

Production du bioéthanol à base de pulpe des fruits de neem (*Azadirachta indica*)

G. Sabba¹, Aboubakar², Y.N. Njintang³ et C.M.F. Mbofung⁴

¹ The Higher Institute of the Sahel, University of Maroua P.O. Box 46 Maroua-Cameroon

² Faculty of Sciences University of Maroua P.O. Box 814 Maroua-Cameroon

³ Faculty of Sciences University of Ngaoundere P.O. Box 454 Ngaoundere-Cameroon

⁴ College of Technologies, University of Bamenda P.O. Box 49 Bamendi-Cameroon

(reçu le 10 Mars 2018 - accepté le 30 Mars 2018)

Abstract - This study is a contribution to the valorisation of neem fruit pulp (*Azadirachta indica*) to produce bio ethanol by alcoholic fermentation. During this study, a physical characterization of neem fruit and physicochemical neem pulp were performed. Also, the variation of the concoction pH of the fermentation tests was carried out in order to find the ideal pH for optimal production of bio ethanol by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The results obtained show that the pulp represents about 48% of the total mass of neem fruit. And also reveals that the neem pulp is very rich in total sugars (74% for Makabaye and 73% for Baoliwol) and that they can be converted into bioethanol by alcoholic fermentation. The unadjusted wort pH (pH=5.4) resulted in a maximum bioethanol production of 5.1 ml/100g DM in 05 days of fermentation compared to other fermentation tests (pH=4.3, 4.5 and 4.7). Also, the distillation of the fermented concoction has made it possible to obtain bio ethanol with an alcohol content of 85% (v/v). This study has shown that neem fruit pulp can be used as an organic material rich in sugars, with a view to intensive production of bio ethanol.

Résumé - Cette étude est une contribution à la valorisation de la pulpe des fruits de neem (*Azadirachta indica*) pour produire du bioéthanol par fermentation alcoolique. Au cours cette étude, une caractérisation physique des fruits de neem et physico-chimique de pulpe de neem ont été effectuées. Aussi, la variation du pH du moût des essais de fermentation a été réalisée afin de trouver le pH idéal pour une production optimale du bioéthanol par la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Les résultats obtenus montrent que la pulpe représente environ 48% de la masse totale du fruit de neem. Elle révèle également que la pulpe de neem est très riche en sucres totaux (74% pour Makabaye et 73% pour Baoliwol) et que ces derniers peuvent être transformés en bioéthanol par fermentation alcoolique. Le pH du moût non ajusté (pH=5.4) a permis d'obtenir une production maximale du bioéthanol de 5.1 ml/100g de MS en 05 jours de fermentation par rapport aux autres essais de fermentation (pH=4.3, 4.5 et 4.7). Aussi, la distillation du moût fermenté a permis d'obtenir du bioéthanol avec une teneur en alcool de 85% (v/v). Cette étude a montré que la pulpe des fruits de neem peut être utilisée comme matière organique riche en sucres, dans la perspective d'une production intensive du bioéthanol.

Keywords: Neem pulp - Physicochemical characterization - Concoction - Alcoholic fermentation - bioethanol.

1. INTRODUCTION

La demande de plus en plus croissante en pétrole et les effets néfastes tels que les changements climatiques qui en résultent (Bunthita *et al.*, 2016), ont conduit à la recherche des sources d'énergies alternatives ayant très peu d'impact sur l'environnement (Siti *et al.*, 2017; Novidzro *et al.*, 2013). Ainsi, l'épuisement des réserves en pétrole brut et la flambée des coûts des bruts offrent d'excellentes perspectives au bioéthanol (Boulal *et al.*, 2010), considéré comme une alternative appropriée à l'essence (Chamoumi, 2015).

Le bioéthanol utilisé comme biocarburant est majoritairement produit à partir des organes de réserves des plantes (Riess, 2012). Mais, l'utilisation de ces organes de

réserves pour la production du bioéthanol entre en concurrence directe avec les produits destinés à l'alimentation humaine (Maria, 2012).

