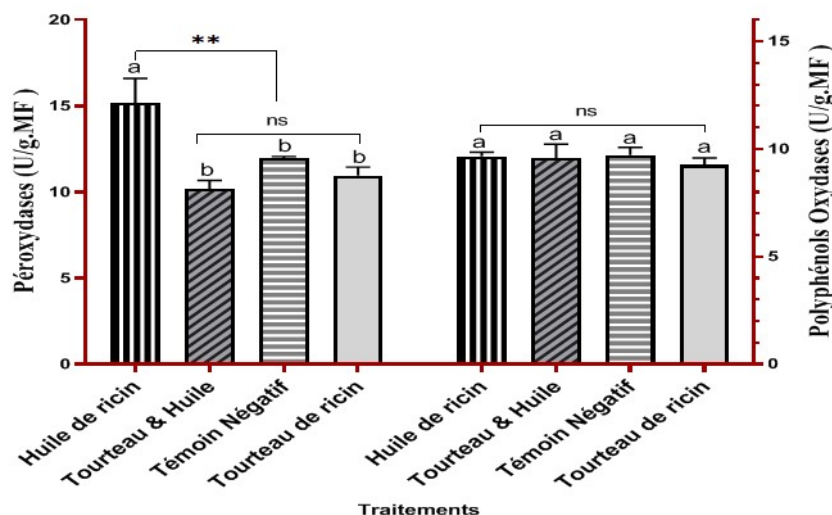
Glucides totaux (%) et Valeur énergétique (Kcal/100g): Le graphique illustre l'effet des traitements huile de ricin, tourteau & huile, témoin négatif et tourteau de ricin sur les taux de protéines (%) et de lipides (%). Concernant les protéines, le traitement au tourteau de ricin entraîne la teneur la plus élevée (21 %), significativement supérieure aux autres traitements (lettre "a"). L'huile de ricin affiche un taux de 17 %, distinct du tourteau de ricin et du tourteau & huile (lettre b). De même, le traitement tourteau & huile présentent une teneur de 13 %, différente de celle de l'huile de ricin (lettre c). À l'inverse, le témoin négatif affiche la teneur la plus faible (0,46 %), significativement inférieure à tous les autres

traitements (lettre d). En ce qui concerne les lipides, les valeurs varient entre 5 et 8 %. Les traitements huile de ricin et tourteau & huile montrent les teneurs les plus élevées (environ 8 %), sans différence significative entre eux (lettre a). En revanche, le témoin négatif et le tourteau de ricin présentent les valeurs les plus basses (5 %), également similaires (lettre b). Une différence hautement significative ($p < 0,01$) est observée entre le traitement tourteau & huile et le témoin négatif. D'une manière générale, le graphique met en évidence que le tourteau de ricin améliore considérablement la teneur en protéines, tandis que l'huile de ricin et son mélange avec le tourteau augmentent significativement les lipides. Le témoin négatif affiche les valeurs les plus faibles pour les deux paramètres, soulignant ainsi les effets bénéfiques des intrants à base de ricin sur la qualité nutritionnelle de l'aubergine.



Graphique. Influence combinée de l'huile et du tourteau de ricin sur la concentration en glucides totaux (%) et glucides énergétiques (%)

