

Transformation des Déchets des Dattes de la Région d'Adrar en Bioéthanol

A. Boulal, B. Benali, M. Moulai et A. Touzi

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. D'importantes unités de production d'alcool fonctionnent, en particulier au Brésil, au U.S.A et en France. Pour couvrir ses besoins nationaux, l'Algérie importe annuellement 80% d'éthanol.

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 fermentations alcooliques 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 200g de pulpes de dattes. Nous avons obtenu après l'étape de distillation les résultats suivants pour les trois variétés successives : (22°), (19°), (18°).

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

abstract: Currently the possibilities of energy valorization of the biomass by the biotechnologies processes represent a solution of choice for the use of the agricultural produce of commercial low value, the liquids of the food industries, the crop waste products.... The valorization of this biomass, in particular of organic nature, is done by various biotechnologies processes. Significant manufacturing units of alcohol function, in particular in Brazil, in U.S.A and in France. To meet its national needs, Algeria imports 80% of ethanol annually.

A. Boulal, B. Benali, M. Moulai et A. Touzi, Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, B.P. 478, Route de Reggane, Adrar. Tél : (049) 96 51 68, Fax : (049) 96 04 92
e- mail: boulal19@yahoo.fr

The area of Adrar 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 develop common dates of commercial low value and to put on the local and international market, a new generation of products with high values added such as bioéthanol. Accordingly, of many tests of alcoholic fermentations on a laboratory scale are launched in order to fix the following parameters: the by-pass ratio, quantity of yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) and the time of fermentation in order to optimize the process.

We compared the degree of crude alcohol of four varieties of common dates (Hmira, Tinacer and Kaciene) for 200g of date pulps. We obtained after the stage of distillation the following results for the three successive varieties: (22°), (19°), (18°).

Key words: Energy valorization, Biomass, Dates common, Bioéthanol, alcoholic Fermentation.

I. INTRODUCTION

De nos jours, les réserves du pétrole brut et les capacités de raffinage limitées, ainsi que l'inquiétude grandissante de 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 le diesel [2].

En Algérie les cultivars de dattes sont nombreux et sont estimés à plus de 800 cultivars [3]. Ces ressources génétiques sont très mal exploitées à l'exception de Deglet nour et à moindre degré, Ghars, Degla beida et Mech degla qui présentent une importance économique [4]. Par contre le secteur phoénicole de la région d'Adrar fournit chaque campagne un tonnages très élevé de dattes communes 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. Certaine quantité est consommée localement soit part la population soit sous forme d'alimentation de bétail et une faible quantité commercialisée vers les autres Wilayas.

Les dattes à part leur grande richesse en sucres et leur 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.

II. MATERIELS ET METHODE

A. Matière végétale

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 Kaciene.

Selon le bilan de campagne phoenicicole de la Direction des Services Agricoles (DSA) 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 n° 1.

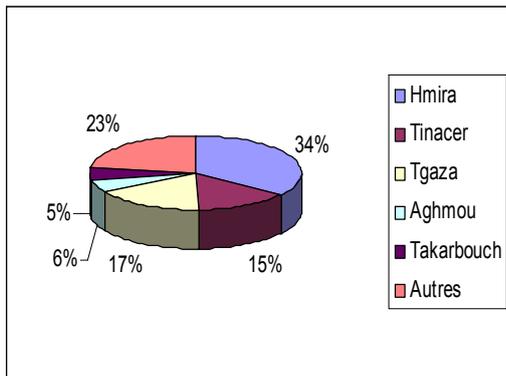


Fig. 1. Répartition de la production de dattes dans la wilaya d'Adrar



Datte sèche

Datte sèche dans les sacs

Fig. 2. Substrat de fermentation

B. Matériel biologique

La levure de boulangerie sèche *Saccharomyces cerevisiae* est conservée dans un milieu froid et sec. Ces souches sont utilisées pour la production d'éthanol.

