

# Optimisation des paramètres d'extraction à froid de l'huile d'*Azadirachta indica* A.Juss et effets sur quelques caractéristiques chimiques de l'huile extraite

Svitlana Nitièma-Yefanova <sup>(1)</sup>, Gouyahali Son <sup>(2)</sup>, Siédouba Yé <sup>(2)</sup>, Roger H. C. Nébié <sup>(3)</sup>, Yvonne Bonzi-Coulibaly <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Université de Ouagadougou. Département de Chimie. Laboratoire de Chimie Organique, Structure et Réactivité. 03 BP 7021. BF-Ouagadougou 03 (Burkina Faso). E-mail : svetayef@yandex.ru

<sup>(2)</sup> Centre National de Recherche Scientifique et Technologique. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies. Département Mécanisation. 03 BP 7047. BF-Ouagadougou 03 (Burkina Faso).

<sup>(3)</sup> Centre National de Recherche Scientifique et Technologique. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies. Département Substances Naturelles. 03 BP 7047. BF-Ouagadougou 03 (Burkina Faso).

Reçu le 7 novembre 2011, accepté le 3 juillet 2012.

*Azadirachta indica* A.Juss (le neem) est un arbre des régions tropicales très apprécié pour ses multiples potentialités. L'huile extraite de ses amandes est utilisée dans les cosmétiques, en pharmacopée, comme insecticide et pour les besoins énergétiques (biocarburant). La méthode d'extraction la plus ancienne de l'huile est la pression à froid. Toutefois, les paramètres optimaux d'extraction et la qualité de l'huile extraite sont mal connus. L'objectif de la présente étude a été d'identifier les paramètres optimaux d'extraction de l'huile par pressage mécanique à froid et de caractériser l'huile extraite. Les résultats montrent qu'à une température de 25 °C, l'optimum d'extraction pour le pressage des amandes entières est obtenu avec une pression de 30,4 MPa ± 4,1 et un taux de remplissage maximal de la cage de pressage. Le maintien de cette pression pendant 6 min permet d'aboutir à un taux d'extraction de 40,1 % ± 1,1. Le rendement en huile augmente avec la vitesse de la compression des amandes. La réduction de la taille des particules a un effet positif sur le rendement en huile lorsque la charge de la cage ne dépasse pas la moitié de sa capacité. Le meilleur taux d'extraction de 40,3 % ± 0,0 pour les amandes broyées est obtenu avec une pression de 33,7 MPa ± 2,9 et une cage remplie au quart de sa capacité. Les teneurs en eau, fer, cuivre et phosphore de l'huile extraite par pressage sont respectivement 0,14 % ; 11,8 ; 0,1 et 17 ppm. Ces caractéristiques montrent, entre autres, que l'huile de neem issue du pressage à froid a une qualité satisfaisante pour son utilisation dans la production du biodiesel.

**Mots-clés.** *Azadirachta indica*, huile végétale, pressage, extraction par pression, propriété physicochimique, propriété technologique.

**Optimization of the parameters of cold extraction of the oil of *Azadirachta indica* A.Juss and effects on some chemical characteristics of the extracted oil.** *Azadirachta indica* A.Juss (neem) is a tropical tree, popular for its multiple possible uses. The oil extracted from neem kernels is used in cosmetics, as medicines, as insecticides and for energy needs (biofuel). The oldest oil extraction method is cold pressing. However, the optimal parameters of extraction and the quality of extracted oil are poorly known. The purpose of this research was to identify the optimal extracting parameters of neem oil by cold pressing and to characterize the extracted oil. The results showed that at 25 °C, the optimum yield by pressing of whole kernels was obtained with a pressure of 30.4 MPa ± 4.1 and a maximum degree of filling of the pressing cage. We showed that maintaining this pressure for 6 min could lead to an extraction rate of 40.1% ± 1.1. The oil yield increased with the speed of kernel compression. Reducing the particle size had a positive effect on oil yield when the cage load did not exceed half of the cage capacity. The best oil yield of 40.3% ± 0.0 for ground kernels was obtained with a pressure of 33.7 MPa ± 2.9 and a cage filled in the quarter of its capacity. The content levels of water, iron, copper and phosphorus in the oil extracted by pressing were respectively 0.14%; 11.8; 0.1 and 17 ppm. These characteristics indicate, *inter alia*, that neem oil obtained by cold pressing is of appropriate quality for use in biodiesel production.

