

Transformation des déchets de dattes de la région d'Adrar en bioéthanol

Ahmed Boulal*, Boudjemaa Benali, Ahmed Moulay et Abdelkader Touzi

Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, URERMS
B.P. 478, Route de Reggane, Adrar, Algérie

(reçu le 20 Juin 2010 – accepté le 25 Septembre 2010)

Résumé - Actuellement les possibilités de valorisation énergétique de la biomasse par les procédés biotechnologiques représentent une solution de choix pour l'utilisation des produits agricoles de faible valeur commerciale, les liquides des industries agro-alimentaires, les résidus de récoltes.... La valorisation de cette biomasse, en particulier de nature organique, se fait par différents procédés biotechnologiques. La région d'Adrar produit annuellement un tonnage important de dattes, environ 675 mille quintaux par an (D.S.A, 2008). Les dattes dites communes présentent une faible valeur marchande par rapport à Deglet Nour, Degla Beida et Ghars. Elles sont destinées à l'autoconsommation, l'alimentation animale ou à l'échange sous forme de troc vers le Mali et le Niger. Cependant aucune industrie de transformation de la datte, n'est implantée dans la région. Aujourd'hui grâce aux procédés biotechnologiques, il est possible de valoriser les dattes communes de faible valeur marchande et de mettre sur le marché local et international, une nouvelle génération de produits à hautes valeurs ajoutées tel que le bioéthanol. Dans cette optique, de nombreux essais de fermentation alcoolique à l'échelle de laboratoire sont lancés afin de fixer les paramètres suivants: le taux de dilution, la quantité de levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et le temps de fermentation afin d'optimiser le procédé. Nous avons comparé le degré d'alcool brut de quatre variétés de dattes communes (Hmira, Tinacer et Kaciene) pour 200 g de pulpes de dattes. Nous avons obtenu après l'étape de distillation, les résultats suivants pour les trois variétés considérées: 22°, 19° et 18°.

Abstract - Currently the possibilities of biomass energy valorization via biotechnologies processes represent a solution of choice for the use of the agricultural produce of commercial low value, the liquids of the food industry's, the crop waste products.... The valorization of this biomass, in particular of organic nature, is done by various biotechnologies processes. Adrar region annually produces a significant tonnage of dates, approximately 630 miles quintals per year (D.S.A, 2005). The dates known as common present a commercial low value compared to Deglet Nour, Degla Beida and Ghars. They are intended for subsistence farming, the animal feeds or with the exchange in the form of barter towards Mali and Niger. However no processing industry of date, is established in the area. Today and with the biotechnologies processes, it is possible to up grade common dates of commercial low value and waste dates as well, and to put on the local and international market, a new generation of products with high values added such as bioéthanol. Accordingly, many tests of alcoholic fermentations on a laboratory scale are launched in order to fix the following parameters: the dilution rate, quantity of yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) and the time of fermentation in order to optimize the process. We compared the crude alcohol degree of four common dates varieties (Hmira, Tinacer and Kaciene) for 200 g of date pulps. We obtained after the distillation stage the following results for the three considered varieties: 22°, 19°, 18°.

Mots clés: Valorisation énergétique - Biomasse - Dattes communes - Bioéthanol - Fermentation alcoolique.

* boulal19@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

De nos jours, les réserves en pétrole brut et les capacités de raffinage limitées, et l'inquiétude grandissante, en ce qui concerne la dégradation de l'environnement, offrent d'excellentes perspectives au bioéthanol. Il est probablement la source d'énergie alternative pour les véhicules et la plus utilisée au monde. Selon la directive 2003/30/CE, l'utilisation du bioalcool vise à promouvoir l'utilisation de biocarburants, présentant un double intérêt: économique et écologique [1].

L'éthanol, produit à partir de matières ainsi biologiques renouvelables, demeure la principale source d'énergie dans les transports sachant que c'est un carburant dont la combustion est plus propre que celle de l'essence ou du diesel [2].