C. Dispositifs utilisés pour la fermentation alcoolique

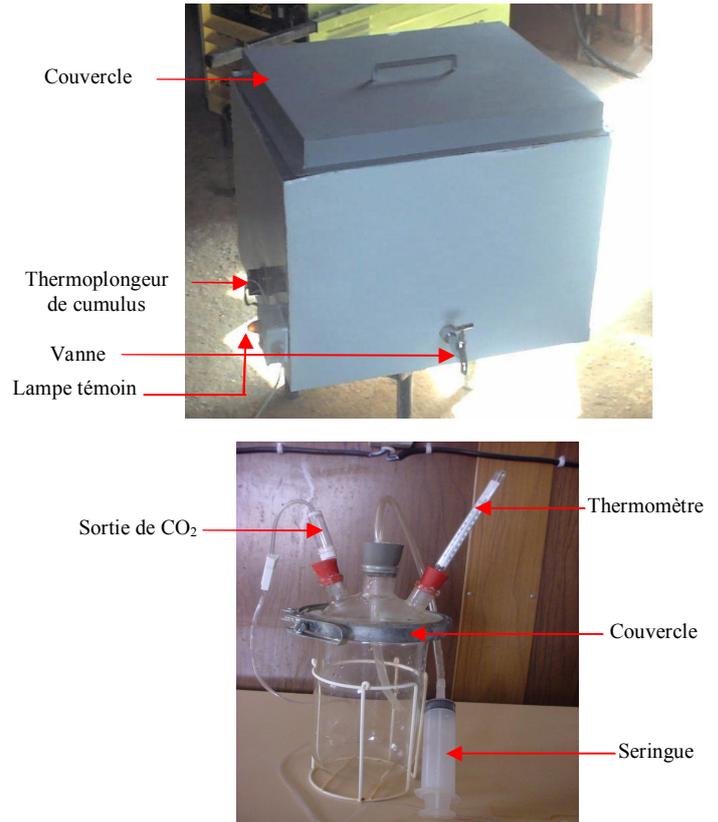


Fig. 3. Dispositifs de la fermentation alcoolique.

D. Méthodologie de travail

1. Préparation du moût de dattes

Après lavage, l'imbibition des dattes est faite à l'aide d'une eau chaude (90°C à 95°C) afin de faciliter le dénoyautage. Le broyage des dattes est effectués 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 200g de pulpes pour 800ml d'eau. Le pH du moût est ajusté entre 4.3 et 4.7 par l'acide sulfurique (H₂SO₄; 1N). Ce pH acide préjudiciable au développement des bactéries s'avère propice à la prolifération des levures [5].

2. Procédé de la fermentation alcoolique

Après ensemencement le moût par la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* (1g/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 CO₂ 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. Un temps de se jour de 72heurs on arrête la fermentation.

Pour chaque variété de dattes, l'opération de fermentation est répétée trois fois dans le but d'obtenir une valeur moyenne 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.

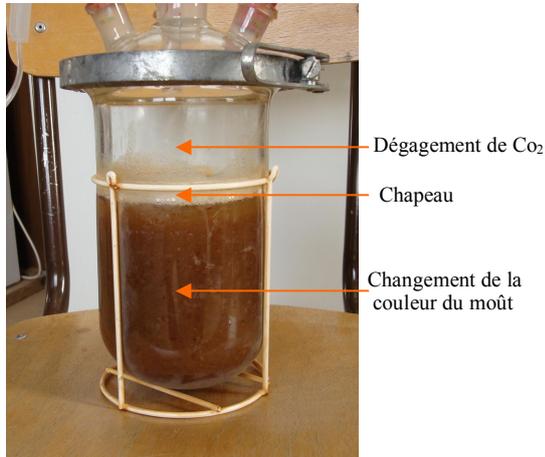


Fig. 4. les principaux changements au cours de la fermentation alcoolique (Augmentation de la température, Diminution de la densité)

3. Distillation alcoolique

A la fin de la fermentation, nous serons en présence d'un vin de dattes qu'il faut distiller à fin 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.

