

L'ALCOOL DE BANANES

par E. BREMOND, Docteur ès-Sciences de l'Université d'Alger
Professeur de Chimie et d'Œnologie à l'Institut
Agricole d'Algérie.

La banane mûre contient 18 à 20 % de sucres totaux, constitués par un mélange en proportions variables de sucres réducteurs et de saccharose. Il est donc possible de réaliser la fermentation des bananes mûres, par simple addition d'eau et de levures alcooliques en activité, sans qu'il soit nécessaire de provoquer au préalable une saccharification de l'amidon, comme cela doit se faire avec les bananes vertes contenant surtout des matières amylacées.

Pendant la guerre 1939-40, nous eûmes à faire fermenter, pour le compte du Service de l'Intendance Militaire, un lot important de bananes pourries, absolument inutilisables pour la consommation. Malgré des conditions de fermentation très défavorables, il fut possible de récupérer une certaine quantité d'alcool à 90-92° qui, après dénaturation, put être utilisé comme alcool à brûler ou alcool-carburant.

Au mois de Novembre 1940, un planteur de la Guinée Française, chargé de mission d'études en Algérie, vint nous demander des précisions sur les possibilités de fabrication de l'alcool de bananes en Afrique Occidentale Française.

Nous fûmes ainsi amené à effectuer des essais de laboratoire, dont les résultats furent consignés dans un rapport technique présenté à la Haute Administration de l'A.O.F. qui décida de réaliser en Guinée la fermentation et la distillation des bananes non exportables, pour la production d'alcool-carburant.

Nous résumons dans la présente note quelques-uns de nos essais de fermentation.

I. — Obtention du moût de bananes

Les bananes utilisées dans nos essais provenaient de la Guinée ; elles étaient très mûres, saines, et leur teneur en *sucres totaux*

(non compris les peaux) était de 20 %, dont 13 % de sucres réducteurs et 7 % de saccharose.

Les fruits furent épluchés et écrasés à la main. A titre d'indication, le poids des peaux représentait le tiers environ du poids des bananes.

A 4 kilos de cette bouillie épaisse de bananes, on ajouta 4 litres d'eau bouillante et, après une macération de 3 heures, on obtint 8 kilogrammes d'un moût épais présentant à l'analyse les caractéristiques suivantes (analyse effectuée sur le moût filtré) :

Densité à 15 C.....	1.046						
Sucres (exprimés en sucre inverti et en grammes par litre)	<table> <tr> <td>Sucres réducteurs. .</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td>Saccharose.</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Sucres totaux.</td> <td>102</td> </tr> </table>	Sucres réducteurs. .	67	Saccharose.	35	Sucres totaux.	102
Sucres réducteurs. .	67						
Saccharose.	35						
Sucres totaux.	102						
Acidité totale sulfurique.	0,40						

II. — Mise en fermentation du moût de bananes

Après refroidissement complet, les 8 kilos de moût correspondant à 4 kilos de bananes épluchées, furent divisés en 4 parties égales, à savoir :

Essai n° 1 :

2 kilos de moût + 4 grammes d'acide tartrique + 0 l. 080 de levures alcooliques en pleine activité.

Essai n° 2 :

2 kilos de moût + 1 gr. 5 d'acide sulfurique + 0 l. 080 de levures.

Essai n° 3 :

2 kilos de moût + 0 l. 080 de levures.

Essai n° 4 :

2 kilos de moût + 0 gr. 75 d'acide sulfurique + 0 gr. 15 de phosphate biammonique + 0 l. 080 de levure.

Tous ces échantillons furent placés dans une étuve maintenue à 30° C. La fermentation se déclara très rapidement (en quelques

heures) et se poursuit normalement dans les quatre essais, jusqu'à la transformation complète des sucres en alcool éthylique. (1)

Le dégagement de gaz carbonique étant très abondant, le chapeau de marc compact, qui se formait à la partie supérieure du moût en fermentation, avait tendance à déborder des récipients et à s'acétifier. Dans la pratique, il faudrait utiliser des tonneaux ou mieux des cuves à *claires mobiles*, comme cela se fait en vinification, de façon à maintenir le chapeau de marc immergé dans le liquide en fermentation.

La marche des fermentations est consignée sur le tableau I :

TABLEAU I

N° DES ESSAIS	DENSITE A 15° C				
	1	2	3	4	
Temps de fermentation : (en heures et jours)	0 h. ..	1.046	1.046	1.046	1.046
	24 h. ..	1.017	1.014	1.014	1.012
	39 h. ..	1.002	1.002	999,3	1.001
	2 j. ½ ..	1.003,3	1.003,3		999,8
	3 jours .	Fermentation arrêtée dans tous les échantillons.			