**Keywords.** *Azadirachta indica*, plant oils, pressing, pressure extraction, chemical properties, technical properties.

## 1. INTRODUCTION

Le neem (*Azadirachta indica* A.Juss [Meliaceae]) est un arbre sempervirent de 5 à 30 m de haut originaire de l'Inde. Il est présent dans toutes les zones tropicales, notamment en Afrique, Amérique, Australie et dans les îles du Pacifique. Il convient aux terres pauvres et supporte la sécheresse (Arbonnier, 2002 ; Petit, 2008). Dès l'âge de trois ans, le neem peut avoir deux fructifications par an et à l'âge adulte, un arbre produit jusqu'à 50 kg de fruits, soit environ 30 kg de graines (Gauvin et al., 2003). La teneur en huile de l'amande de neem est de l'ordre de 50 % de la matière sèche (Sagoua, 2009). L'huile de neem est à multi-usages : pharmaceutique, cosmétique, insecticide (Nacoulma, 1996). Par ailleurs, Bansal et al. (1989) attribuent des qualités énergétiques à l'huile du neem. Les tourteaux obtenus peuvent être utilisés comme insecticides et pour l'amendement des sols.

L'huile de neem est obtenue par extraction chimique ou mécanique. L'extraction chimique offre un rendement en huile de l'ordre de 100 %. Mais son coût élevé couplé à la pollution atmosphérique par les composés volatiles du solvant sont un frein pour les petites unités de transformation, ainsi que la température élevée d'extraction qui affecte la qualité de l'huile. Le rendement au pressage est inférieur à celui au solvant. Toutefois, l'huile obtenue est exempte de traces de solvant et se conserve mieux (Liauw et al., 2008 ; Uquiche et al., 2008). Les meilleurs rendements en huile par pressage ont été obtenus par Soetaredjo et al. (2008) à la température de 30 °C. L'évolution des paramètres chimiques (acidité, indice d'iode et indice de saponification) de l'huile de pressage s'est montrée plus lente que celle de l'huile extraite au solvant à chaud. Ces résultats permettent de dire que l'extraction à froid offre une huile de meilleure qualité.

Pour contribuer à la valorisation des graines de neem, l'objectif du travail a porté sur l'optimisation des paramètres d'extraction mécanique à froid de l'huile de neem et sur l'effet du procédé sur la qualité de l'huile extraite.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Matériel végétal

Les amandes de neem utilisées ont été obtenues en juin 2009 dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso. Après le nettoyage et le séchage, elles ont été conservées à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Le taux d'humidité (2,3 %) et la teneur en huile (45,1 %) des amandes sont déterminés, respectivement, par les méthodes ISO 907 et ISO 659. Les teneurs en fer et en cuivre sont

déterminées par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (AA-7000 Atomic Absorption Spectrophotometer SHIMADZU, Japon) à 248,3 nm, après l'incinération des amandes finement broyées à 550 °C (CARBOLITE, BWF 11/13, England) pendant 10 h et la dissolution complète des cendres obtenues dans une solution aqueuse d'acide nitrique à 5 %. Ces amandes contenaient 196,6 ppm de fer et 11,5 ppm de cuivre. Les essais de pressage ont été réalisés avec des amandes entières (Lanoisellé et al., 1994) et broyées (Tchiegang et al., 2003 ; Yé et al., 2007), comme certains auteurs l'ont fait sur d'autres types de graines oléagineuses. L'extraction de l'huile a été réalisée à la température ambiante d'environ 25 °C et sans un prétraitement thermique des amandes. Le broyage des amandes a été effectué à l'aide d'un moulin à couteaux МРІЯ-2М (Ukraine). Le broyat obtenu a été tamisé à l'aide d'un tamis de marque RETSCH (Germany) de 4 mm d'ouverture de mailles.