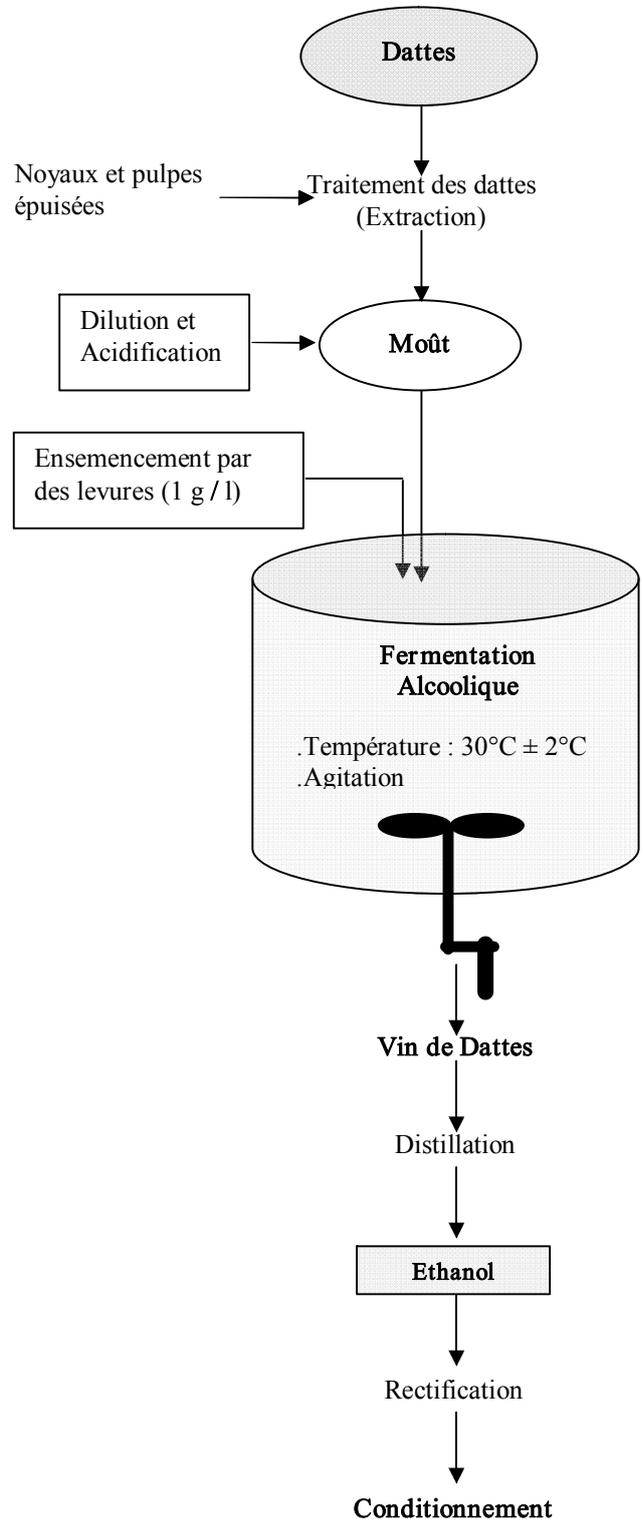


Fig. 5. Diagramme de déroulement de la fermentation alcoolique.

D. 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.

- 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 10cm³.

- Détermination du taux de cendres

Les cendres totales sont déterminées par incinération. Un étuvage à 105⁰ C pendant 24heures des échantillons, est suivi par une calcination au four à moufle pendant 2heure à 600⁰ 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-alkaline 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].

- Le 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].

III. RESULTATS EXPERIMENTAUX

A. Suivi de la température au cours de fermentation

Vu l'importance de la température, il nous est paru nécessaire de mesurer la température dans différents points du bioréacteur (milieu, surnageant et profondeur) au cours de la fermentation. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 6.

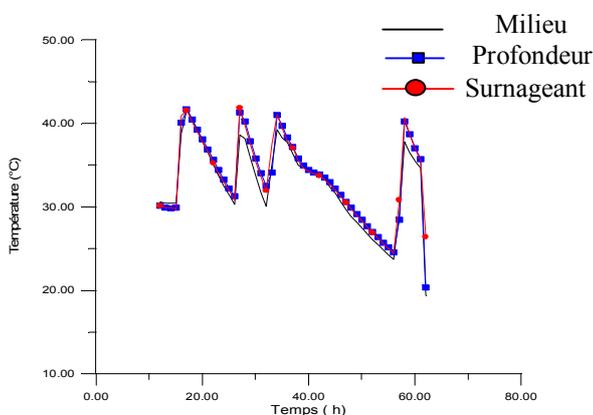


Fig. 6. Evolution de la température au cours de la fermentation

La figure n°6 montre que la température reste la même dans les trois points de mesure, ce qui confirme l'homogénéisation de la température à l'intérieur du bioréacteur par l'action du dégagement des bulles de CO₂ pendant la fermentation.

B. Suivi de la fermentation

TABLE 1
RESULTATS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE (LA VARIETE HMIRA).

Durée Heure	pH	densité	cendre (g)	Glucose (mg/ml)	Degré Alcoolique (°)
00h	4.5	1.07	0.06	20	00
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

TABLE2
RESULTATS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE (LA VARIETE TINACEUR).

Durée Heure	pH	densité	cendre (g)	Glucose (mg/ml)	Degré Alcoolique (°)
00h	4.5	1.07	0.05	17.06	00
24h	3.94	1.04	0.05	13.5	06
48h	3.88	1.03	0.04	6.59	13
72h	3.71	1.02	0.04	1.36	19

TABLE 3
RESULTATS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE (LA VARIETE KACIENE).