Après 24 heures de repos, les jus fermentés ainsi obtenus furent soutirés et les marcs pressés à la main au travers un linge. Le rendement en liquide alcoolique (jus de goutte et jus de presse réunis) fut en moyenne de *1 litre 600* pour les 2 kilos de moût mis en œuvre, c'est-à-dire pour 1 kilo de bananes épluchées.

Dans la pratique, le pressurage des marcs se ferait à l'aide d'un pressoir ordinaire à vendanges, en utilisant des sacs comparables à ceux dont on se sert pour presser les lies de vin.

(1) Nous n'avons pas envisagé dans nos essais l'emploi de l'anhydride sulfureux ou de fluorure de sodium car il est difficile à l'heure actuelle de se procurer de tels produits, surtout dans les colonies lointaines, mais il n'est pas douteux qu'une addition de 8 à 10 grammes par hectolitre de l'un de ces antiseptiques purifie le milieu fermentaire et facilite le travail des levures.

III. — Analyse des jus alcooliques de bananes obtenus
dans les essais précédents (tableau 2)

TABLEAU II

N° DES ESSAIS	1	2	3	4
Densité à 15° C.	1.000,3	1.000,3	999,3	999,8
Degré alcoolique (par distillation)	5° 6	5° 6	5° 6	5° 6
Acidité totale sulfurique.	3,1	2,6	1,9	2,3
Acidité volatile sulfurique.	0,22	0,30	0,45	0,22
Acidité fixe sulfurique..	2,88	2,30	1,45	2,08
pH.	3,97	3,82	4,10	4,00
Sucres réducteurs . . .	moins de 2 gr.	moins de 2 gr.	moins de 2 gr.	moins de 2 gr.
Examen microscopique .	Nombreuses levures, pas de bactéries.			
Aspect et goût	Liquides troubles, apparence laiteuse, pas de mauvais goût, ni de mauvaise odeur.			
Conservation	Assez bonne, à condition d'éviter le contact de l'air.			

L'examen de ce tableau permet de faire les remarques ci-après :

1° Aux points de vue de la *vitesse de fermentation* et du *rendement en alcool*, il n'y a aucune différence dans ces divers essais.

Cependant, dans la pratique, nous pensons qu'il y aurait lieu d'adopter *l'essai n° 4* (additions d'acide sulfurique et de phosphate d'ammoniaque). L'acide sulfurique maintient la force acide ou pH du milieu fermentaire à une valeur favorable au développement des levures et défavorable à la prolifération des mauvais ferments. Quant au phosphate d'ammoniaque, il apporte des éléments nutritifs (phosphore et azote ammoniacal) indispensables à la vie de la levure alcoolique.

2° *L'acidité volatile est normale* pour tous les échantillons, ce qui est l'indice d'une fermentation alcoolique satisfaisante. L'échantillon n° 3, qui n'a pas été acidifié, a cependant une acidité volatile un peu plus élevée.

3° L'acidité fixe sulfurique a augmenté de *1 gr. à 1 gr. 3*, par rapport aux moûts initiaux mis en fermentation (tableau 3).

TABLEAU III

N° DES ESSAIS	1	2	3	4
Acidité fixe sulfurique des moûts avant fermentation	1,70	1,20	0,40	0,80
Acidité fixe sulfurique des jus en fin de fermentation	2,88	2,30	1,45	2,08
Augmentation de l'acidité fixe sulfurique	1,18	1,10	1,05	1,28

Cette augmentation de l'acidité fixe est due à la production d'acides organiques de fermentation, tels que les acides succinique et lactique.

4° Après 4 mois de conservation en bouteilles pleines et bien bouchées, ces jus alcooliques de bananes présentaient à l'analyse les caractéristiques suivantes :

N° DES ESSAIS	1	2	3	4
Degré alcoolique	5° 55	5° 55	»	5° 60
Acidité volatile sulfurique	0,30	0,65	»	0,60
Aspect	Liquides limpides, formation d'un dépôt glaireux assez abondant au fond des bouteilles.			

L'acidité volatile a bien augmenté un peu, mais le titre en alcool n'a pratiquement pas varié. Ainsi donc, en maintenant ces liquides à l'abri de l'air, il est possible de les conserver assez longtemps, sans risquer d'avoir une perte sensible d'alcool par acétification.

Par contre, ces dilutions alcooliques *s'altèrent très rapidement au contact de l'air* ; il se forme à leur surface un voile de mycodermes qui transforment l'alcool en gaz carbonique et acide acétique. Aussi, dans la pratique, est-il préférable de distiller ces jus alcooliques le plus rapidement possible.