En Algérie les cultivars de dattes sont nombreux et sont estimés à plus de 800 [3]. Ces ressources génétiques sont très mal exploitées à l'exception de *Deglet Nour* et à degré moindre, *Ghars*, *Degla Beida* et *Mech Degla* qui présentent une importance économique majeure [4]. Par contre, le secteur phoenicicole de la région d'Adrar fournit chaque campagne un tonnage très élevé de dattes communes estimé à environ 675 milles quintaux (DSA, 2008), malgré cela la valeur marchandise des dattes communes reste faible, avec une quantité très importante exportée vers le Mali et le Niger sous forme de troc. Toutefois une certaine quantité est consommée localement, soit par la population, soit destinée à l'alimentation du bétail, la faible quantité restante est commercialisée vers les autres wilayates limitrophes.

Les dattes à part leur grande richesse en sucres et leur pouvoir de conservation relativement longue [2] peuvent constituer un substrat de choix pour produire de nombreuses substances à forte valeur ajoutée tel que l'éthanol. Ce dernier issu d'un procédé biotechnologique de fermentation anaérobie est d'une importance économique indéniable du fait qu'il est utilisé dans des secteurs variés et vitaux.

Selon le bilan de campagne phoenicicole de la Direction des Services Agricoles (DSA, 2008) pour l'année 2008 à Adrar, il existe 3.673.399 palmiers avec une production d'environ 675.504 quintaux, ce qui est représentée sur la figure 1.

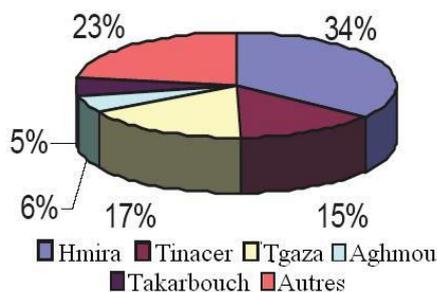


Fig. 1: Répartition de la production de dattes dans la wilaya d'Adrar

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Matière végétale

A la base de l'enquête sur terrain et les données de la DSA, nous avons choisi les deux variétés des dattes communes les plus dominantes (*Hmira* et *Tinacer*) dans la

région d'Adrar pour faire la fermentation alcoolique, en plus de *Kacienne* (fruit de datte formé après une male fécondation).



Datte sèche



Datte sèche dans les sacs

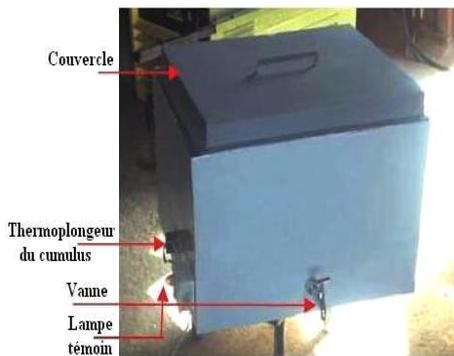
Fig. 2: Substrat de fermentation

2.2 Matériel biologique

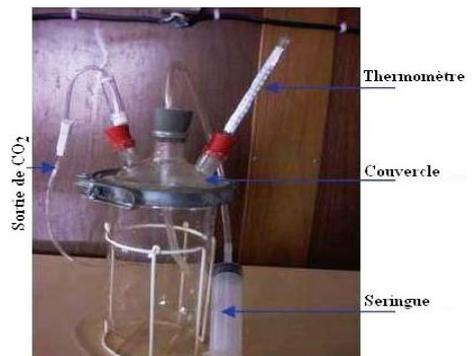
La levure de boulangerie sèche, *Saccharomyces cerevisiae* est utilisée. Elle est conservée dans un endroit frais et sec. Cette souche est utilisée pour la production d'éthanol.

2.3 Dispositifs utilisés pour la fermentation alcoolique

Les dispositifs utilisés sont présentés par les deux photographies suivantes:



Vue du bain marie



Vue du bioréacteur

Fig. 3: Dispositifs de la fermentation alcoolique

2.4 Méthodologie de travail

a- Préparation du moût de dattes

Après lavage, l'imbibition des dattes est faite à l'aide d'une eau chaude (90 à 95 °C) afin de faciliter le dénoyautage. Le broyage des pulpes est effectué par la suite. L'eau d'imbibition riche en sucre sera utilisée comme eau de dilution du moût.