Le graphique ci-dessus montre l'effet combiné de l'huile de ricin, du tourteau & huile, du témoin négatif et du tourteau de ricin sur la teneur en glucides totaux (%) et en glucides énergétiques (%). Concernant les glucides totaux (%), le témoin négatif affiche la concentration la plus élevée (0,8 %), significativement supérieure aux autres traitements (lettre a). Le traitement tourteau & huile (0,5 %) se distingue statistiquement du témoin négatif et présente une teneur plus élevée que celles de l'huile de ricin et du tourteau de ricin (lettre b). Les traitements huile de ricin et tourteau de ricin montrent les valeurs les plus faibles (0,3 %), statistiquement équivalentes (lettre c). Une différence hautement significative ($p < 0,01$) est observée entre tourteau & huile et le témoin négatif, tandis qu'aucune différence n'est relevée entre le témoin négatif et le tourteau de ricin. En ce qui concerne les glucides énergétiques (%), le témoin négatif présente la valeur la plus élevée (95 %), statistiquement distincte des autres traitements (lettre a). Le traitement tourteau & huile (85 %) arrive en seconde position, affichant une différence significative par rapport au témoin ($p < 0,05$, lettre b). Les traitements huile de ricin et tourteau de ricin présentent les valeurs les plus faibles (70 %), sans différence significative entre eux (lettre c). De plus, aucune différence notable n'est relevée entre le témoin négatif et le tourteau de ricin. De manière générale, le témoin négatif favorise l'accumulation maximale des glucides totaux et énergétiques, ce qui pourrait traduire un déséquilibre métabolique en l'absence d'apport nutritionnel externe. En revanche, les traitements à base de ricin, bien qu'ils réduisent les glucides, pourraient optimiser la répartition vers d'autres constituants, tels que les protéines et les lipides, contribuant ainsi à une meilleure qualité nutritionnelle globale.



Graphique. Effet des traitements à base de ricin sur l'activité de la peroxydase et de la polyphénol oxydase

Le graphique illustre l'effet de divers traitements à base de ricin sur l'activité de deux enzymes antioxydantes : la peroxydase (à gauche) et la polyphénol oxydase (à droite), exprimées en unités internationales (U/g.MF). Concernant l'activité de la peroxydase, l'huile de ricin induit une activité nettement plus élevée (16 U/g.MF) que les autres traitements, avec une différence hautement significative ($p < 0,01$) par rapport au témoin négatif. Les traitements tourteau & huile, témoin négatif et tourteau de ricin présentent des niveaux d'activité similaires (lettre b), tandis que l'huile seule se distingue significativement (lettre a). Ces résultats suggèrent que l'huile de ricin joue un rôle clé dans la défense antioxydante en stimulant l'activité de la peroxydase. Quant à la polyphénol oxydase, les quatre traitements affichent des valeurs comparables (10 U/g.MF), sans différence significative entre eux (lettre a, mention "ns"). Dans l'ensemble, l'huile de ricin apparaît comme le traitement le plus efficace pour augmenter l'activité de la peroxydase, tandis qu'aucun des traitements testés n'a eu d'impact notable sur l'activité de la polyphénol oxydase. L'huile de ricin est un agent naturel efficace pour améliorer la qualité post-récolte et stimuler la défense des plants d'aubergine. L'effet est encore renforcé lorsqu'elle est associée au tourteau, qui limite encore davantage le brunissement enzymatique. Le brunissement enzymatique des fruits d'aubergine est déclenché par l'action des enzymes polyphénol oxydase (PPO) et peroxydase (POD). Cette image illustre visuellement

