

PRODUCTION DU BIOÉTHANOL A PARTIR DE REBUT DE DEUX VARIÉTÉS DE DATTES (DEGLET-NOUR ET HAMRAYA)

EL-HADI Djamel¹, KORTEBY Salima² et CHIBI Souad¹

1.Laboratoire d'analyse fonctionnelle des procédés chimiques, Département de Génie des Procédés, Université de Blida 1, B.P. 270, route de Soumaa Blida, Algérie. Email :

elhadi64djamel@yahoo.fr
2.Département de Génie des Procédés, Université de Blida 1, B.P. 270, route de Soumaa Blida, Algérie.

Reçu le 29 octobre 2015,
accepté le 11 décembre 2015

Résumé

La valorisation de la biomasse est rendue possible pour tout produit à faible valeur marchande, grâce à des procédés biotechnologiques adéquats. L'objectif recherché à travers cette étude est l'obtention du bioéthanol qui constitue un produit de haute valeur ajoutée, et cela à partir de la biovalorisation de dattes de mauvaise qualité dite « communes ». Le rebut de « Deglet-Nour » appelé « Hchef » et d'une autre variété de moindre qualité « Hamraya », pour notre cas d'étude représentent un substrat de choix riche en sucre afin d'élaborer le produit en question, qui fait appel à une fermentation anaérobie en utilisant la levure « Saccharomyces cerevica ». Pour cette filière, nous avons réalisé un procédé de transformation de dattes en bioéthanol. Des analyses physico-chimiques ont été effectuées à partir du mout de dattes ainsi qu'au cours de sa fermentation alcoolique. Des analyses d'identification et de vérification de pureté ont été entreprises pour le bioéthanol. Les résultats obtenus montrent que le degré alcoolique est 14° pour les rebuts de « Deglet-Nour » et 18° pour les rebuts de « Hamraya ». Une utilisation de ce bioéthanol dans une formulation de l'essence super sans plomb a été réalisée à des fins purement écologiques, et dans les mêmes conditions l'éthanol industriel a été utilisé à titre comparatif. L'indice d'octane des essences reformulées avec l'éthanol industriel (91,4 – 92) est légèrement supérieur à celui des essences reformulées avec le bioéthanol (90 – 90,5).

Mots clés: biocarburant, bioéthanol, communes, dattes, fermentation, rebut, valorisation,

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une politique de gestion des ressources naturelles, visant à la sécurité d'approvisionnement énergétique et la lutte contre le réchauffement climatique, un développement de filières d'énergies renouvelables est incontestablement nécessaire. Ainsi, l'utilisation de la biomasse comme source propre permet sa valorisation optimale tout en passant par l'exploitation de la totalité des débouchés dans une approche intégrée de type « bio-raffinerie » [1]. Le bio raffinage peut être défini

comme le processus durable de transformation de la biomasse en produits bio-basés (alimentation, produits chimiques, matériaux) et en bioénergie (biocarburants, électricité, chaleur).

L'une des principales formes de l'énergie de la biomasse, ce sont les biocarburants liquides, et notamment le bioéthanol qui s'inscrit comme complément aux produits pétroliers d'aujourd'hui de par sa composition oxygénée, permettant de réduire les concentrations des composants polluants et d'accroître l'indice d'octane.

Revue Agrobiologia, (2016), volume 6(1)

C'est pourquoi, cette présente étude contribuera « à l'échelle laboratoire » à consolider et à renforcer la théorie qui valide l'optimisme et la motivation à la substitution de carbone renouvelable issu de la photosynthèse au carbone fossile.

Il s'agit en pratique, d'une élaboration et d'une caractérisation du bioéthanol à partir d'une matière végétale reconnue pour ses vertus qu'est la datté. Ce comestible fait l'objet de notre étude à des fins purement industriels, s'intéresse dans un premier temps à l'utilisation de dattes sèches non destinées à la consommation alimentaire, en vue d'une valorisation maximale de cette matière première assez prépondérante dans l'économie de notre pays . L'Algérie produit

annuellement quelques 500 000 tonnes, dont 240.000 tonnes représentant environ 48% de Deglet Nour, considérée comme étant la meilleure variété de dattes commerciales; alors que près de 2600.000 tonnes soit 52%, sont de variétés dites communes. Parmi ces derniers, 120.000 tonnes seulement sont commercialisables et plus de 14.000 tonnes sont de très faibles qualités marchandes [2, 3].