Les dattes -ainsi traitées- sont ensuite diluées à raison de 200 g de pulpes pour 800 ml d'eau. Le pH du moût est ajusté entre 4.3 et 4.7 par l'acide sulfurique (H_2SO_4 , 1N). Ce pH acide préjudiciable au développement des bactéries s'avère propice à la prolifération des levures [5].

b- Procédé de la fermentation alcoolique

Après ensemencement du milieu par la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* (1 g/l) [6], le bio réacteur est plongé dans un bain-marie où la température est maintenue à 30 ± 2 °C. La fermentation est conduite en anaérobie pendant 72 heures [7]. Toutefois, la fermentation est favorisée par une agitation due au mouvement des bulles du CO_2 dégagé.

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;
- L'évolution de la couleur et de l'odeur du moût;
- Le degré alcoolique;
- La densité du milieu réactionnel;
- Détermination de la cendre.



Fig. 4: Fermentation alcoolique

c- Distillation alcoolique

A la fin de la fermentation, le vin de dattes obtenu est distillé afin d'extraire l'éthanol. La température de distillation est de l'ordre de 78 °C [7].

La figure 5, représente le diagramme des différentes étapes de fabrication de l'éthanol.

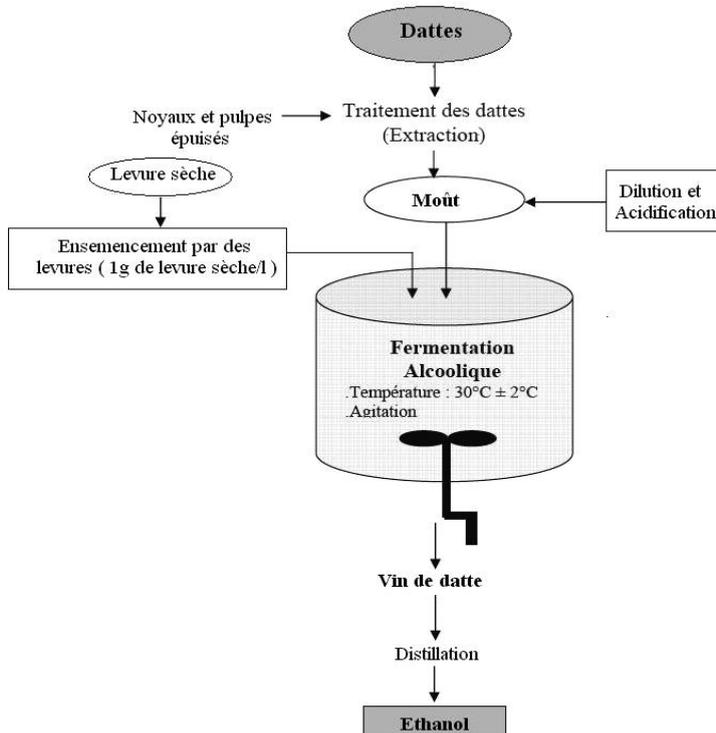


Fig. 5: Diagramme de déroulement de la fermentation alcoolique

2.5 Techniques analytiques

• Détermination du pH

La détermination du pH, est essentielle pour le contrôle du moût, avant et au cours de la fermentation. Sa variation nous renseigne sur l'activité métabolique de la levure au cours la transformation des sucres en alcool. La détermination du pH s'effectue par une lecture directe à l'aide d'un pH-mètre (Marque Hanna).

• Détermination de la densité

La densité est le rapport entre la masse d'un corps et celle d'un même volume d'eau (densité de l'eau = référence = 1). La densité a été déterminée en utilisant un pycnomètre de capacité 10 cm³.

• Détermination du taux de cendres

Les cendres totales sont déterminées par incinération. Un étuvage à 105 °C pendant 24 heures des échantillons, est suivi par une calcination au four à moufle pendant 2 heures à 600 °C [4].

• Dosage des sucres réducteurs

Les sucres réducteurs sont dosés par titrimétrie par la liqueur de Fehling. Le principe de la méthode consiste à faire réagir un excès de solution cupro-alcaline sur les sucres. Ces derniers sont séparés par décantation de l'oxyde cuivreux, puis traités par une solution de sulfate ferrique (0.02N). Le titrage se fait à l'aide d'une solution de

permanganate de potassium (0.015N). Une table donne la correspondance entre le volume versé de permanganate de potassium et la masse de glucose [8].