### 2.2. Pressage

Le dispositif de pressage est composé d'une presse hydraulique CARVER (3889CE.4DI0000, USA) et d'un mécanisme de pressage fabriqué à cet effet. Le dispositif de pressage comprend une cage cylindrique en inox de 30 mm de diamètre sur 40 mm de hauteur et 5 mm d'épaisseur, à fond ouvert et perforée sur sa longueur de trous de 3 mm de diamètre avec un espacement de 3 mm sur 30 mm de hauteur ; un filtre en coton épais est introduit dans la cage à chaque chargement pour une filtration directe de l'huile extraite et pour empêcher la dissipation des particules solides à travers les perforations de la cage (Yé et al., 2007) ; une bille en acier de 41 mm de diamètre sur laquelle repose la cage pour faciliter ainsi l'écoulement de l'huile extraite à la base ; un piston en acier inoxydable ; un collecteur métallique de l'huile et un démouleur.

Les pesées des échantillons de la matière première, de l'huile extraite et des tourteaux sont effectuées au moyen d'une balance SARTORIUS (BL3100, Germany) de précision 0,1 g.

Les paramètres de pressage utilisés sont la pression de consigne, la durée de temporisation à la pression de consigne, la vitesse de compression et la charge de la cage de pressage. Dans un premier temps, les paramètres optimaux de pressage des amandes entières ont été déterminés et dans un second temps, ceux des amandes broyées. L'optimum des paramètres de pressage est établi en fonction des meilleurs taux d'extraction obtenus pour les différentes variables.

Le taux d'extraction en huile est défini comme le rapport de la quantité de l'huile collectée sur la quantité de l'huile disponible dans la matière introduite. La quantité de l'huile disponible est obtenue en multipliant

la masse des amandes par le pourcentage de matière grasse mesuré par la méthode au solvant. La principale source d'erreurs au niveau de la détermination du taux d'extraction résulte de masses d'huile résiduelle sur les surfaces du dispositif du démoulage et de débris du tissu du filtre dans les trous de la cage après le démoulage.

La durée de temporisation a été définie comme étant le temps qui s'écoule entre le moment où la pression de consigne est atteinte et le tarissement de l'écoulement de l'huile observé à la loupe. Cette durée a été mesurée au moyen d'un chronomètre de précision à la seconde sur cinq échantillons de matière. La pression constante de 34,5 MPa, identifiée par Soetaredjo et al. (2008), a été utilisée dans le cas des amandes entières. Pour les amandes broyées, la moyenne de la plage des pressions optimales (30,5 MPa) obtenue dans cette étude avec les amandes entières a été retenue comme référence pour la détermination de la durée de temporisation. La vitesse maximale de compression et la charge de la cage pleine sont restées constantes.

La moyenne des durées de temporisation des meilleurs taux d'extraction a été confirmée par un pas de  $\pm 100$  s et retenue comme référence pour la suite des essais.

La pression optimale est déterminée en gardant constants les autres paramètres (durée de temporisation, vitesse de compression maximale et cage pleine). Soetaredjo et al. (2008) ont montré que le taux d'extraction de l'huile de neem croît avec la pression jusqu'à 5000 psi, soit 34,5 MPa. La pression de 34,5 MPa a été encadrée par une série de pressions avec un pas moyen de 5 MPa pour déterminer la plage des pressions optimales. Pour chaque pression étudiée, au moins cinq répétitions sont effectuées.

