

Etude de la production d'éthanol biocarburant à partir de rejets agricoles

Assia MANSOURI*, Rachida RIHANI, Nadia Aïcha LAOUFI

Laboratoire de phénomènes de transferts

Département de Génie chimique et cryogénie, Faculté de Génie mécanique et Génie des procédés.
Université des Sciences et de Technologie Houari Boumedienne (USTHB), Bab-Ezzouar, 16111, Alger, Algérie.

*Assia MANSOURI : assiamansouri91@hotmail.fr

Résumé - Ce travail consiste à produire l'éthanol biocarburant à partir des déchets agricoles à savoir : les rebuts de dattes et les résidus de récolte de raisins. Pour cela, les fermentations ont été menées par la levure *Saccharomyces Cerevisiae* en batch dans un bioréacteur cylindrique de capacité 3L. Pour cela, différents paramètres ont été suivis tels que : la teneur en bioéthanol, les sucres totaux, l'azote ammoniacal, le pH. Il ressort de ce travail, que la concentration en alcool atteinte pour le substrat de dattes est de 103 g/L, cette valeur est plus élevée par comparaison à celle obtenue pour le substrat raisins, qui est de 74,44 g/L. Nous avons trouvé que la concentration en sucres totaux diminue et ce au fur et à mesure que la levure se développe, pour atteindre une concentration d'environ 100 g/L pour les dattes et de 70g/L pour les raisins.

Mots Clés : Ethanol, fermentation, *Saccharomyces Cerevisiae*, biocarburant, bioréacteur.

1. Introduction

Face au réchauffement climatique et à l'épuisement programmé de la ressource énergétique fossile, et que dans un avenir proche, les réserves de pétrole devront être complétées par les biocarburants afin d'assurer une part de notre richesse naturelle pour la génération future. C'est pour cela, les procédés bioénergétiques ont pris, ces dernières années, une importance grandissante dans le monde entier notamment dans le domaine de la recherche. Parmi ces procédés, la fermentation des effluents issus de déchets agricoles, présente de nombreux intérêts. En effet, le biocarburant formé à partir de la matière organique permet de produire de l'énergie renouvelable car sa combustion ne contribue pas à l'effet de serre. Cet argument est basé sur le fait que le CO₂ formé durant la combustion du biocarburant (bioéthanol) est consommé par la renaissance de la biomasse dans un laps de temps très convenable. Ce mode de valorisation des déchets et des effluents organiques réduit les impacts environnementaux notamment la réduction des gaz à effet de serre, les odeurs et les déchets [1].

L'objectif de ce travail consiste à produire l'éthanol biocarburant à partir des déchets agricoles à savoir : les rebuts de dattes et les résidus de récolte de raisins. Pour cela, les fermentations ont été menées par la levure *Saccharomyces Cerevisiae* en batch dans un bioréacteur cylindrique de capacité 5L. Pour cela, différents paramètres ont été suivis tels que : la teneur en bioéthanol, les sucres totaux, l'azote ammoniacal, le pH.

2. Caractéristiques du substrat

Les déchets agricoles utilisés dans ce travail sont issus de déchets de dattes et de raisins. Ces substrats sont riches en matières organiques et nutritives, c'est pourquoi, nous les avons utilisés dans ce travail. Les caractéristiques des deux substrats sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques du substrat

Caractéristique	Déchets dattes	Déchets de raisins
pH	5,08 ± 0,01	3,28± 0,01
NH ₄ (g/L)	1,68	1,6
Sucres totaux (g/L)	153,61 ± 0,1	166,69± 0,1
Brix (%)	10,5	15,75

3. Dispositif expérimentale

Le fermenteur que nous avons utilisé pour la fermentation alcoolique est un bioréacteur de forme cylindrique à fond conique et en acier inoxydable, de capacité de 5L et de volume utile de 3L, sa hauteur est de 0,355 m avec un diamètre interne de 0,15 m (figure 1). Afin de maintenir la température constante lors de la fermentation, le bioréacteur est entouré d'une chemise de thermostatisation, sa hauteur est de 0,165 m, il est alimenté par un thermostat à circulation d'eau. En outre, le couvercle du réacteur est muni de plusieurs tubulures pour le suivi des différents paramètres à savoir: le pH, la conductivité, les sucres totaux, la concentration en alcool,...etc. Le fond du bioréacteur est de forme conique et possède une vanne qui peut être utilisée pour les prélèvements ou bien pour la purge du bioréacteur. Le bioréacteur est muni d'un agitateur afin d'assurer l'homogénéité du substrat au sein du fermenteur. La fermentation alcoolique est menée en utilisant la levure *Saccharomyces Cerevisiae*, à un pH de 4,5, et à une température de 30°C pendant 72h, le moût obtenu est distillé à 78°C et ce pour extraire l'éthanol.