L'objectif recherché, consiste en la formulation de l'alcool éthylique issu de la fermentation des sucres de rebuts de Deglet-Nour ainsi que de dattes de faible valeur marchande (Hamraya) qui peut être avantageusement introduit dans les super carburants. Un bioéthanol non polluant à partir de surplus de dattes

produites en Algérie, permet en ce sens de valoriser ce substrat comme moyen de substitution à la mélasse.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel

1.1 Matériel végétal

Les variétés de dattes retenues dans cette étude sont très répandues dans la palmeraie de la région du Sud-Est de l'Algérie (Biskra), il s'agit de « Hamraya » (Figure 1a) et de « Rebutés de Deglet –Nour » du genre *Phoenix dactylifera* L. (Figure 1b). Ces dattes communes sont destinées à l'alimentation du bétail. Ce choix a été orienté par leur faible valeur marchande, leur richesse en sucre et leur disponibilité.

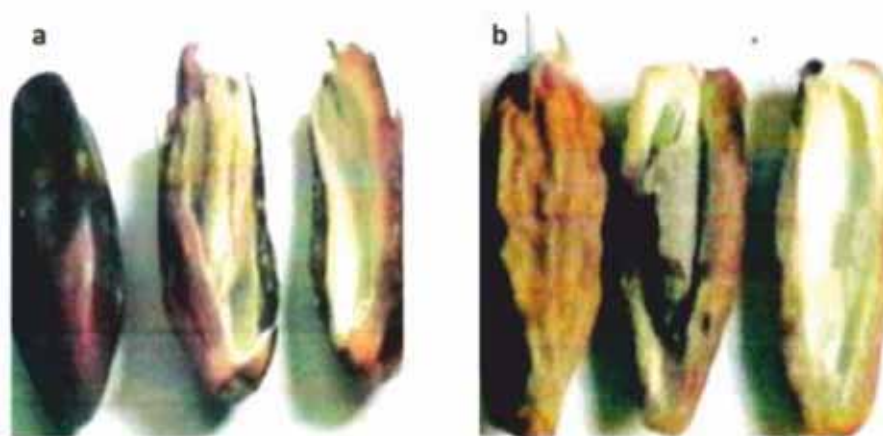


Figure 1 : Matériel végétal

(a) Variétés de Hamraya et (b) Rebutés de Deglet-Nour

1.2. Matériel biologique

La levure de boulangerie sèche, *Saccharomyces cerevisiae* est utilisée. Elle est conservée dans un endroit frais et sec. Il est à noter que la *Saccharomyces cerevisiae* est une souche largement utilisée pour la production de l'alcool, on peut produire cette levure après une culture de la souche pure pour

l'obtention d'une levure à 99,99% de pureté. Par ailleurs, vue son existence sur le marché (de pureté 97%), on peut l'utiliser telle qu'elle sans recours à sa production (vu sa pureté très acceptable).

1.3. Dispositif utilisé pour la fermentation alcoolique

Le dispositif utilisé pour le procédé de fermentation est un ballon tri col

(Figure 2), ses trois ouvertures nous permettent de contrôler la température de fermentation, d'effectuer les prélèvements et de vérifier le dégagement du dioxyde de carbone.



Figure 2 : Dispositif de la fermentation alcoolique

2. Méthodologie de travail

2.1. Préparation du moût de dattes

Les graines de dattes doivent passer par un certain nombre d'étapes pour l'obtention d'un broyat de dattes qui va être hydraté d'où le moût de dattes. Ce dernier sert de matière première pour l'ensemble des analyses à effectuer. Les principales étapes sont : le lavage, le dénoyautage, l'égouttage, le séchage, le broyage, l'hydratation, la filtration et la stérilisation.

2.2. Analyses effectuées

Les principales analyses effectuées sont : (i) la teneur en, déterminée par dessiccation de broyat de dattes ; (ii) le pH qui se fait par lecture directe au pH-mètre, pour le contrôle du moût, avant et au cours de la fermentation ; (iii) l'acidité titrable du broyat de dattes dissout dans l'eau distillée ; (iv) le taux de cendres, en broyant la pulpe de dattes calcinée à 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'une

cendre blanchâtre de poids constant ; (v) la teneur en sucres réducteurs, en sucres totaux et en saccharose par rapport à la matière fraîche (M.F.).