Selon Lanoisellé et al. (1994), la vitesse de compression a une influence sur le rendement d'extraction. Exprimée en mégapascal par seconde ( $\text{MPa}\cdot\text{s}^{-1}$ ), elle est définie comme étant le quotient de la pression de consigne (MPa) sur la durée (s) qui s'écoule entre le début de la mise en pression du piston et l'instant où la pression de consigne est atteinte. À raison de cinq répétitions par vitesse, les vitesses de compression de 100, 75, 50 et 25 % ont montré des vitesses respectives de 1 ; 0,9 ; 0,7 et 0,6  $\text{MPa}\cdot\text{s}^{-1}$  pour les amandes entières et de 1 ; 0,9 ; 0,8 et 0,7  $\text{MPa}\cdot\text{s}^{-1}$  pour les broyats à la pression optimale. Le taux moyen d'extraction de cinq répétitions est déterminé pour chaque vitesse de compression.

Le pressage des graines de coton a montré que l'augmentation de l'épaisseur du gâteau entraînait une augmentation notable de la teneur en huile résiduelle dans les tourteaux (Lanoisellé et al., 1994). Dans le cas des amandes de ricinodendron, le rendement d'extraction de l'huile augmente avec la charge de la cage et ce, jusqu'à 37,5 % (Tchiegang et al., 2003). Pour

rechercher le taux de remplissage optimal, la charge de la cage à 100 % correspondant à 13 g de produit a été subdivisée en cinq portions (3/4 ; 2/3 ; 1/2 ; 1/3 et 1/4). Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque taux de remplissage de la cage en appliquant l'optimum du temps de temporisation, de la pression et de la vitesse de compression établi précédemment. Le taux d'extraction moyen est calculé pour chaque portion afin d'identifier la charge optimale de la cage.

Dans cette étude, l'analyse statistique a été effectuée sur le tableur Excel 2007 et les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type.

### 2.3. Caractérisation de l'huile extraite et des tourteaux de pressage

La teneur en huile résiduelle des tourteaux est déterminée selon la norme NF V 03-924. La balance OHAUS (Voyager, Switzerland) de précision 0,1 mg a été utilisée pour les pesées de masses.

Selon Soetaredjo et al. (2008), le matériel de pressage peut favoriser la contamination en métaux (fer, cuivre, etc.) qui sont les pro-oxydants. Pour une huile carburant, l'oxydation augmente l'indice de cétane relatif à la qualité de combustion, mais elle est défavorable du point de vue de la formation des aldéhydes et cétones favorisant le colmatage de certains organes du moteur (Sarin et al., 2009). Il en est de même pour les phospholipides, dont la teneur dans l'huile extraite au solvant est généralement supérieure à celle des huiles obtenues par pressage à froid (Quinsac et al., 2005). Les teneurs en fer et en cuivre des tourteaux et de l'huile extraite ont été déterminées par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme décrite en 2.1.