Pour surmonter ces problèmes, les recherches se sont orientées vers la valorisation des matières organiques non comestibles pour la production du bioéthanol. En effet, l'utilisation des fruits de neem s'avère très intéressante, car sa graine permet de produire de l'huile et sa pulpe contient des sucres. Ces sucres peuvent être valorisés par un procédé biotechnologique pour la production d'un produit à haute valeur ajoutée, comme le bioéthanol.

Au Cameroun, la lutte contre la désertification et le changement climatique est une préoccupation gouvernementale. Face à ces enjeux, le neem constitue l'un des arbres le plus utilisé pour le reboisement dans les régions sahéliennes (Foundoun, 1998). En Mars 2011, selon la Délégation Régionale de l'Environnement et de la Protection de la Nature de l'Extrême-Nord, près de 560 000 plantes de neem et d'*Acacia* ont permis de reboiser environ 1500 hectares à Léré (Département du Mayo Kani).

De plus, selon Tizé *et al.* (2016), environ 45 500 arbres de neem sont repartis dans la ville de Maroua (Cameroun). A maturité, le neem produit annuellement en moyenne 50 kg de fruits sucrés (Formad, 2013), dont la pulpe (48% de la masse totale des fruits de neem), reste encore non valorisée. De ce fait, la pulpe de neem représente donc une quantité importante de biomasse, qui nécessite une valorisation énergétique.

Dans l'optique de valoriser la pulpe des fruits de neem, l'objectif de cette étude est la caractérisation physico-chimique de la pulpe de neem en vue de produire du bioéthanol. De manière spécifique, il s'agit de déterminer la teneur en sucres totaux de la pulpe des fruits de neem, la production spécifique et la teneur alcoolique du bioéthanol obtenu à partir de la pulpe des fruits de neem.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Zone d'étude et matériel végétal

L'étude s'est intéressée aux sites de production des fruits de neem pendant la période de Février-Mars 2017 dans la région de l'Extrême-Nord (Cameroun). Quatre (04) sites ont été retenus pour la collecte des fruits de neem: (02) sites dans le Mayo-Sava (Mora et Mora I) et (02) sites dans le Diamaré (Makabaye et Baoliwol).

Les fruits de neem ont été triés sur la base de la couleur de la peau (de préférence jaune) et de l'aspect (frais) au toucher, tombés de l'arbre entre 24 et 48 heures. Cependant, pour le site de Mora I, les fruits de neem, les fruits secs ont été collectés (jaunes et fermes au toucher) et n'ont fait l'objet d'aucun critère de sélection au préalable.

Le matériel végétal est constitué des fruits de neem, collectés dans (04) sites de la région de l'Extrême-Nord.

2.2 Matériel biologique

Le matériel biologique est la souche de levure sèche *Saccharomyces cerevisiae* (Lesaffre, Turquie), utilisée pour la fermentation alcoolique du jus de pulpe des fruits de neem.

2.3 Méthodologie

2.3.1 Caractéristiques physiques des fruits de neem

Les paramètres, tels que le poids moyen, les proportions en pulpes et en amandes ont été considérés. Le poids moyen a été déterminé par pesée des lots de 100 fruits secs de neem à l'aide d'une balance (Compact Scale Electronic, USA). Les masses des

composantes des fruits ont été déterminées par pesée après dénoyautage (retrait de l'amande) des lots de 200 g de fruits secs de neem.

2.3.2 Procédé d'obtention de la poudre de pulpe de neem

Les fruits de neem ont été triés lors de la collecte sur les sites et ont été nettoyés avec de l'eau (figure 1a). Les fruits ont été repartis sur un plateau rectangulaire, placé sur le toit pour capter le maximum du rayonnement solaire pendant en moyenne 3 à 4 jours. Les fruits sont retournés de temps en temps pour accélérer et harmoniser le temps de séchage (figure 1b).