2.3. Mise en œuvre de la fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique du moût de dattes a été réalisée par la levure de bière *Saccharomyces cerevisiae* (1 g/l). Cette étape est conduite dans un ballon tri col de 1 litre rempli au 3/4 de sa capacité, ce dernier est plongé dans un bain-marie où la température est maintenue à 30 ± 2 °C (figure 3). La fermentation se passe en anaérobiose pendant 72 heures réalisée avec une agitation à l'aide d'un barreau magnétique de 2,5 cm, se caractérisant par un dégagement du dioxyde de carbone.

Pour suivre l'évolution de la fermentation, on procède chaque 24 heures à des prélèvements pour effectuer les analyses physico-chimiques et détecter l'odeur de l'alcool dans le moût. Après 72 heures, la fermentation est arrêtée.

Pour chaque variété de dattes, l'opération de fermentation est répétée trois fois dans le but d'obtenir une valeur moyenne représentative des différentes analyses. Au cours de la fermentation, nous avons suivi : l'acidité du moût à l'aide d'un pH mètre, le taux de glucose et le degré alcoolique.

2.4. La distillation alcoolique

A la fin de la fermentation, le vin de dattes obtenu des deux variétés est distillé à l'aide d'un montage de distillation, afin d'extraire l'éthanol. La température de distillation ne doit pas dépasser 78°C, la durée moyenne de cette étape était de quarante minutes. Nous avons opté pour une deuxième distillation afin d'obtenir un alcool plus pur.

2.5. La déshydratation

La technique de déshydratation adoptée dans le cadre de notre travail est le tamis moléculaire.

Ce dernier est un matériau synthétique, sous forme de sphères de 2mm de diamètre et de 3Å de porosité, ce filtre moléculaire a été introduit dans une colonne de séparation pour permettre la déshydratation qui est basée sur la propriété d'adsorption sélective de l'eau dans le tamis, tandis que l'éthanol passe à travers les pores.

2.6. Méthodes d'identification

La pureté de l'éthanol a été vérifiée d'abord par la mesure de l'indice de réfraction. Par la suite, le produit a été caractérisé par la spectrométrie à transformée de fourrier (IRTF) et par chromatographie en phase gazeuse.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

1. Analyses physico-chimiques du moût de dattes

Les valeurs de la caractérisation du moût de dattes pour les deux cultivars, avant de procéder à la fermentation alcoolique sont portées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Analyses physico-chimiques du moût de dattes

Paramètres	Hamraya	Rebuts de Deglet-Nour
pH	6,03 ± 0,01	5,9 ± 0,01
Teneur en eau (%)	25,48 ± 0,18	18,08 ± 0,20
Densité	1,05 ± 0,02	1,04 ± 0,02
Teneur en cendre (%)	1,02 ± 0,06	0,80 ± 0,08
Acidité titrable (%)	0,62 ± 0,02	0,53 ± 0,03
Teneur en sucre réducteurs % MF	21,63 ± 0,31	18,15 ± 1,48
Teneur en saccharose %MF	4,10 ± 0,32	5,05 ± 0,45
Teneur en sucre totaux % MF	25,60 ± 0,34	23,20 ± 0,06

Tout processus de fermentation est lié à la qualité du milieu utilisé. Par conséquent, une connaissance du moût est indispensable pour réussir le déroulement de la fermentation.

Les résultats obtenus montrent que le pH des deux variétés est entre 6,03 et 5,9 ces valeurs sont considérées comme faibles, d'où l'acidification de ce dernier par l'ajout du jus de citron s'avère nécessaire pour permettre un bon développement de la levure *Saccharomyces cerevisiae* afin d'obtenir le vin de dattes.

Le taux d'humidité de dattes étudiés est différent d'une variété à une

autre, car il est élevé chez Hamraya soit 25,48% MF par rapport aux rebuts de dattes qui est de 18,09% MF ce qui indique une consistance demi molle relativement sèche. Par ailleurs la densité est environ la même pour les moûts des deux variétés.

En ce qui concerne les cendres, les résultats de l'analyse montrent que le moût de dattes est assez riche en sels minéraux ; ainsi, nous avons enregistré 1,66% MF pour Hamraya et 1,10% MF pour les rebuts de Deglet-Nour. Aussi, l'ajout d'autres éléments nutritifs nous a été nécessaire, afin de couvrir tout

besoin de la levure *Saccharomyces cerevisiae*.