• Dosage de l'alcool

Le dosage de l'alcool au cours de la fermentation est effectué par aérométrie. La méthode consiste à distiller le jus alcoolisé, puis mesurer, à la température ambiante, le degré du distillat à l'aide d'un alcoomètre (gradué de 0 à 100°) [9].

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 1: Résultats de la fermentation alcoolique (variété *Hmira*)

Durée (h)	pH	Densité	Cendres (g)	Glucose (mg/ml)	Degré Alcoolique (°)
00h	4.5	1.07	0.06	20	0
24h	4.15	1.04	0.05	15.77	6
48h	3.90	1.02	0.04	8.40	15
72h	3.88	1.01	0.04	2.65	22

Tableau 2: Résultats de la fermentation alcoolique (variété *Tinaceur*)

Durée (h)	pH	Densité	Cendres (g)	Glucose (mg/ml)	Degré Alcoolique (°)
00h	4.5	1.07	0.05	17.06	0
24h	3.94	1.04	0.05	13.5	6
48h	3.88	1.03	0.04	6.59	13
72h	3.71	1.02	0.04	1.36	19

Tableau 3: Résultats de la fermentation alcoolique (variété *Kaciene*)

Durée (h)	pH	Densité	Cendres (g)	Glucose (mg/ml)	Degré Alcoolique (°)
00h	4.5	1.04	0.06	12	0
24h	4.18	1.03	0.05	6.5	6
48h	4.01	1.02	0.05	2.02	11
72h	3.87	1.02	0.04	1.55	18

Après 72 heures de fermentation des moûts, une importante dégradation du glucose est révélée, cette transformation était surtout active durant les premières 48 heures pour les trois variétés, par contre la production d'alcool augmente durant les dernières 48 heures de la fermentation (Fig. 6).

Ce résultat est en accord avec celui reporté par El Ogaïdi (1987) [10] qui a évoqué un temps de fermentation entre 36 et 72 heures.

L'évolution du degré d'alcool, durant la fermentation montre que la cinétique de croissance et de production d'alcool pour la variété *Hmira* sont meilleures que ceux des variétés *Tinaceur* et *Kaciene*.

La figure 6 montre également que la variété *Hmira* produit plus d'alcool (22°) que la variété *Tinaceur* (19°) et *Kaciene* (18°). Ce qui implique que la quantité d'alcool produite est proportionnelle au taux de sucre contenu dans les différentes variétés de dattes.

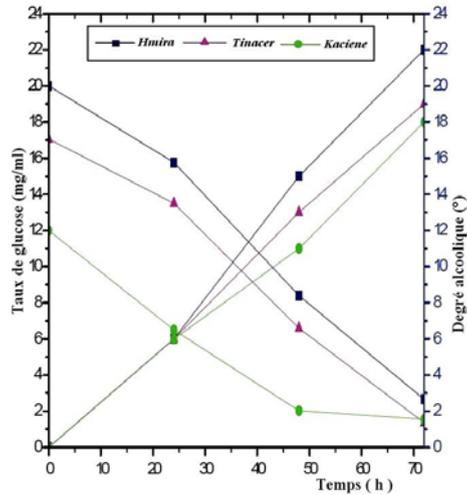


Fig. 6: Courbes d'évolution du taux de glucose et du degré alcoolique au cours de la fermentation

L'alcool produit au niveau du laboratoire a les caractéristiques suivantes: volatil, inflammable, limpide et possédant une odeur piquante.



Ethanol inflammable et volatil

Fig. 7: Ethanol produit au laboratoire

On observe aussi sur la figure 6 que le glucose n'a pas été consommé totalement par la levure, cela peut être dû à l'arrêt de la croissance du *Saccharomyces cerevisiae* par accumulation des substances toxiques (Meyer *et al.*, 1988) [11] et (Sasson, 1986) [12], ce qui indique que les acides gras, en particulier l'acide octanoïque et l'acide décanoïque, formés par les levures à la concentration de quelques milligrammes par litre, deviennent toxique pour cette dernière, aussi l'effet glucose et l'alcool dans le milieu devient inhibiteur.