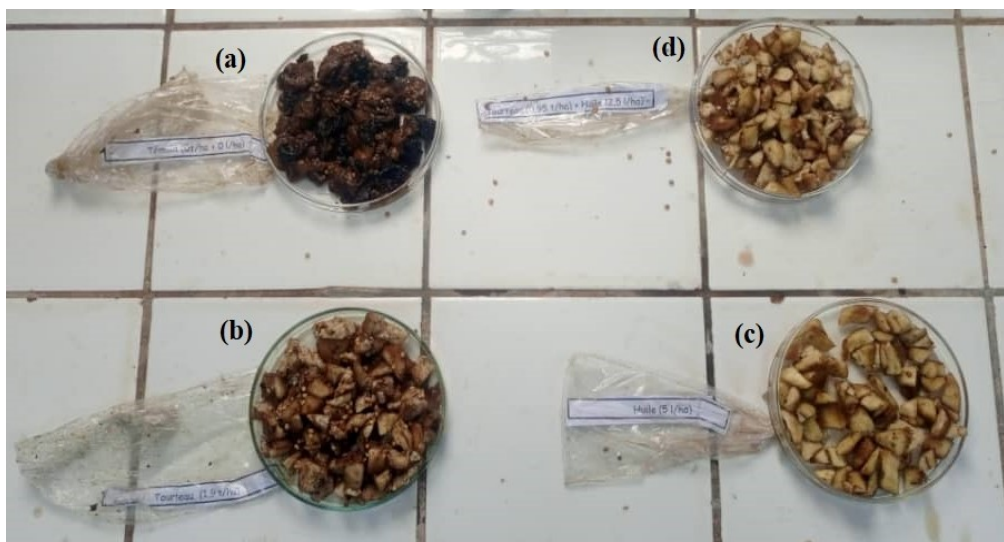


Figure. Influence des traitements à base de ricin sur le brunissement des fruits d'aubergine

l'impact de différents traitements appliqués avant la récolte sur l'intensité du brunissement des fruits. Le témoin négatif (a) présente un brunissement noir très prononcé, révélant une absence de protection contre les enzymes oxydatives. En comparaison, le tourteau de ricin (b) entraîne un brunissement modéré, indiquant un effet antioxydant limité. L'huile de ricin seule (c) améliore visiblement l'apparence des fruits, avec une coloration préservée et un brunissement réduit, ce qui témoigne de son effet protecteur. Ce résultat est cohérent avec l'activité peroxydase élevée observée dans les analyses enzymatiques. Le traitement tourteau & huile (d) montre un brunissement plus marqué, probablement dû à une interaction négative ou à une inhibition partielle des effets protecteurs de l'huile. Dans l'ensemble, l'huile de ricin seule semble renforcer les défenses antioxydantes en stimulant l'activité peroxydase, tandis que le mélange tourteau & huile apparaît comme le traitement le plus prometteur pour limiter le brunissement post-récolte des fruits.