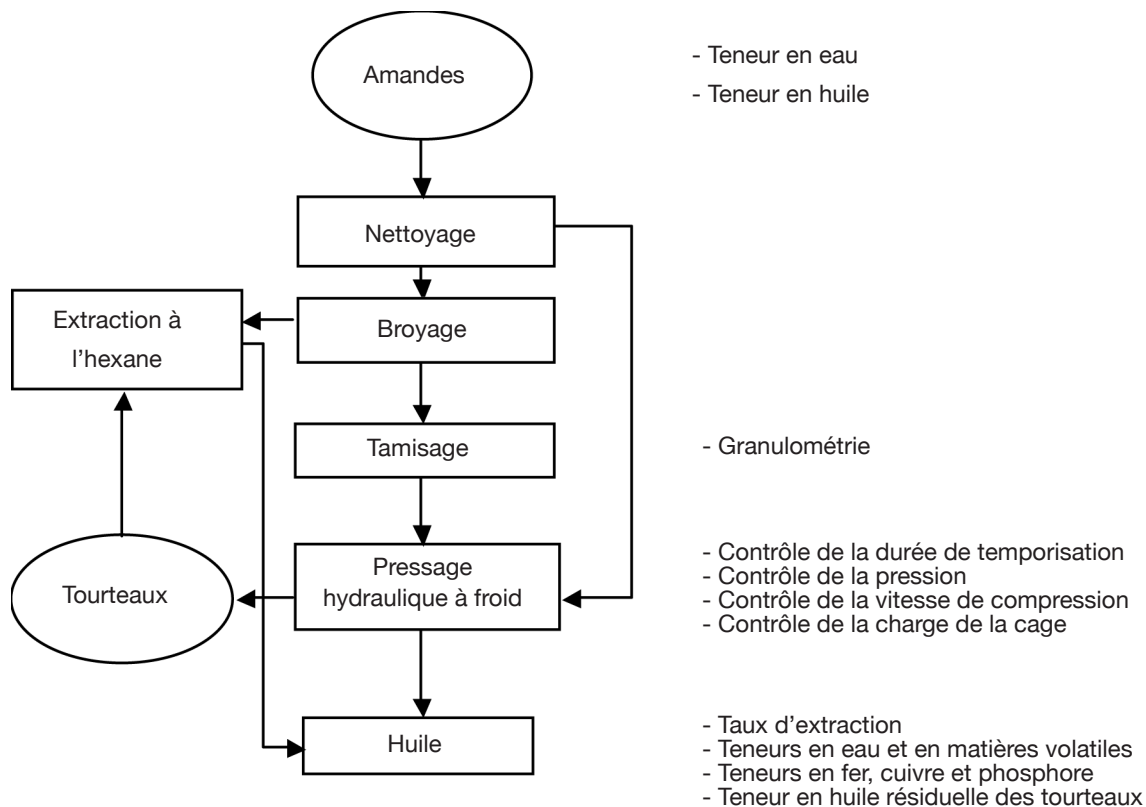
La teneur en phosphore de l'huile est déterminée par un dosage colorimétrique du phosphovanadomolybdate à 460 nm (T70 UV/VIS Spectrophotometer, PG Instruments Ltd, England) et sa teneur en eau et matières volatiles suivant la norme ISO 662 (Wolff, 1968).

La **figure 1** résume l'ensemble des activités réalisées dans cette étude.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Durée de temporisation

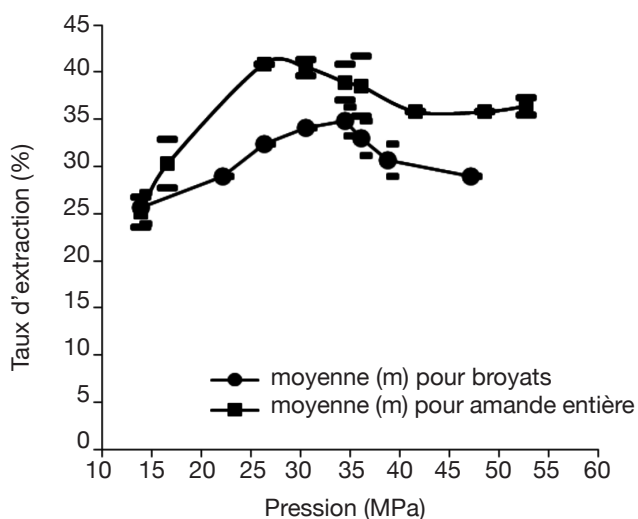
Les durées de temporisation optimales obtenues sont de 353 s (environ 6 min) pour les amandes entières et de 397 s (environ 7 min) pour leur broyat correspondant, respectivement, aux taux d'extraction de 41,0 % et de 34,1 %. Il apparaît que la meilleure durée de temporisation et le meilleur taux d'extraction sont obtenus avec les amandes entières.