Les **Tableaux 1, 2, 3** montrent une légère diminution du pH au cours de la fermentation pour les trois variétés qui peut être dû à la formation de l'alcool.

Une diminution remarquable de la densité est révélée pour les trois variétés de dattes, ce qui peut être expliqué par la transformation du glucose en alcool et la perte de masse sous forme de CO₂ (**Tableaux 1, 2, 3**).

Le suivi de la cendre durant la fermentation montre que cette dernière est presque constant et a une valeur moyenne de 0.05 g pour les trois variétés (**Tableaux 1, 2, 3**).

5. CONCLUSION

Grâce à sa composition chimique et sa richesse en minéraux et oligoéléments, le moût de datte permet d'obtenir une bonne productivité d'alcool brut. Les quantités de ce dernier obtenues après 72h de fermentation et 1h20mn de distillation sont satisfaisantes en comparaison avec les résultats obtenus par Ould El Hadj, 2001.

La valeur maximale du degré alcoolique a été obtenue pour la variété *Hmira* qui a le taux de sucre le plus élevé.

La quantité de cendre est presque constante durant le processus de fermentation, tandis que la densité du moût diminue au cours de la fermentation, mais elle reste comprise entre 1.07 et 1.01.

Les dattes communes de faible valeur marchande demeurent un substrat de choix pour la mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'alcool industriel vu la simplicité du procédé, une telle industrie doit être mise en place dans les régions phoenicicole, car elle permet certainement de limiter en partie l'érosion génétique dont souffre la palmeraie algérienne [4].

Enfin, les résultats de ce travail, bien que préliminaire, ouvrent des voies prometteuses pouvant contribuer à fournir localement du moins, un moyen de production de bioéthanol à partir d'un produit local de faible valeur marchande.

En conclusion, les dattes communes présentent un très bon substrat de fermentation alcoolique pour la réalisation d'une installation semi-pilote de production d'éthanol dans le futur proche.

REFERENCES

- [1] M. Cot, '*Etudes Physiologiques de l'Adaptation et de la Résistance de la Levure Saccharomyces Cerevisiae au Cours de la Production Intensive d'Ethanol*', Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2006.
- [2] Rapport, '*Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques*', Note d'Information N°0/2001, Parlement Européen, 2001.
- [3] S. Hannachi, '*Le Patrimoine Phoénicicole National*', Atelier sur la Valorisation des Dattes Communes organisé à l'I.N.F.S.A.S. de Ouargla, 1995.
- [4] S. Acourene et M. Tama, '*Caractérisation Physico-Chimique des Principaux Cultivars de Dattes de la Région des Zibans*', Recherche Agronomique, N°1, pp. 59 – 66, Institut National de la Recherche Agronomique, Algérie, 1997.
- [5] M.D. Ould El Hadj, '*Etude Comparative de la Productivité d'Alcool Brut de Dattes selon les Variétés*', Recherche Agronomique, N°9, pp. 91 – 99, Institut National de la Recherche Agronomique, Algérie, 2001.
- [6] D. Fabienne, '*Génie Fermentaire*', Edition Doin Editeurs, pp. 226 - 229, Paris, 1991.

- [7] F. Kaidi et A. Touzi, '*Production de Bioalcool à Partir des Déchets de Dattes*', Revue des Energies Renouvelables, NS: Biomasse Production et Valorisation, pp. 75 – 78, Alger 20-21 juin 2001.
- [8] C.L. Audigie, J. Figarella et F. Zonszain, '*Manuel d'Analyses Biochimiques*', 270 p., Ed. Doin, Paris, 1980.
- [9] D.J. Nadhim, '*Production d'Ethanol à partir des Sucres de Dattes*', Séminaire sur les Dattes, pp. 115 – 130, 4-5 Décembre, Bagdad, Irak, 1982.
- [10] H.K.H. El Ogaïdi, '*Dates and Confectionery Product*', FAO, Rome, 1987.
- [11] A. Meyer, '*Cours de Microbiologie Générale*', Ed. Doin Editeurs, 1988.
- [12] A. Sasson, '*Nourrir Demain les Hommes*', 765 p., Ed. UNESCO, Pays Bas, 1986.