DISCUSSION

Cette étude s'inscrit dans la perspective de la durabilité et d'autonomie agricole visant à améliorer les pratiques de production bio qui contribuent à rehausser la qualité des cultures maraîchères tout en limitant la dépendance aux intrants chimiques. Les paramètres nutritionnels évalués incluent les fibres brutes et la valeur énergétique. Les résultats montrent que le témoin négatif affiche la teneur en fibres la plus élevée (7,45 %), tandis que la combinaison tourteau & huile réduit cette teneur au minimum (6,68 %). Cela suggère que les intrants à base de ricin, en particulier leur association, influencent la structure cellulaire en limitant la synthèse de fibres. Concernant la valeur énergétique, l'huile de ricin seule maintient une énergie élevée (429,41 Kcal/100g MS), probablement grâce à son apport lipidique (11,49 %). Globalement, les traitements entraînent une diminution de la valeur énergétique, indiquant une redistribution des nutriments. Les valeurs en fibres obtenus sont inférieures à celles obtenues par Affissata Fathim et al., (2024)(9) qui stipulent que la teneur de l'aubergine fraîche en fibres s'élève à 24,75 %. Elles sont supérieures à celles fournies par Collonnier et al., 2009 ; Michel et al., 2024)(10) et (11), qui disent que la teneur de l'aubergine en fibres se situe au voisinage de 1,34 %. Des études antérieures ont rapporté que le taux de fibres de l'aubergine fraîche varie normalement selon les variétés entre 2,7 % et 3 % du poids frais (Jing et al., 2015)(12). Quant aux propriétés physiques : la matière sèche, l'humidité et les cendres, les résultats montrent que le témoin négatif et le tourteau favorisent l'accumulation de matière sèche (12,25 % et 12,07 %), tandis que l'huile et son association augmentent l'humidité (91,32 % et 90,64 %). Cela suggère que le tourteau renforce la structure cellulaire, alors que l'huile prévient la déshydratation des fruits. Ces valeurs d'humidité sont légèrement inférieures à celles trouvées par Collonnier et al., 2009 ; Michel et al., 2024)(10) et (11) qui rapportent que la teneur de l'aubergine fraîche varie entre 92,7 à 93,3 % d'humidité. Pour la teneur en cendres, aucune variation significative n'a été observée, indiquant que les traitements n'ont pas modifié la composition minérale globale. Les analyses biochimiques ont porté sur les protéines, les lipides, ainsi que les glucides totaux et énergétiques. Le tourteau de ricin stimule fortement la production de protéines (21,26 %), probablement grâce à son apport en azote organique, tandis que le témoin présente une carence notable (0,18 %). En ce qui concerne les lipides, l'huile de ricin et le mélange tourteau & huile augmentent leur teneur (11,49 % et 10,64 %), ce qui correspond à leur nature lipidique. Le témoin négatif et le tourteau seuls ont un effet moindre (8,13 % et 8,21 %). Pour les glucides totaux et énergétiques, le témoin négatif présente une forte concentration en glucides (91,68 %), ce qui peut refléter une accumulation due à une activité métabolique réduite. Les traitements à base de ricin favorisent la synthèse des protéines et des lipides, diminuant ainsi la quantité de glucides avec 76,05 % pour la combinaison tourteau & huile ; 70,95 % pour l'huile de ricin et 70,52 % pour le tourteau de ricin. Ces résultats sont en accord avec la conclusion de Affissata Fathim et al., (2024)(9) qui disent que la teneur de l'aubergine glucides totaux s'élève à 63,17 %. Parmi les facteurs intrinsèques agissant sur l'aptitude à la conservation de l'aubergine, la teneur en eau, la présence de l'enzyme polyphénol oxydase (PPO), jouent un rôle très important. Dans la présente étude, la peroxydase est significativement stimulée par l'huile de ricin (15,180 U/g. MF pendant un temps de 3 minutes), renforçant ainsi les défenses antioxydantes. La polyphénol oxydase est plus élevée au niveau du témoin négatif et le tourteau de ricin seul (12,15 U/g. MF et 12,07 U/g. MF). Ces résultats sont inférieurs à ceux donnés par Collonnier et al., 2009 et Michel et al., 2024) (10) et (11) qui stipulent que la teneur des fruits d'aubergine peut varier de 20 U/g. MF à 480 U/g. MF. Ils sont supérieurs aux valeurs données par Jing et al., (2015) (12) qui ont obtenu dans leur étude des valeurs comprises entre 2 à 10 U/g. MF. En matière de brunissement enzymatique, l'application d'huile réduit visiblement ce phénomène, probablement grâce à la stimulation de la peroxydase. Le mélange tourteau & huile semble moins efficace à cet égard, ce qui pourrait s'expliquer par un effet antagoniste. En résumé, les traitements à base de ricin modifient de manière significative les propriétés nutritionnelles, physiques et biochimiques de l'aubergine. Le tourteau favorise la synthèse protéique et la matière sèche, tandis que l'huile améliore la teneur en lipides, l'humidité et les mécanismes antioxydants. La combinaison tourteau & huile présente des effets synergiques ou antagonistes selon les paramètres étudiés, nécessitant des recherches supplémentaires pour optimiser son utilisation selon les objectifs visés (conservation, transformation, amélioration nutritionnelle).