Si on se trouvait dans l'obligation de stocker de tels liquides, il

faudrait les placer dans des récipients maintenus *pleins et bouchés*, ou dans le cas d'un récipient en vidange, prendre la précaution d'ajouter un peu d'huile en surface, sur une épaisseur de 2 à 3 centimètres de façon à éviter l'action nuisible du ferment du vinaigre.

5° *Le rendement en alcool ramené à 100 kilos de bananes épluchées s'établit ainsi qu'il suit :*

1 kilo de bananes épluchées (correspondant à 2 kilos de moût initial) a donné 1 litre 600 de jus fermenté titrant 5° 6 d'alcool.

Donc 100 kilos de bananes épluchées donneraient 160 litres de jus à 5° 6, soit :

$$\frac{5 \text{ l. } 6 \times 160}{100} = 9 \text{ l. } 00 \text{ d'alcool à } 100^\circ$$

ou 10 litres d'alcool à 90°.

Ce rendement correspond bien à la teneur en sucres totaux des bananes mises en fermentation, en sachant que 1.700 gr. ou 1.800 gr. de sucre donnent après fermentation 1 litre d'alcool pur à 100°.

En effet, d'après l'analyse, la teneur en sucres totaux des bananes épluchées est de 20 %, et par suite, 100 kilos de bananes doivent donner théoriquement :

$$\frac{20.000}{1.800} = 11 \text{ l. } 1 \text{ d'alcool à } 100^\circ$$

Mais il faut tenir compte de la perte du marc pressé (0 k. 400 pour 2 kilos de moût), ce qui revient à une production théorique en alcool de :

$$\frac{11 \text{ l. } 1 \times 1,6}{2} = 8 \text{ lit. } 9 \text{ d'alcool à } 100^\circ \text{ pour } 100 \text{ kilos de bananes}$$

(dans nos essais, nous avons trouvé 9 lit. 00).

En prenant le nombre 1.700 au lieu de 1.800, le rendement théorique en alcool serait de 9 litres 3.

Ainsi donc, il est intéressant de constater que *la transformation des sucres de la banane en alcool éthylique s'est réalisée dans des conditions satisfaisantes.*

7° Au lieu d'ajouter 1 litre d'eau par kilo de bananes, il nous semble préférable de n'utiliser qu'un demi-litre d'eau pour la même

quantité de fruits, de façon à obtenir un jus fermenté plus riche en alcool, titrant 7° 5 à 8°. Au moment de la distillation, pour l'obtention d'un alcool rectifié à 90-92°, les dépenses en combustibles seraient ainsi sensiblement réduites.

8° *Les marcs pressés* contiennent une certaine quantité d'alcool, qu'il est possible d'extraire, soit par distillation directe dans un alambic à marcs, soit par diffusion méthodique dans l'eau, en employant des tonneaux ou des cuves à double fond. Dans ce dernier cas, l'eau alcoolisée ainsi obtenue pourrait servir à préparer de nouvelles macérations de bananes fraîches soumises à la fermentation.

Enfin les marcs privés d'alcool pourraient servir à l'alimentation des animaux ou tout au moins comme engrais.

Conclusions générales

Nos essais de laboratoire n'ont fait que confirmer et préciser ce que nous avons déjà constaté lors d'une expérience en grand effectuée sur des bananes pourries, à savoir qu'il est *relativement facile de réaliser, dans de bonnes conditions, la fermentation des bananes mûres pour en retirer de l'alcool.*

1° *Eplucher des bananes très mûres et les écraser.* Cette opération peut être réalisée mécaniquement avec certains dispositifs de fouloirs-égrappoirs utilisés en vinification.

Nous ne croyons pas qu'il soit avantageux de faire fermenter les bananes avec les peaux, parce que l'on obtiendrait un chapeau de marc très volumineux, de manutention difficile et retenant une notable quantité d'alcool même après pressurage.

2° *Ajouter 50 litres d'eau (il est inutile d'employer de l'eau bouillante) par 100 kilos de bananes épluchées, c'est-à-dire par 150 kilos de bananes non épluchées.* L'eau est additionnée au préalable de 150 grammes d'acide sulfurique et de 25 grammes de phosphate d'ammoniaque par hectolitre.

Bien malaxer la bouillie ainsi obtenue. Prendre la densité du moût préalablement filtré : avec des bananes renfermant 18 à 20 % de sucres totaux, on doit avoir une densité voisine de 1.060, ce qui correspond sensiblement à 140 grammes de sucres par litre ou à 7° 8 d'alcool en puissance. (Pour avoir des renseignements plus précis,

surtout dans le cas de bananes insuffisamment mûres, il faut effectuer le dosage chimique des sucres avec la liqueur de Fehling).