Une fois ce séchage effectué, chaque fruit placé en position horizontal est découpé en deux à l'aide d'un couteau (Stainless Steel, China) et l'amande est retirée. La pulpe obtenue a été exposé au soleil pendant 6-8 jours en moyenne et la fin du séchage est observée lorsque les pulpes sont fermes à la pression des doigts.



a- Fruits mûrs et frais



b- Fruits séchés

Fig. 1: Séchage des fruits de neem

Les pulpes ainsi obtenues, ont été broyées à l'aide d'un mortier en bois jusqu'à l'obtention de la poudre et cette dernière a été tamisée à l'aide d'un tamis de mailles égales à 500 μm , avant d'être acheminée au laboratoire.



a- Pulpe séché de neem



b- Poudre de pulpe de neem

Fig. 2: De la pulpe sèche de neem à la poudre de pulpe de neem

2.3.3 Caractérisation physico-chimique de la pulpe de neem

La matière sèche a été déterminée sur une masse de 5 grammes de pulpe de neem, placé dans une étuve isotherme à 105 °C jusqu'à une masse pratiquement constante (AFNOR, 1982). La teneur en cendres totales a été déterminée par calcination de la prise d'essai ayant servi à la matière sèche, dans un four haute température à 550 ± 15 °C (AFNOR, 1982).

La teneur en lipides totaux a été déterminée selon la méthode russe (Bourelly, 1982). Les protéines ont été dosées selon la méthode de Devani *et al.* (1989) après minéralisation selon la méthode de Kjeldahl (AFNOR, 1984). Le dosage des sucres totaux a été effectué par la méthode au phénol-sulfurique (Dubois *et al.*, 1956).

2.3.4. Fermentation alcoolique du jus de la pulpe de neem

2.3.4.1 Préparation de l'inoculum

L'inoculum a été obtenu selon le protocole décrit par Massengo *et al.* (2016). La levure est pré-cultivée par l'introduction de 06 g la souche de levure sèche *Saccharomyces cerevisiae* (Lesaffre, Turquie) dans 100 ml d'eau distillée, contenant 44 ml d'une solution de saccharose à 12 % (v/v), sous agitation continue pendant 90 minutes et à une température de 27°C (Gauthier *et al.*, 2005).

2.3.4.2 Extraction du jus de pulpe de neem et préparation du moût de fermentation

L'extraction du jus de pulpe des fruits de neem a été effectuée selon la procédure adaptée de Chniti (2015). Une masse de 200 g de poudre diluée avec de l'eau distillée à un ratio de dilution 1/5 (m/v), est portée à 70°C pendant 60 minutes (Chniti *et al.*, 2013), sous agitation continue.

Le jus est filtré à l'aide de la mousseline après refroidissement. Le jus obtenu a été chauffé à 85°C pendant 20 minutes pour éliminer la flore bactérienne et refroidi à température ambiante (Diakabana *et al.*, 2013; Massengo *et al.*, 2016). Le milieu est enrichi avec de l'urée (NH_2CONH_2 ; 4 g/l) pour assurer une croissance optimale des levures et accélérer la cinétique de la fermentation (Novidzro *et al.*, 2013; Gbohaida *et al.*, 2016). L'inoculum dans le ratio $\frac{\text{Inoculum}}{\text{Moût}} = 1:500(\text{v/v})$ a été ajouté au moût de fermentation, sous agitation continue.

2.3.4.3 Ajustement à différents pH du moût de pulpe de fermentation

A partir des moûts de pulpe de neem obtenus, 04 essais de fermentation alcoolique ont été effectués: un essai où le pH du moût n'a pas été ajusté (pH=5.4) et 03 essais dont le pH des moûts ont été ajustés à 4.3, 4.5 et 4.7 avec une solution d'acide sulfurique diluée (H_2SO_4 , 1.5N).

Une fois que le pH recherché est atteint pour les différents moûts ajustés (4.2, 4.5, et 4.7) et le moût non ajusté, ces derniers sont transférés dans des fermenteurs de 1 litre et conduit en anaérobiose pendant 120 heures (Ameyapoh *et al.*, 2006), à une température de $30 \pm 2^\circ\text{C}$ (Boulal *et al.*, 2013, 2010; Kaïdi et Touzi, 2001). Le dispositif de la fermentation alcoolique est présenté par la figure 3.