L'acidité titrable des deux variétés est respectivement de 0,62 et 0,52 pour Hamraya et Deglet-Nour, il est à noter que d'après la littérature, l'acidité titrable varie d'une variété à une autre ainsi d'un pays à un autre, suivant les conditions agro-climatiques, type de sol, fertilisation et l'origine géographique. Il est important de savoir que l'acidité titrable et le pH des dattes étudiées varient de manière inverse, ce qui est en accord avec les résultats d'autres travaux de recherche.

Les sucres sont les constituants les plus importants de la dattes, et sont également responsables de la douceur de l'aliment. Les différentes recherches dans ce domaine s'accordent sur le fait que les sucres des dattes sont en fonction de la variété considérée, du climat et du stade de leur maturation. En outre, tout résultat dépend en partie de la méthode utilisée du traitement de dattes communes.

Pour notre cas d'étude, les résultats de la teneur en sucres obtenus sont élevés et sont de l'ordre de 25,60% et 23,20% pour les deux variétés utilisées. Par ailleurs, on remarque que ces dernières sont riches en sucre réducteurs (fructose et glucose), soit 21,63% MF pour Hamraya et 18,15% MF pour les rebuts de Deglet-Nour. Par contre, elles sont faiblement pourvus en saccharose soient 4,10% et 5,05% MF respectivement pour Hamraya et les rebuts de Deglet-Nour. Les rebuts de Deglet-Nour montrent une basse teneur en sucre. Cette teneur est liée à la dattes elle-même qui n'a

pas atteint sa maturation biochimique (dattes déshydratées ou non fécondées).

En résumé, l'analyse des résultats obtenus montre que le moût de dattes renferme une quantité très appréciable de sucres. Il représente un taux élevé de sucres fermentescibles (glucose et fructose) directement assimilables par la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Enfin, ces analyses de moût de dattes nous permettent de constater que ce dernier peut constituer un milieu de fermentation de bonne qualité.

2. Etude cinétique de la fermentation alcoolique

Les deux paramètres essentiels qui nous renseignent réellement sur l'évolution de la fermentation alcoolique sont l'assimilation des sucres et la production de l'alcool, tout en prenant en considération la variation du pouvoir hydrophile qui reste un facteur important à déterminer. Cependant, nous avons remarqué une légère différence

mais pas très significative de l'effet de la variété sur l'évolution de ces paramètres.

Les résultats concernant l'évolution de la teneur en sucres réducteurs pour les deux variétés sont représentés dans la figure 3. Après 72 heures de fermentation des moûts, une importante dégradation du glucose est révélée. Cette transformation était surtout active après les 25 heures pour les deux variétés. Ainsi pour chaque moût les courbes d'assimilation des sucres réducteurs ont une allure décroissante. L'évolution de la variété « Hamraya » montre une courbe qui se situe au dessous de celle du Rebut de Deglet-Nour car l'intensité et la vitesse de dégradation des sucres réducteurs dans ce moût est supérieure à l'autre. A la fin de la fermentation la dégradation des sucres est presque totale pour les deux variétés (2,77% MF pour Hamraya et 1,57% MF pour les rebuts de Deglet-Nour). Ces résultats sont assez similaires avec certains auteurs.

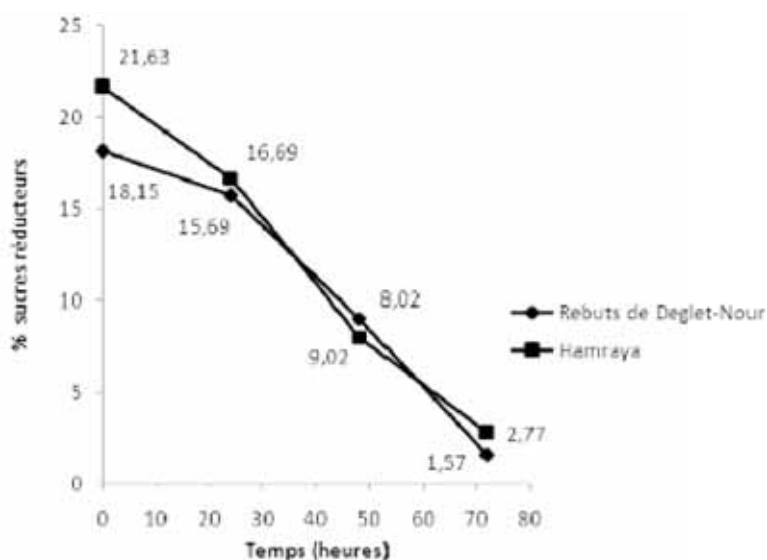


Figure 3 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs durant la fermentation alcoolique