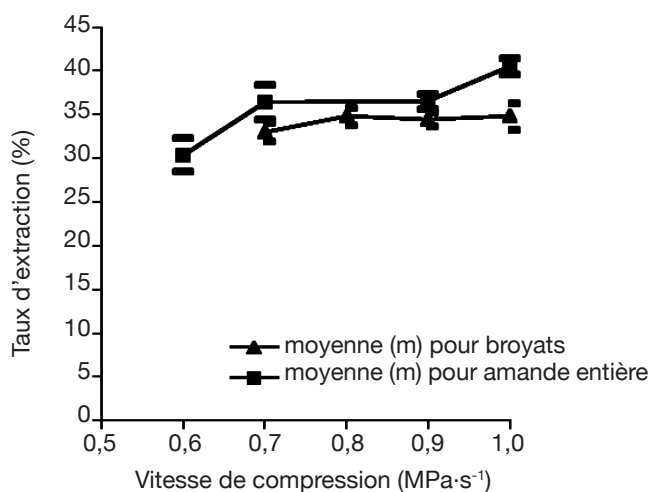
**Figure 1.** Organigramme du procédé de pressage et paramètres mesurés aux différentes phases (d'après Yé et al., 2007) — *Flow chart of the pressing process and parameters measured at each step (according to Yé et al., 2007).*

### 3.2. Pression

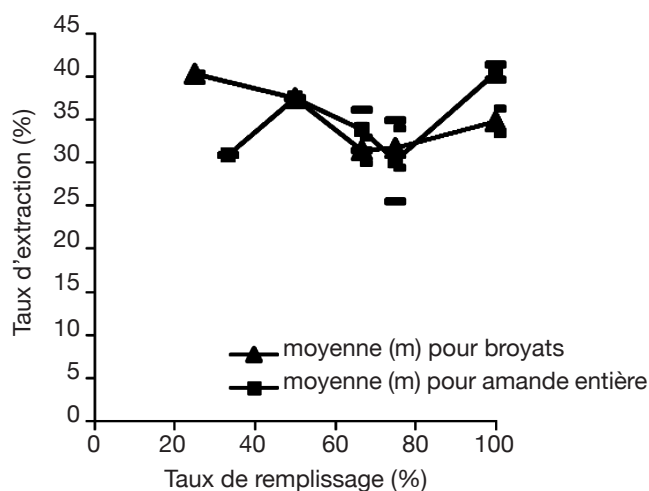
La pression optimale est celle qui donne le meilleur taux d'extraction à la durée de temporisation optimale propre à chaque type de granulométrie. La **figure 2** montre que la plage de pression optimale pour les amandes entières s'est établie entre 26,3 et 34,5 MPa avec une moyenne de 30,4 MPa et un taux d'extraction de  $40,1\% \pm 1,1$ . Pour les broyats d'amandes, un optimum de pression se situe autour de 33,7 MPa pour une plage de pression optimale comprise entre 30,5 et 36,1 MPa avec un taux d'extraction de  $34,0\% \pm 0,9$ . Il a été observé que les tourteaux des broyats sont plus compacts que ceux des amandes entières. La faible performance du taux d'extraction à des pressions élevées des amandes entières et broyées pourrait s'expliquer par le bouchage des cellules huileuses sous l'effet de la pression, empêchant ainsi le drainage de l'huile vers l'extérieur du gâteau. Le pressage des broyats d'amandes de neem s'est révélé moins efficace, dans les conditions de l'expérience décrites ci-dessus, que des amandes entières, montrant ainsi l'effet négatif de la réduction de la taille des particules sur le taux d'extraction. Le pressage des amandes entières serait donc recommandé pour un meilleur taux d'extraction.



**Figure 2.** Effets de la pression et de la granulométrie sur le taux d'extraction de l'huile des amandes d'*Azadirachta indica* — *Effects of pressure and particle size on the extraction yield of oil from kernels of Azadirachta indica.*



**Figure 3.** Variation du taux d'extraction de l'huile en fonction de la vitesse de compression et de la granulométrie — *Variation of oil extracted yield with compression speed and particle size.*



**Figure 4.** Variation du taux d'extraction de l'huile en fonction de la charge de la presse et de la granulométrie — *Variation of oil extracted yield with load of the press and the particle size.*