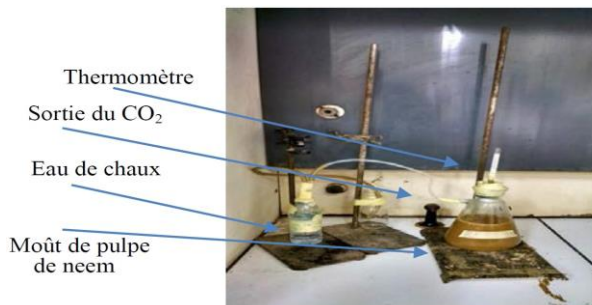


Fig. 3: Dispositif de fermentation alcoolique (Labo ENSAI, Juin 2017)

Le suivi de la fermentation a été effectué par prélèvement de 10 mL à l'aide d'une seringue tous les 24 heures et pendant 120 heures. Les paramètres contrôlés sont: le pH, la température et la densité du moût de fermentation.

A la fin de la fermentation alcoolique, l'éthanol contenu dans le moût est extrait par distillation à la température de 78.5 °C (Diakabana *et al.*, 2016).

2.3.4.4 Teneur en alcool du bioéthanol obtenu

La productivité en éthanol a été déterminée par mesure directe du volume du distillat obtenu (après la distillation) pour chaque essai de fermentation. Le degré alcoolique a été déterminé après la distillation du mélange du bioéthanol lors de la distillation des différents essais de la fermentation. Le degré alcoolique a été déterminé par la méthode de l'OIML (1973).

2.4 Analyses statistiques

Chaque expérience a été répétée 03 fois pour les analyses physico-chimiques de la pulpe et la caractérisation physique des fruits. Les essais de fermentation à différents pH ont été réalisés en duplicata. Les résultats obtenus ont été exprimés sous la forme: $M \pm \sigma$, avec σ l'écart type et M la moyenne. Une probabilité $p < 5\%$ a été considérée comme une différence non significative dans l'analyse des données.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractérisation physique des fruits de neem

Les caractéristiques physiques des fruits de neem sont présentées par le **Tableau 1**.

Tableau 1: Caractéristiques physiques des fruits de nem

Paramètres	Sites	Makabaye	Mora	Mora I	Baoliwol
Poids moyen (g) ¹		260.25±2.34 ^a	238.45±2.62 ^a	240.19±0.90 ^a	264.25±0.50 ^e
Teneur en amande (%) ²		52.45±0.34 ^b	51.35±0.34 ^b	52.15±0.34 ^b	52.21±0.54 ^b
Teneur en Pulpe (%) ²		47.55±2.50 ^c	48.65±1.40 ^c	47.85±1.70 ^c	47.79±2.20 ^c

Les chiffres présentant les mêmes lettres en exposants sur la même ligne indiquent que ces valeurs ne sont pas significativement différentes à $p < 5\%$.

3.2 Caractérisation physico-chimique de la pulpe de neem

La caractérisation physico-chimique de la pulpe de neem est présentée par le **Tableau 2**.

Tableau 2: Composition physico-chimique de la pulpe de neem

Paramètres	Sites	Makabaye	Mora	Mora I	Baoliwol
Teneur en matière sèche (g/100g)		90.27±0.30 ^a	87.33±0.30 ^a	87.67±0.30 ^a	89.00±0.40 ^a
Cendres totales (g/100g MS)		06.31±0.13 ^m	08.10±0.16 ⁿ	07.57±0.19 ^b	07.26±0.69 ^b
Teneur en lipides (g/100g MS)		03.94±0.18 ¹	05.09±0.49 ^c	04.84±0.25 ^c	05.52±0.08 ^j
Teneur en protéines (g/100g MS)		04.23±0.15 ^d	04.45±0.35 ^d	03.19±0.49 ^k	04.34±0.25 ^d
Sucres totaux (g/100g MS)		74.63±0.60 ^e	57.56±0.10 ^x	20.17±1.5 ^y	73.59±2.08 ^e

Les chiffres présentant les mêmes lettres en exposants sur la même ligne indiquent que ces valeurs ne sont pas significativement différentes à $p < 5\%$.