Si on a à sa disposition de l'anhydride sulfureux pur liquéfié ou du fluorure de sodium, incorporer 5 à 10 grammes de l'un de ces antiseptiques par 100 kilogrammes de mélange.

3° *Ensemencer le moût de bananes* avec des levures alcooliques en pleine activité, à raison de *2 litres de levain pur pour 100 litres de moût*.

La pureté du levain doit être vérifiée de temps en temps, de façon à éviter le développement des mauvais ferments. A ce point de vue, les Instituts Pasteur coloniaux peuvent jouer un rôle très utile en conservant des types de levures pures et en pratiquant les repiquages nécessaires, dans des conditions bactériologiques rigoureuses.

Pour la Guinée Française, où la production d'alcool de bananes est en voie de réalisation, ce travail de contrôle est effectué par l'Institut Pasteur « Pastoria » à Kindia.

4° *Surveiller attentivement la marche des fermentations*, comme cela se fait en vinification, c'est-à-dire :

a) effectuer des *prises de densité* du moût en fermentation à l'aide d'un mustimètre, pour s'assurer de la transformation progressive des sucres en alcool.

b) Eviter que la température du moût s'élève *au-dessus de 35° C* et au besoin, pratiquer un remontage à l'air ou procéder à une réfrigération par passage du jus dans un serpentin en cuivre refroidi extérieurement par de l'eau froide.

Comme la teneur en sucre du moût de bananes est relativement faible, l'achèvement de la fermentation *est très rapide* (48 heures dans nos essais) et les élévations de température ne sont guère à redouter.

c) En cas d'arrêt de fermentation, avant complète transformation des sucres en alcool, effectuer des coupages avec des jus en pleine activité fermentaire.

d) Soutirer le jus fermenté de goutte dès que sa densité corrigée à 15° C est égale ou inférieure à 1.000 ; doser l'alcool et l'acidité volatile de ce jus de façon à se rendre compte si la fermentation s'est faite dans de bonnes conditions. Dans certains cas, il se peut que la densité soit supérieure à 1.000 par suite de la présence d'un excès de matières extractives non fermentescibles.

e) Presser aussitôt les marcs et mélanger le jus de pressurage au jus de goutte.

L'alcool contenu dans les marcs pressés peut être récupéré soit par distillation directe dans un alambic spécial, soit par diffusion dans l'eau, comme il a été indiqué précédemment.

5° Après un repos de 2 à 3 jours dans une cuve fermée pour permettre le dépôt des grosses lies, *distiller et rectifier* le jus alcoolique de bananes, de façon à obtenir directement de *l'alcool à 90-92° utilisable comme carburant, après dénaturation*.

Employer de préférence des appareils à distiller à vases ou à colonne de distillation inclinée inobstruable.

Le rendement total en alcool à 90-92° (y compris l'alcool contenu dans les marcs) est de l'ordre de *10 litres 5 pour 100 kilos de bananes épluchées* — ou 150 kilos de bananes non épluchées.

Depuis le mois de juillet 1941, des essais à l'échelle industrielle sont entrepris en Guinée Française qui fixeront de façon certaine, les conditions optima à réaliser sur place pour obtenir les meilleurs résultats. Déjà, les premiers rendements en alcool obtenus se rapprochent sensiblement de celui indiqué ci-dessus.

Sur nos indications, il a été installé un certain nombre de caves-distilleries dont trois fonctionnent actuellement à Coyah, Dubréka et Kindia, et deux autres seront prêtes vers la fin du mois de novembre. Dans chacune de ces installations on peut traiter quotidiennement 120 à 150 quintaux de bananes, ce qui représentera pour les cinq distilleries une *production globale journalière d'environ 50 hectolitres d'alcool carburant*.

Plusieurs ingénieurs, anciens élèves de l'Institut Agricole d'Algérie particulièrement avertis des questions de fermentation et un contre-maître distillateur sont à pied d'œuvre pour mener à bien une telle entreprise qui apparaît intéressante non seulement dans la période actuelle de blocus maritime, mais également après les hostilités. En effet, en temps normal, les régimes de bananes de qualité inférieure, surtout ceux provenant de la culture indigène, ne peuvent pas être exportés en Europe et il n'est pas douteux que l'installation de distillerie permettra de tirer le meilleur profit des bananes non exportables, ainsi que d'autres fruits sucrés sauvages de la colonie.

Septembre 1941.