### 3.3. Vitesse de compression

Le taux d'extraction est d'autant meilleur que la vitesse de compression est élevée (**Figure 3**) pour les amandes entières. Ceci peut être expliqué par le fait que la compression rapide ne laisse pas suffisamment de temps aux amandes de se repositionner pour combler les vides existants, si bien que la structure reste poreuse et favorise l'écoulement de l'huile. Aussi, plus les broyats sont de petites tailles, plus les lacunes seront réduites et plus l'écoulement sera difficile. Cependant, cette explication pourrait être valable pour l'intervalle de pressions optimales au-delà duquel un compactage rapide et plus important de la matière aurait un effet défavorable sur le taux d'extraction de l'huile. La vitesse de compression maximale de 1 MPa·s<sup>-1</sup> pour les amandes entières a donné un meilleur taux d'extraction, de 40,5 % ± 0,9. Pour les amandes broyées, l'effet de la vitesse est moins exprimé, toutefois une compression rapide (1 MPa·s<sup>-1</sup>) a permis d'obtenir un taux d'extraction maximal de l'ordre de 34,8 % ± 1,5.

### 3.4. Charge de la cage de pressage

Il a été observé dans cette étude que le remplissage de la cage au quart de sa capacité donne le meilleur taux d'extraction (40,3 % ± 0,0) pour les amandes broyées, alors que l'optimum d'extraction pour les amandes entières est obtenu lorsque la cage est remplie complètement (**Figure 4**). La hauteur de 40 mm de la cage apparaît plus économique car elle permet de traiter plus de matière.

Les représentations graphiques de l'évolution du taux d'extraction avec la pression appliquée et la charge de la cage de la presse comportent quelques fois les moyennes de taux d'extraction avec un écart-type égal à zéro. Cet écart-type s'explique par une constance dans les résultats des répétitions d'essais successifs. L'ensemble des paramètres optimaux du pressage des amandes du neem est résumé dans le **tableau 1**.

**Tableau 1.** Paramètres optimaux de l'extraction de l'huile des amandes d'*Azadirachta indica* par pressage hydraulique à température ambiante — *Optimal parameters of oil extraction from Azadirachta indica kernels by hydraulic pressing at ambient temperature.*

Paramètre	Amandes entières	Amandes broyées
Durée de temporisation (s)	353	397
Pression appliquée (MPa)	30,4 ± 4,1	33,7 ± 2,9
Vitesse de compression (MPa·s <sup>-1</sup> )	1	1
Taux de remplissage de la cage (%)	100	25
Taux d'extraction (%)	40,1 ± 1,1	40,3 ± 0,0



### 3.5. Effet du pressage sur la qualité de l'huile carburant et des tourteaux

La teneur en eau et en matières volatiles (0,54 %) de l'huile extraite à l'hexane est environ quatre fois plus élevée que celle obtenue par pressage (0,14 %). L'huile extraite à l'hexane contient près de 2 % du fer contenu dans l'amande, contre 6 % dans l'huile obtenue par pressage, soit, respectivement, 3,5 et 11,8 ppm. En plus, l'huile de pressage contient les traces de cuivre (0,1 ppm). Par ailleurs, les tourteaux obtenus par pressage renferment environ 39 % de fer et 32 % de cuivre de plus que les amandes utilisées. Il se déduit qu'il y a eu contamination entre les matériaux de pressage et la matière pressée. Cette contamination reste un facteur défavorable à la conservation de l'huile et des tourteaux à cause des risques d'oxydation plus importants. Ces résultats montrent que l'huile du neem se comporte comme un solvant en présence du fer et du cuivre.

Quant à la teneur en phosphore dans l'huile extraite à l'hexane, elle est environ deux fois plus élevée que dans celle extraite par pressage, respectivement, 33 et 17 ppm. Ainsi, l'huile obtenue par pressage apparaît plus appropriée à l'utilisation de biocarburant, malgré la teneur relativement élevée en fer.

La teneur en huile résiduelle a été évaluée à 27,8 % dans les tourteaux des amandes entières et à 28,7 % dans les tourteaux des broyats.