3.3 Cinétique fermentaire

3.3.1 pH

La consommation des substrats carbonés et azotés s’accompagne de la production des métabolites acides et de l’éthanol. Ce qui justifie la diminution du pH des différents moûts au cours de la fermentation alcoolique, représenté par la figure 4.

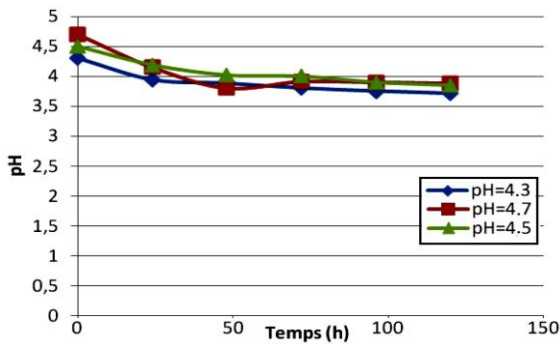


Fig. 4: Suivi du pH de la fermentation alcoolique du moût de neem

3.4 Densité du moût de fermentation

La diminution de la densité (figure 5) est observée pour les différentes valeurs de pH (4.3, 4.7 et 4.5), ce qui peut être expliquée par la transformation des sucres fermentescibles en alcool et la perte de masse sous forme de CO₂ (Gaillard *et al.*, 1995).

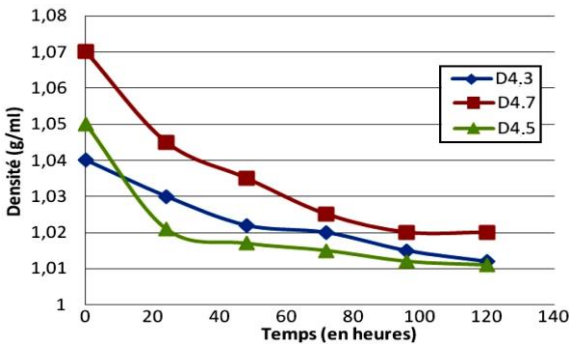


Fig. 5: Suivi de la densité des moûts de fermentation

3.5 Productivité du et degré alcoolique

La production du bioéthanol pour les différents essais de fermentation alcoolique est présentée par le **Tableau 3**.

Tableau 3: Teneur en alcool des moûts de neem

	pH	Teneur en alcool (ml/100g de MS)
Moût ajusté	4.3 ⁱ	3.1 ^a
	4.5 ⁱ	3.0 ^a
	4.7 ⁱ	4.2 ^b
Moût non ajusté	5.4 ^j	5.1 ^c

Les chiffres présentant les mêmes lettres en exposants sur la même ligne indiquent que ces valeurs ne sont pas significativement différentes à p < 5% .

Les paramètres du obtenu après distillation sont consignés dans le **Tableau 4**.

Tableau 4: Degré alcoolique (% vol.) du obtenu

Paramètres	Valeurs
Masse volumique ¹ (kg/m ³)	0.84
Température ² (°C)	25
Alcool ³ (% vol.)	85

Le bioéthanol obtenu possède les caractéristiques suivantes: volatil, limpide (figure 6a) et inflammable (figure 6b).



a- Bioéthanol produit



b- Test de combustion

Fig. 6: produit à partir de la pulpe des fruits de neem
(Laboratoire Biosciences, ENSPM, 11/2017)

3.6 Discussion

La pulpe des fruits de neem avec sa forte teneur en sucres totaux (72-73%), est donc une source importante de production du bioéthanol. Ces teneurs sont supérieures comparées aux teneurs en sucres totaux des moûts de dattes (50-60%) (Boulal *et al.*, 2013).