La détermination du pH est essentielle pour le contrôle de l'activité biologique. Nos résultats pour les deux variétés sont représentés dans la figure 4. Au cours de la fermentation, le pH tend

de plus en plus vers une acidité pour les deux variétés pendant les premières 24h et qui atteint 3,9 pour Hamraya et 3,84 pour les rebuts de Deglet-Nour. Ceci est tout a fait attendu car l'activité métabolique

des levures fait abaisser le pH et rend le milieu plus acide (la libération des acides organiques due à la dégradation des sucres).

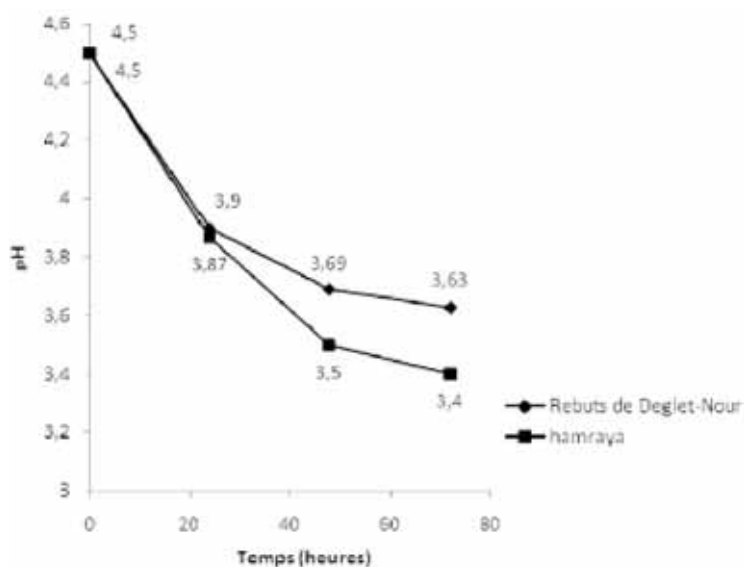


Figure 4 : Evolution du pH durant la fermentation alcoolique

Les résultats concernant l'évolution du taux d'alcool éthylique pour les deux variétés sont représentés dans la figure 5. D'après cette figure, la production d'alcool augmente durant les dernières 48 heures de la fermentation et cela au fur et à mesure que la teneur en sucres diminue. L'évolution du degré

d'alcool, montre que la cinétique de croissance et de production d'alcool pour la variété Hamraya est meilleure que celle des rebuts de Deglet-Nour. Ce qui explique que la variété Hamraya produit plus d'alcool (18°) par rapport au rebut de Deglet-Nour (14°). Ce qui confirme que la quantité d'alcool

produite est proportionnelle au taux de sucre contenu dans les deux variétés de dattes. L'alcool produit au niveau du laboratoire a les caractéristiques suivantes: volatil, limpide et possédant une odeur piquante.