CONCLUSION

Les traitements à base de ricin ont eu un impact significatif sur les propriétés nutritionnelles, physiques et enzymatiques de l'aubergine. Le tourteau de ricin a amélioré la teneur en protéines des fruits, tandis que l'huile de ricin, seule ou combinée avec le tourteau, a augmenté leur concentration en lipides. En revanche, le témoin négatif a affiché des niveaux plus élevés de fibres, glucides et énergie, suggérant un possible déséquilibre nutritionnel sans apports externes. Sur le plan physique, le tourteau de ricin et le témoin négatif ont favorisé une teneur accrue en matière sèche, ce qui pourrait améliorer la conservation des aubergines après récolte. À l'inverse, l'huile de ricin et son association avec le tourteau ont préservé une forte humidité, bénéfique pour la fraîcheur mais moins adaptée à un stockage prolongé. Enfin, sur le plan enzymatique, l'huile de ricin a stimulé l'activité de la peroxydase, une enzyme essentielle à la défense antioxydante, tout en réduisant le brunissement enzymatique des fruits. La combinaison tourteau & huile semble prometteuse pour limiter ce brunissement, bien que son interaction enzymatique soit plus complexe. En général, l'intégration du tourteau et de l'huile de ricin dans la culture de l'aubergine constitue ainsi une approche innovante pour optimiser la valeur nutritionnelle des fruits tout en renforçant l'activité des peroxydases et réduire celle des polyphénol oxydases.

Conflit d'intérêts: Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs: Paul Windinpsidi SAVADOGO a participé à la conception et à la planification des expériences. Lanciné SANGARE a assuré la supervision des travaux. Mamadi Mariam CAMARA a mené l'expérimentation sur la station de recherche, collecté les données empiriques, les analysés en laboratoire et procédé à leur traitement. Il a également rédigé le manuscrit et l'a soumis pour correction à Lanciné SANGARE et Paul Windinpsidi SAVADOGO. Tous les auteurs ont validé la version finale du manuscrit.

Remerciements: Les auteurs remercient les techniciens du laboratoire de physico-chimie du LABIOTAN pour leur assistance technique.