La faible production du bioéthanol à partir de pulpe de neem serait en partie due à la perte des protéines et des éléments nutritifs au cours du filtrage du jus. En effet, ces éléments nutritifs sont nécessaires à la croissance et au développement des micro-organismes.

Une faible teneur en sucres disponibles peut aussi réduire le rendement de la production du . Cependant, l'utilisation des enzymes comme la pectinase (Ezoua *et al.*, 1999) ou un prétraitement de la pulpe au préalable (Alain, 2008) permettrait d'obtenir des rendements importants en sucres disponibles et éventuellement d'améliorer la productivité en éthanol.

La forte production du bioéthanol à pH=5.4 et pH=4.7 comparée aux autres essais (pH=4.5 et pH=4.3) est fortement liée aux activités de la levure *Saccharomyces cerevisiae*. La baisse du pH observée lors du suivi des essais de fermentation, témoigne d'une activité microbienne, source de production des composés acides (Ezoua *et al.*, 2008). Ces derniers semblent avoir un effet inhibiteur de la croissance cellulaire en provoquant une diminution de la production de biomasse (Giannattasio *et al.*, 2005). Ce qui peut justifier la faible production du bioéthanol à pH=4.3 et pH=4.5.

En début de fermentation, on note une diminution rapide de pH et une augmentation subséquente de l'acidité des différents essais de fermentation. Cette phase pourrait correspondre à la phase de croissance des levures, se traduisant par la production des

métabolites secondaires. L'augmentation de l'acidité pourrait être aussi due à la production du CO₂ ou des composés acides par la levure pendant la fermentation.

Après 03 jours de fermentation, on observe une stabilisation des pH au niveau des différents essais. Cela pourrait correspondre à l'épuisement du milieu en sucres fermentescibles ou à la saturation des milieux par des métabolites secondaires susceptibles d'inhiber la croissance des levures ou de ralentir leur activité fermentaire (Novidzro *et al.*, 2013). Aussi, Ouédraogo *et al.* (1999) ont montré que la croissance de *Saccharomyces cerevisiae* est optimale à pH=5.

La fermentation des différents essais prend fin à partir du 3^{ème} jour alors que l'arrêt est remarqué au 5^{ème} jour. Cette observation est en accord avec celle de Gbohaida *et al.* (2016).

De plus, La baisse de la densité observée pour les différents essais est due à une perte de matière (sous forme de gaz carbonique) lors de la fermentation alcoolique (Kouakou *et al.*, 1987) et à la transformation des sucres en bioéthanol (Ouédraogo *et al.*, 1999).

4. CONCLUSION

La pulpe de neem est un substrat très riche en sucres fermentescibles, dont la transformation par voie fermentaire est prometteuse. Cette pulpe, représente environ 48 % de la masse totale de fruit de neem, et est donc une source importante de biomasse. La composition physico-chimique de pulpe de neem montre que les sucres totaux sont les composants majoritaires (74% pour Makabaye et 73% pour Baoliwol). Ces sucres peuvent donc être transformés par des procédés biotechnologiques en bioéthanol.

Au cours des essais de fermentation alcoolique de la pulpe de neem à différentes valeurs de pH (4.2 ; 4.5 ; 4.7 et 5.4), le meilleur taux de production du bioéthanol a été observé à pH=5.4 (5.1 ml/100g de MS pulpe) et à pH=4.7 (4.2 ml/100g de MS pulpe). Cette étude est la première à caractériser la pulpe des fruits de neem et à déterminer sa teneur en sucres totaux en vue de sa valorisation en bioéthanol.

Des nombreuses perspectives découlent de ce présent travail à savoir: la caractérisation des sucres contenus dans la pulpe des fruits de neem et l'optimisation de l'extraction des sucres de pulpe des fruits de neem.