## 4. CONCLUSION

Cette expérience a permis de montrer que l'extraction de l'huile avec les amandes entières est plus efficace qu'avec les amandes broyées à température ambiante. La pression optimale d'extraction avec les amandes entières est de 30,4 MPa ± 4,1 pour un taux d'extraction de 40,1% ± 1,1. Ces résultats sont obtenus avec une hauteur optimale de la cage de pressage de 40 mm, une vitesse de 1 MPa·s<sup>-1</sup> et une durée de temporisation de 353 s.

La caractérisation de l'huile obtenue a montré que l'huile de neem se comporte comme un solvant en présence du fer. L'extraction de l'huile de neem par pressage nécessitera donc l'utilisation des matériaux résistants à la dissolution dans l'huile, afin de réduire les risques d'oxydation lors de sa conservation. Toutefois, les propriétés d'huile carburant sont meilleures pour l'extraction par pressage qu'à l'hexane, en raison de la faible teneur en phosphore.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD).

## Bibliographie

- Arbonnier M., 2002. *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. Paris : CIRAD, MNHN.
- Bansal B.B. & Juneja N.N., 1989. *Performance evaluation of neem oil (Melia azadirachta) as diesel engine supplementary fuel*. Land and water use. Rotterdam, The Netherlands: Balkema.
- Gauvin M.-J., Belanger A., Nébié R. & Boivin G., 2003. *Azadirachta indica* : l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif ? *Phytoprotection*, **84**, 115-119.
- Lanoisellé J.-L. & Bouvier J.-M., 1994. Le pressage hydraulique des oléagineux : mise au point. *Rev. Fr. Corps Gras*, **41**(3-4), 61-72.
- Liau M.Y. et al., 2008. Extraction of neem oil (*Azadirachta indica* A.Juss) using n-hexane and ethanol: studies of oil quality, kinetic and thermodynamic. *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, **3**(3), 49-54.
- Nacoulma O.G., 1996. *Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso. Cas du plateau central*. Thèse de doctorat : Université de Ouagadougou (Burkina Faso).
- Petit J.-L., 2008. L'insecticide se fait désirer. *Biofil*, **57**, 49-51.
- Quinsac A. et al., 2005. L'extrusion-pression, procédé adapté à la trituration de graines de soja pour les filières avicoles locales tracées. In : *Actes des 6<sup>e</sup> Journées de la Recherche Avicole*, 30 et 31 mars 2005, St Malo, France, [http://www.journees-de-la-recherche.org/JRA/Contenu/Archives/6\\_JRA/Nutrition/N102-QUINSAC-CD.pdf](http://www.journees-de-la-recherche.org/JRA/Contenu/Archives/6_JRA/Nutrition/N102-QUINSAC-CD.pdf), (27/09/11).
- Sagoua W., 2009. *Étude synergétique du couplage du système lactoperoxydase avec d'autres molécules naturelles actives ayant les propriétés antifongiques pour l'amélioration de la conservation en frais des bananes*. Thèse de doctorat : Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France).
- Sarin A. et al., 2009. Influence of metal contaminants on oxidation stability of *Jatropha* biodiesel. *Energy*, **34**, 1271-1275.
- Soetaredjo F.E., Budijanto G.M., Prasetyo R.I. & Indraswati N., 2008. Effects of pre-treatment condition on the yield and quality of neem oil obtained by mechanical pressing. *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, **3**(5), 45-49.
- Tchiegang C., Dandjouma A.A., Kapseu C. & Parmentier M., 2003. Étude des conditions d'extraction de l'huile par pressage des amandes de *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Pax. *J. Food Eng.*, **58**(4), 363-371.
- Uquiche E., Jeréz M. & Ortiz J., 2008. Effect of pre-treatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol). *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, **9**(4), 495-500.
- Wolff J.P., 1968. *Manuel d'analyse des corps gras*. Paris : Azoulay
- Yé S. et al., 2007. Étude des paramètres opératoires de pressage mécanique des amandes de *Vitellaria paradoxa* Gaertn C.F. (karité). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **11**(4), 267-273.
- (15 réf.)