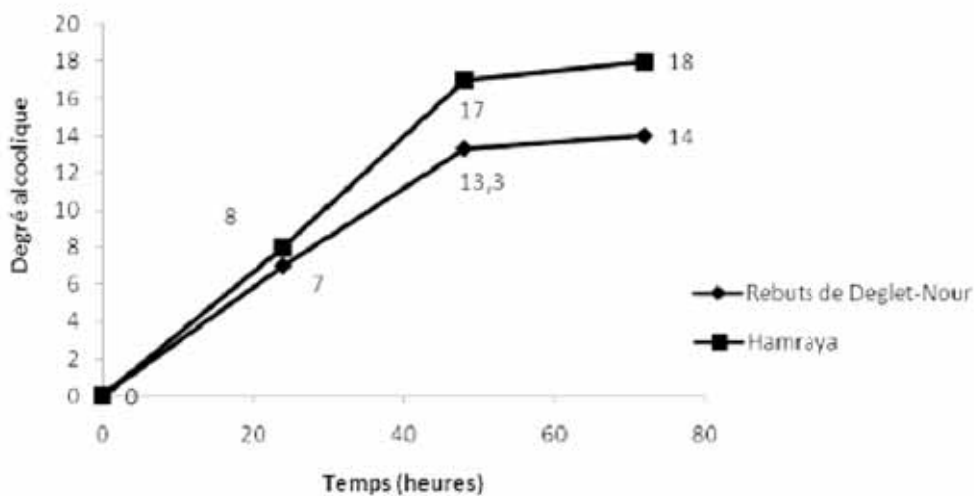


Figure 5 : Evolution du degré alcoolique durant la fermentation alcoolique

Le processus microbien fait intervenir la consommation de substrat et la formation de biomasse et du produit ainsi qu'un dégagement de chaleur. Les

résultats en biomasse sont présentés dans la figure 6. La richesse du milieu en sels nutritifs favorise la bonne multiplication des levures *Saccharomyces cerevisiae*.

Cependant, son taux de croissance aurait été meilleur si la souche utilisée était pure.

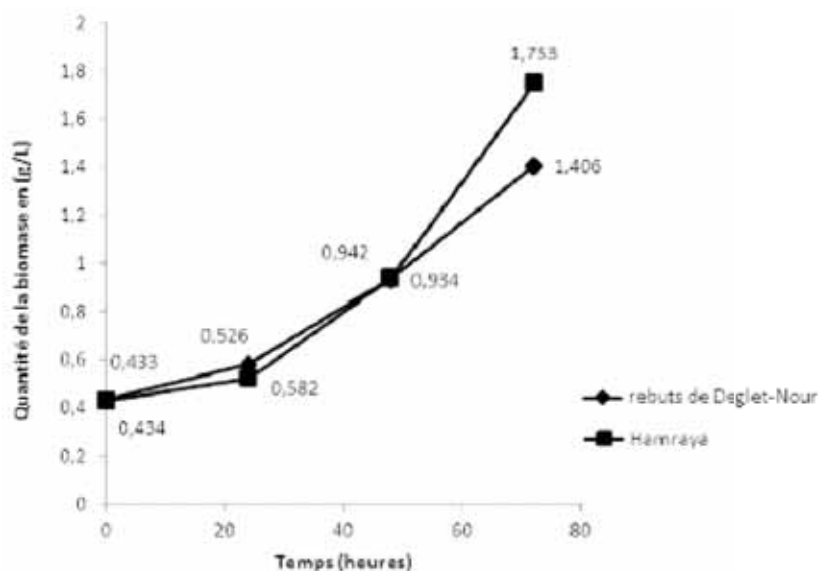


Figure 6 : Suivi de la quantité de biomasse durant la fermentation alcoolique

3. Rendement en éthanol et vérification de sa pureté

A la fin de la fermentation, le vin de dattes des deux variétés est distillé une première fois. Pour une quantité

de 1000 ml du jus fermenté, la quantité d'alcool hydraté est 210 mL pour la variété « Hamraya » et 146 mL pour celle de « rebuts Deglet-Nour ». Une deuxième distillation a été entreprise pour les deux

échantillons recueilli, qui ont subi une déshydratation par la suite, d'où l'obtention d'un alcool à une concentration de 77,67 % selon l'indice de réfraction. Les résultats sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de l'indice de réfraction

N° de distillation	Indice de réfraction n20	Pourcentage d'éthanol
1 ^{ère} distillation	1,3596	50,23%
2 ^{ème} distillation	1,3610	77,67%

4. Application dans la formulation des essences supers

Dans le but d'adapter nos carburants aux normes internationales actuelles d'une part et dans le souci de diminuer la pollution qui menace nos villes d'autre part, nous proposons une nouvelle application locale de l'éthanol, « substance énergétique stratégique et base de

nombreuses industries » en la reformulation des essences super sans plomb par l'introduction de l'éthanol produit à partir de déchets de dattes, par conséquent du bioéthanol. Les principales spécifications recherchées sont : La densité à 15°C ; la pression de vapeur (TVR); l'indice d'octane recherché (NOR). Pour cela nous

avons préparé deux mélanges distincts d'essence super sans plomb à partir de bases de la raffinerie d'Alger à différentes proportions. A ces deux bases nous avons rajouté pour la première, à concentration fixée à 5%, de l'éthanol industriel à 96% et du bioéthanol, séparément. Pour la seconde, la même expérimentation a été opérée.