REFERENCES

- [1] Rapport Technique, AFNOR, '*Recueil de normes françaises. Produits agricoles alimentaires: directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl*', Paris, France, 1984.
- [2] Rapport Technique, AFNOR, '*Recueil des normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes. Jus de fruits*', 1^{ère} Ed., Paris, France, 1982.
- [3] D. Alain, '*La Biomasse Energie: Définition, Ressources et Usages*', Dunod, Paris, 247 p., 2008.
- [4] Y. Ameyapoh, K. Wokpor et C. Souza, '*Identification et sélection des souches de levures performantes pour la production d'alcool*', Journal des Sciences, Vol. 6, N°1, 11 p., 2006.
- [5] A. Boulal, B. Benali, M. Moulai et A. Touzi, '*Transformation des déchets de dattes de la région d'Adrar en bioéthanol*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 13, N°3, pp. 455 - 463, 2010.

- [6] A. Boulal, Z. Benbrahim, B. Benali et S. Ladjel, '*Etude comparative de rendement de la production d'éthanol de deux variétés de dattes communes de faible valeur commerciale (Tinaceur et Aghmou) de Sud-Ouest de l'Algérie*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 16, N°3, pp. 75 - 78, 2013.
- [7] J. Bourely, '*Observation sur le dosage de l'huile des graines de cotonnier*', Coton et Fibres Tropicales, Vol. 27, N°2, pp. 183 - 196, 1982.
- [8] P. Bunthita, P. Aggarangsi, T. Chaiyaso and N. Chande, '*Potential of fermentable sugar production from Napier cv. Pakchong 1 grass residue as a substrate to produce bioethanol*', Energy Procedia, Vol. 89, pp. 428 - 436, 2016.
- [9] M. Chamoumi, '*Optimisation de la production du biodiesel à partir d'huiles des microalgues et d'huiles usées*', Maîtrise en Environnement, Université de Sherbrooke (Québec, Canada), 101 p., 2013.
- [10] S. Chniti, H. Djelal, I. Bentahar, M. Hassouna et A. Amrane, '*Optimisation de l'extraction des jus des sous produits des dattes (Phoenix dactylephera L.) et valorisation par production de bioéthanol*', Conférence Internationale des Energies Renouvelables, CIER'13, Sousse, Tunisie, 7 p., 2013.
- [11] S. Chniti, '*Optimisation de la bioproduction d'éthanol par valorisation des refus de l'industrie de conditionnement des dattes*', Thèse de Doctorat en Sciences de la Matière, Université Rennes 1, 211 p., 2015.
- [12] M.B. Devani, J. Shishoo, S. Shal and N. Suhagia, '*Spectrophotometrical method for determination of nitrogen in Kjeldahl digest*', Journal of AOAC, Vol. 72, pp. 953 - 956, 1989.
- [13] P. Diakabana, S.C. Kobawila, V. Massengo et D. Louembe, '*Effet du degré de maturation sur la cinétique de fermentation éthylique de la pulpe de mangue cultivar Boko*', Cameroon Journal of Experimental Biology, Vol. 9, N°1, pp. 1 - 8, 2013.
- [14] M. Dubois, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebeers and F. Smith, '*Calorimetric method for determination of sugars and related substances*', Analytical Chemistry, Vol. 28, pp. 350 - 356, 1956.
- [15] P. Ezoua, D. Kouame and G.N. Agbo, '*Characteristics of juice from fresh fruit pulp of palmyrah palm (Borassus aethiopum mart.)*', Cahiers d'Agricultures, N°8, pp. 126 - 128, 1999.
- [16] P. Ezoua, H. Biego, D. Kouame et G.N. Agbo, '*Détermination de la composition en sucres, alcools et évolution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation du jus de fruit de rônier (Borassus Aethiopium Mart. Arecaceae)*', Journal of Sciences Pharmaceutical Biology, Vol. 9, N°1, pp. 44 - 56, 2008.
- [17] Rapport Technique, Formad Environnement, '*Le Margousier ou Neem*', 2013.
- [18] J.M. Foundoun, '*Situation des Ressources Génétiques Forestières du Nord-Cameroun*', Atelier Sous Régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable des ressources génétiques forestières dans la zone sahélienne. Ouagadougou, 22-24 Septembre 1998, 28 p.
- [19] G.L. Gaillard, H. Leclerc et M. Simonet, '*Microbiologie Générale*', Edition Doing, Paris, 535 p., 1995.