REFERENCES

- Knapp J. et A. Sciarretta, « Agroecology: protecting, restoring, and promoting biodiversity », *BMC Ecol. Evol.*, vol. 23, n° 1, p. 29, s12862-023-02140-y, juill. 2023, doi: 10.1186/s12862-023-02140-y.
- Dittmer K. M. et al., « Agroecology Can Promote Climate Change Adaptation Outcomes Without Compromising Yield In Smallholder Systems », *Environ. Manage.*, vol. 72, n° 2, p. 333-342, août 2023, doi: 10.1007/s00267-023-01816-x.
- Gemmill-Herren, B. F.-T. Gottwald, C. Batello, R. Bezner Kerr, et H. R. Herren, « Editorial: Agroecology in policy and practice », *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 7, p. 1136305, janv. 2023, doi: 10.3389/fsufs.2023.1136305.
- Oteros-Rozas, E. F. Ravera, et M. García-Llorente, « How Does Agroecology Contribute to the Transitions towards Social-Ecological Sustainability? », *Sustainability*, vol. 11, n° 16, p. 4372, août 2019, doi: 10.3390/su11164372.
- Hbarnay, « Tourteau de ricin fertilisant bio », Wimille, 2019.
- Alla ajstpaper@gmail.comet L. E. Bomisso, « Effets de la fertilisation organique à base de pelure de banane plantain et de fiente de poulet sur les paramètres agronomiques et la rentabilité financière de l'aubergine N'drowa (*Solanum aethiopicum* L.) en Côte d'Ivoire ».
- Aubert, Invited for Research and Review Articles\ AJSTM. C. Daunay, et E. Pochard, « Saponosides stéroïdiques de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) I. Intérêt alimentaire, méthodologie d'analyse, localisation dans le fruit », *Agronomie*, vol. 9, n° 7, p. 641-651, 1989, doi: 10.1051/agro:19890701.
- Baaziz, Bendia, et Aouad, « Les Peroxydases des plantes. Aspect théorique et Applications pratiques », présenté à euxième Congrès International de Biochimie. Agadir, Maroc, 9-12 Mai 2006, Maroc, 2006.
- Affissata Fathim France Kane, Edith Adouko Agbo, Souleymane Traore, et Kouakou Brou, « Influence of cooking methods and times on purple eggplant (*Solanum melongena* L.) bioactive compounds », *GSC Biol. Pharm. Sci.*, vol. 29, n° 2, p. 219-230, nov. 2024, doi: 10.30574/gscbps.2024.29.2.0432.
- Collonnier, C. F. Vedel, I. Fock, G. Ducreux, D. Sihachakr', et A. Servaes, « Biotechnologies appliquées », p. 19, 2009.
- Michel, E. N. Rhode, G. Tsiba, W. Stephane, I. O. Y. Simplicite, et M. Vital, « Nutritional and Antioxidant Evaluation and Effect of Eggplant Consumption on Anthropometric and Hematologic Parameters in Wistar Rats », *Food Nutr. Sci.*, vol. 15, n° 04, p. 245-262, 2024, doi: 10.4236/fns.2024.154016.
- Jing P. et al., « Effect of glycosylation patterns of Chinese eggplant anthocyanins and other derivatives on antioxidant effectiveness in human colon cell lines », *Food Chem.*, vol. 172, p. 183-189, avr. 2015, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.100.
- Ebrahimi, P. C. Nicoletto, P. Sambo, F. Tinello, D. Mihaylova, et A. Lante, « Impact of Agronomic Treatments on the Enzymatic Browning of Eggplants (*Solanum melongena* L.) », *Antioxidants*, vol. 12, n° 2, p. 410, févr. 2023, doi: 10.3390/antiox12020410.
- Mishra, B. B. S. Gautam, et A. Sharma, « Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*) », *Food Chem.*, vol. 139, n° 1-4, p. 105-114, août 2013, doi: 10.1016/j.foodchem.2013.01.074.
- Mariame, C. M. S. P. Windinpsidi, et S. Lanciné, « Evaluation of the Efficacy of Castor Oil as a Biopesticide in the Treatment of Leucinodes orborialis Guenee L., A Pest of Eggplant (*Solanum melongena*) », *Int. J. Plant Soil Sci.*, vol. 35, n° 23, p. 257-267, déc. 2023, doi: 10.9734/ijpss/2023/v35i234239.
- Doğan, M. O. Arslan, et S. Doğan, « Substrate specificity, heat inactivation and inhibition of polyphenol oxidase from different aubergine cultivars », *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 37, n° 4, p. 415-423, nov. 2002, doi: 10.1046/j.1365-2621.2002.00580.x.
- Gadhesariya et Malam, « Castor Oil Cake : An Organic Fertilizer », 2021.
- Peltre, C. T. Nyord, S. Bruun, L. S. Jensen, et J. Magid, « Repeated soil application of organic waste amendments reduces draught force and fuel consumption for soil tillage », *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 211, p. 94-101, déc. 2015, doi: 10.1016/j.agee.2015.06.004.
- Maehly, A. C. « The Assay of Catalases and Peroxidases », in *Methods of Biochemical Analysis*, 1^{re} éd., vol. 1, D. Glick, Éd., Wiley, 1954, p. 357-424. doi: 10.1002/9780470110171.ch14.
- Sanni, D. M. C. J. Adeseko, et S. O. Bamidele, « Purification and biochemical characterization of polyphenol oxidase from seeds of melon (*Citrullus colocynthis*) », *Nova Biotechnol. Chim.*, vol. 19, n° 2, p. 223-231, déc. 2020, doi: 10.36547/nbc.v19i2.777.
- Fanny, D. « Dosage de l'azote total par méthode de Kjeldahl », p. 3, 2012.
- Yassine, K. « Détermination de la teneur en azote et en protéines par la méthode KJELDAHL », 2022.
- FAO, *Food energy – methods of analysis and conversion factors*. Italie Rome, 2003.
- AOAC, « Official Method of Analysis : Association of Official Analytical Chemists (AOAC) ». 1990.
- Sluiter A. 2012. et al., « Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass », 2012.