Durée Heure	pH	densité	Cendre (g)	Glucose (mg/ml)	Degré Alcoolique (°)
00h	4.5	1.04	0.06	12	00
24h	4.18	1.03	0.05	6.5	06
48h	4.01	1.02	0.05	2.02	11
72h	3.87	1.02	0.04	1.55	18

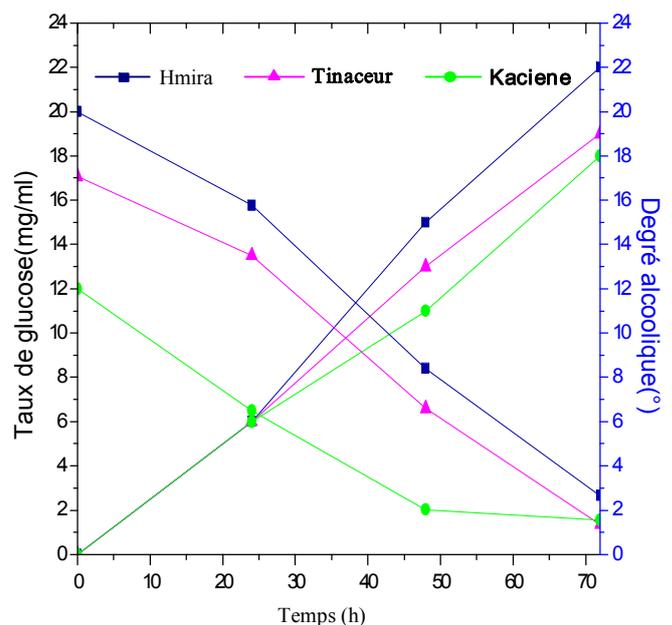


Fig. 7. Les courbes d'évolution du Taux de glucose et du degré alcoolique au cours de la fermentation

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

V. CONCLUSION

Grasse à sa composition chimique et son enrichissement en certains sels, le moût de datte de la région permet d'obtenir une bonne productivité d'alcool brut. Les quantités de ce dernier obtenues après 72h de fermentation sont satisfaisantes en comparaison avec les résultats obtenus par M, D.OULD.EL.HADJ (2001) [5].

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 phœnicicole, 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, ouvre 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.

REFERENCE

- [1] C Marlène, « Etudes physiologiques de l'adaptation et de la résistance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la production intensive d'éthanol, » Thèse de doctorat, institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2006, pp. 1.
- [2] Parlement Européen, « Evaluation des choix scientifiques et technologiques, » Note d'information n° 07/2001.
- [3] S. Hannachi, « Le patrimoine phœnicicole national, » Dans, Atelier sur la valorisation des dattes communes organisé à L'I.N.F.S.A.S. de Ourgla, 1995.
- [4] S. Acourene et M. Tama, « Caractérisation physico-chimique des principaux cultivars de dattes de la région des Zibans, » Recherche Agronomique, revue semestrielle n° 1, INRA Algérie, 1997, pp. 59-66.
- [5] M. D. Ould El Hadj, « Etude comparative de la productivité d'alcool brut de dates selon les variétés, » Recherche Agronomique, revue semestrielle n° 9, INRA Algérie, 2001, pp. 91-99.
- [6] D. Fabienne, « Génie fermentaire, » Doin éditeurs- Paris, 1991, pp. 226-229.
- [7] F. Kaidi et A. Touzi, « Production de bioalcool à partir des déchets de dattes » Revue Des Energies Renouvelables, Biomasse Production et valorisation, Alger 20-21 juin 2001, pp. 75 à 78.
- [8] C. Audigie, J. Figarella et F. Zonzain, « Manuel d'analyses biochimiques, » Ed. Doin, Paris, 1980, pp. 270.
- [9] D.J. Nadhim, « Production d'éthanol à partir des sucres des dattes, » Séminaire sur les dattes, 4-5 Décembre, Bagdad, Irak, 1982, pp. 115-130.
- [10] H. K. H. Elokaidi, "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, » Ed. UNESCO Pays Bas, 1986.

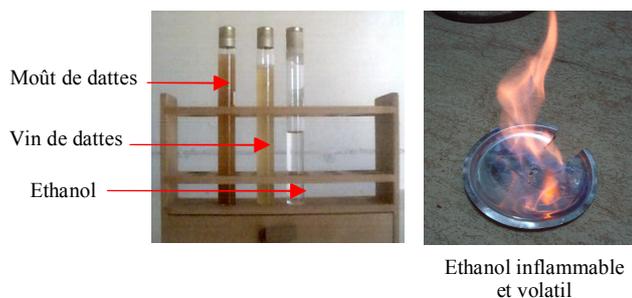


Fig. 8. Ethanol produit au laboratoire

IV. DISCUSSION ET INTERPRETATION

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 (Figure n°6).

Ce résultat est en accord avec celui reporté par ELOKAIDI (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 meilleurs que ceux des variétés Tinaceur et Kaciene.

La figure n°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 proportionnel au taux de sucre contenu dans les différentes variétés de dattes.

On observe aussi sur la figure n°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 decanoïque, 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 n° 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 (Tableau n°1, 2, 3).

Le suivi de la cendre durant la fermentation montre que cette dernière est presque constant et a une valeur moyenne de 0.05g pour les trois variétés (tableaux n°1.2.3).