4. Application dans la formulation des essences supers

Dans le but d'adapter nos carburants aux normes internationales actuelles d'une part et dans le souci de diminuer la pollution qui menace nos villes d'autre part, nous proposons une nouvelle application locale de l'éthanol, « substance énergétique stratégique et base de nombreuses industries » en la reformulation des essences super sans plomb par l'introduction de l'éthanol produit à partir de déchets

de dattes, par conséquent du bioéthanol. Les principales spécifications recherchées sont : La densité à 15°C ; la pression de vapeur (TVR); l'indice d'octane recherché (NOR). Pour cela nous avons préparé deux mélanges distincts d'essence super sans plomb à partir de bases de la raffinerie d'Alger à différentes proportions. A ces deux bases nous avons rajouté pour la première, à concentration fixée à 5%, de l'éthanol industriel à 96% et du bioéthanol, séparément.

Pour la seconde, la même expérimentation a été opérée. Ainsi, les quatre échantillons engendrés sont de deux bases différentes, ils se distinguent par la nature de l'éthanol introduit. La comparaison des valeurs des principales spécifications recherchées obtenues à partir de l'ajout de l'éthanol et du bioéthanol constituent nos essentiels paramètres à vérifier. La composition des essences reformulées est représentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Composition des essences reformulées avec l'éthanol ou le bioéthanol

Bases (%vol)	Essences	
	Essence 1	Essence 2
Reformat	83,3	67,8
Naphta	11,7	17,2
Isopentane	/	5
Aromatique lourd	/	5
Ethanol ou bioéthanol	5	5
Total	100	100

Les résultats de la reformulation des deux bases d'essences super sans plomb avec de l'éthanol ainsi qu'avec le bioéthanol sont représentés dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Spécifications recherchées des deux essences reformulées avec de l'éthanol

Essences	Indice d'octane NOR	Tension de vapeur TVR (kPa)	Densité à 15°C (g/cm ³)
Essence 1	92	48,1	0,7520
Essence 2	91,4	52,9	0,7610

Tableau 5 : Spécifications recherchées des deux essences reformulées avec du bioéthanol

Essences	Indice d'octane NOR	Tension de vapeur TVR (kPa)	Densité à 15°C (g/cm ³)
Essence 1	90,5	49,3	0,7700
Essence 2	90	53,2	0,7632

D'après les résultats obtenus de la caractérisation des essences reformulées et cela pour les deux bases, nous remarquons que l'indice d'octane NOR des deux essences reformulées avec l'éthanol est légèrement supérieur à celui des essences reformulées avec le bioéthanol. Par ailleurs concernant les paramètres des densités et des TVR, nous constatons qui sont assez proches bien que nous distinguons que les densités et les TVR des essences reformulées avec du bioéthanol sont plus élevées à celles des essences reformulées avec de l'éthanol. Cependant, la composition des bases utilisées et la quantité de l'éthanol (ou bioéthanol) ajoutée influencent sur la valeur d'indice d'octane NOR. Ces résultats sont assez encourageant pour la substitution de l'éthanol par le bioéthanol issu de dattes de faible valeur marchande, pour la reformulation des essences super sans plomb, reste à approfondir l'étude sur les moyens de sa purification.

CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus le moût de dattes apparaît comme un milieu riche, apte à réussir un processus fermentaire, avec une

bonne productivité d'alcool. Par ailleurs, l'étude de la composition en sucres montre que le jus des deux variétés de dattes « Hamraya » et les rebuts de « Deglet-Nour » est assez pourvu en sucre réducteurs, facilement assimilable par la levure de *Saccharomyces cerevisiae*. Toutefois la valeur maximale du degré alcoolique obtenu concerne la variété « Hamraya » qui dispose d'un taux de sucre le plus élevé. Par conséquent, les variétés de dattes communes étudiées offrent d'énormes possibilités si l'on envisage leurs valorisations par une technologie de biotransformation via un procédé simple à réaliser.