- [20] M. Gauthier, R. Tremblay et M. Deslauriers, '*Contrôle du procédé de fermentation alcoolique*', Institut de technologie Agroalimentaire-Québec (Canada), 2005..
- [21] V. Gbohaida, I. Mossi, E.S. Adjou, C.P. Agbangnan, D.V. Woffo, F. Avlessi et C.K. Sohounhloue, '*Evaluation du pouvoir fermentaire de Saccharomyces cerevisiae et de S. carlbergensis dans la production du bioéthanol à partir du jus de la pomme Cajou*', Journal of Applied Biosciences, Vol. 101, pp. 9643 - 9652, 2016..
- [22] S. Giannattasio, N. Guaragnella, M. Corte-Real, S. Passarella and E. Marra, '*Acid stress adaptation protects Saccharomyces cerevisiae from acedic induced programmed cell death*', Gene, Vol. 354, pp. 93 - 98, 2005.
- [23] K. Kaïdi et A. Touzi, '*Production de Bioalcool à partir des Déchets de Dattes*', Revue des Energies Renouvelables: Production et valorisation Biomasse, pp. 75 - 78, 2001..
- [24] A. Kouakou, N.G. Agbou et A.F. Yeboua, '*Fermentation alcoolique du jus d'ananas: étude comparative de l'influence de la température*', Journal of Fermentation Technology Biology, Vol. 4, pp. 13 - 25, 1987.
- [25] D.P. Maria, '*Production du biodiesel à partir de l'huile modèle de mi-croalgues par voie de catalyse enzymatique hétérogène*', Mémoire de Maîtrise en Génie Chimique, Université se Sherbrooke (Québec, Canada), 82 p., 2014
- [26] V. Massengo, B.W. Loumouamou, P. Diakabana and T. Silou, '*Ethanol production by fermentation of the pulp of the "Boko" mango*', International Journal of Chemical Sciences and Technology, Vol. 4, N°4, pp. 71 - 77, 2014.
- [27] K.M. Novidzro, K.A. Agbodan et K.H. Koumaglo, '*Etude de la performance de quatre souches de Saccharomyces cerevisiae au cours de la production d'éthanol à partir des moûts de sucrose enrichis*', Journal de la Société Ouest Africaine de Chimie, Vol. 35, pp. 1 - 7, 2013.
- [28] Rapport Technique, OIML, '*Alcoométrie: Tables alcoométriques internationales*', Quatrième Conférence Internationale de Métrologie Légale, BIML, Paris, France, 1973.
- [29] N. Ouedraogo, A. Savadogo, M.K. Somda, C. Zongo et A. Traore, '*Essai de production de protéines d'organismes unicellulaires par des souches de levures à partir de résidus de tubercules de patate douce et d'igname*', Biotechnology Agronomy Society and Environment, Vol. 16, N°4, pp. 463 - 467, 2012.
- [30] J. Riess, '*Intensification de la Brique 'Fermentation Alcoolique' de Substrats Betteraviers (et Autres Substrats) pour la Production d'Ethanol*', Doctorat de l'Université de Toulouse, 178 p., 2009.
- [31] H.M.A. Siti, R. Abdulla, S.A. Jambo, H. Marbowi, J.A. Gansau, A.A.M. Faik and K.F. Rodrigues, '*Yeasts in Sustainable Bioethanol Production: A Review*', Biochemistry and Biophysics Reports, Vol. 10, pp. 52 - 61, 2017.
- [32] K.J. Tize, M. Sinbai, D.R. Djoulde and A. Ngakou, '*Assessment of Biofuel Potential Of Dead Neem Leaves (Azadirachta indica) Biomass in Maroua Town, Cameroon*', African Journal of Biotechnology, Vol. 15, N°34, pp. 1835 - 1840, 2016.