En 72h, l'assimilation des sucres était presque totale, et le rendement en alcool est assez intéressant. Ce pendant, après une première distillation nous sommes parvenus à une quantité d'alcool, non négligeable, de 210 mL pour 1000 mL de jus fermenté (Hamraya) et 146 ml pour 1000 ml de jus fermenté (rebut Deglet-Nour). La deuxième distillation pour les deux échantillons recueillis ainsi que leurs déshydratations par tamis moléculaire nous a permis d'avoir un alcool plus concentré.

L'introduction du bioéthanol dans la reformulation de l'essence super

sans plomb a été réalisée à des fins purement écologiques, et dans les mêmes conditions l'éthanol industriel a été utilisé à titre comparatif. Concernant la valeur de l'indice d'octane, l'additif bioéthanol présente une efficacité assez similaire de l'éthanol industriel. Ce paramètre essentiel, et pour les deux différentes bases, est de 91 pour l'essence contenant le bioéthanol au lieu de 92 pour la seconde qui contient de l'éthanol. Pour la deuxième base la valeur d'indice d'octane est de 90 au lieu de 91.4. Par conséquent, nous constatons une légère différence entre les deux compositions pour chaque base représentant un résultat assez satisfaisant, bien que nous recommandions d'autres moyens de purification du bioéthanol utilisé.

Enfin, les résultats obtenus suite à ce travail, bien que préliminaire, ouvrent des voies prometteuses pour pouvoir fournir, un moyen de production du bioéthanol à partir d'un produit local de faible valeur marchande.

RÉFÉRENCES

- [1] Sanders J. (2009). "Biorefinery, towards an economic and sustainable application of Biomass", BIOSYNERGY & IEA Task 42 Biorefinery training Course, Gent.
- [2] Ould El Hadj M.D., Cheick M., Hamdi W., Sayah Z. et Bouaziz S. (2012). "Etude comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit et Hamraya) réparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien)", *Algerian journal of arid environment* vol. 2, n° 2, pp. 78-87.
- [3] Touzi A., (2005). "Production de substances à forte valeur ajoutée à partir des produits de la palmeraie algérienne", Journées d'étude sur la transformation des produits du palmier dattier, Biskra, les 6 et 7 décembre 2005, pp. 6-7.
- [4] Yuan J.S., Tiller K.H., Al-Ahmad H., Sterwat N.R. and Neal Steward Jr.C. (2008). "Plants to power bioenergy to fuel the future", *Trends in plant science* V13, pp. 421-429.
- [5] Fromntin A., Biollay F., Dauriat A., Lucas-Posta H., Marchand J-D. et Sarlos G (2000). "Caractérisation de filière de production de bioéthanol dans le contexte helvétique", Thèse de Magister, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- [6] Sticklen M.B. (2008). "Plant genitic engineering for biofuel production : towards affordable cellulosic ethanol", *Nature Reviews – Genetics* 9, pp. 433-443.
- [7] Booi J. Piombo G., Risterucci J.M., Coupe M., Thomas D., Ferry M. (1992). "Étude de la composition chimique des dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation végétal de divers cultivars de palmier dattier", *Phoenix Dactylifera L*, V 45, N°6.
- [8] Estanove P. (1990). "Valorisation de la datté", CIHEAM, Options Méditerranéennes Ed. IRFA-CIRAD, France, N°11.
- [9] Kaidi F. et Touzi A. (2001). "Production de bioalcool à partir des déchets de dattes", *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*, pp. 75-78.
- [10] Ould El Hadj M.D. (2001). "Etude comparative de la productivité d'alcool brut de dattes selon les variétés", *Recherche Agronomique*, N° 9, INRA-Alger, pp. 91-99.
- [11] Fabienne D. (1991). "Génie Fermentaire", Edition Doin Editeurs, Paris, pp. 226-229.
- [12] Cheikh M. (1994). "Contribution à l'étude de la production d'alcool et de vinaigre par quatre variétés de dattes communes", Mémoire d'Ingénieur d'état en agronomie, INFS/AS. Ouargla.
- [13] Ibelaid K. (2005). "Reformulation de super carburant sans plomb par ajout des composés oxygénés", Rapport de synthèse, CRD SONATRACH (2005).
- [14] Guibet J.C. (1997). "Carburants et moteurs", Tome 1, Institut français de pétrole, Edition TECHNIP.
- [15] Durier Y. (1971). "Caractéristiques des carburants et combustibles et leurs influences sur le fonctionnement des moteurs", Institut français de pétrole, édition TECHNIP.