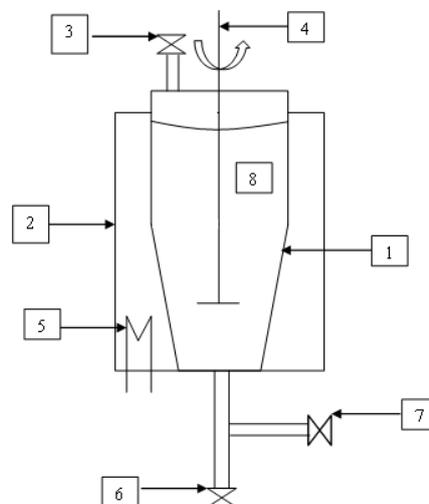


Figure 1 : Dispositif expérimental. (1) Bioréacteur, (2) Enveloppe, (3) contrôle du pH, (4) Turbine de Rushton (5) Résistance électrique, (6)-(7) Vanne de prise d'échantillon, (8) Substrat

4. Résultats et Discussion

4.1. Influence du pH sur la fermentation alcoolique

Lors de la fermentation alcoolique, le métabolisme de la levure induit un changement fréquent du milieu de fermentation. Dans ce cas, l'assimilation des substrats carbonés et azotés par la levure conduit à la production de métabolites acides ou alcools et par conséquent, libération des ions hydrogène dans le milieu ce qui influence le pH du milieu.

La figure 2 illustre l'évolution du pH des substrats de dattes et de raisins lors de la fermentation alcoolique. Nous remarquons que la variation du pH présente deux phases. La première phase concerne une diminution rapide du pH du milieu qui passe de 4,5 à 3,71 pour le substrat dattes et de 4,5 à 3,92 pour le substrat raisins et ce après 24h de fermentation. Cette phase se termine par un pH minimum qui est de 3,92 pour le substrat raisin qui reste inférieur à la valeur obtenue pour le substrat dattes qui est de 3,71. La diminution rapide du pH observée initialement peut être attribuée à la production du dioxyde de carbone lors de la fermentation qui acidifie le milieu. La deuxième phase consiste à une augmentation du pH et ce quelque soit le substrat utilisé. Cette augmentation du pH se poursuit jusqu'à l'arrêt de la fermentation mais qui reste dans une plage comprise entre 3,7 et 4. L'augmentation du pH peut être attribuée à la production d'éthanol et à la présence dans le milieu de l'acide carboxylique [2]. Ces observations sont en accord avec les résultats obtenus par AKIN. (2008) [3]. Il est à souligner que le pH de 4,5 est tout à fait acceptable pour mener une fermentation alcoolique.

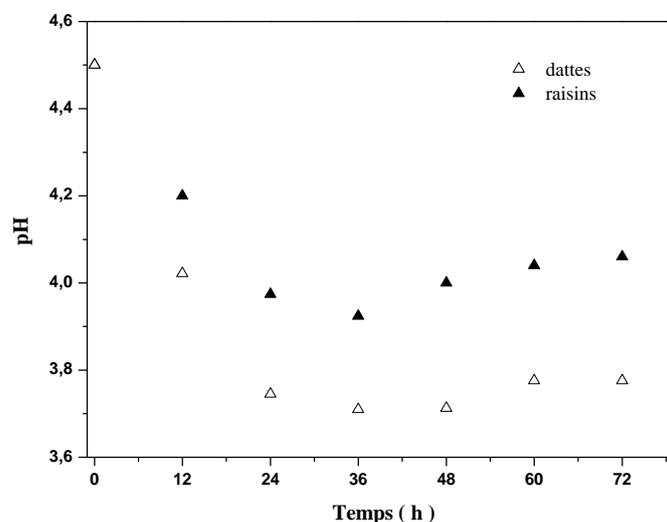


Figure 2 : Evolution temporelle du pH lors de la fermentation alcoolique par *Saccharomyces cerevisiae*

4.2. Sucres Totaux

Le sucre peut être considéré comme un composé majoritaire des moûts après l'eau avec une teneur d'environ 200 g.L⁻¹. Il influence les caractéristiques physico-chimiques du milieu telles que : la masse volumique, la viscosité du milieu,...etc. D'un milieu riche en sucre en début de la fermentation, on obtient une solution hydro-alcoolique contenant très peu ou pas de sucre en fin de fermentation.

La figure 3 représente l'évolution temporelle des sucres totaux et ce pour les deux substrats testés. Nous constatons que la fermentation alcoolique des déchets agricoles, a conduit à la diminution de la teneur en sucres totaux et ce au fur et à mesure que la levure se développe, pour atteindre une concentration d'environ 100 g/L pour les dattes et de 70g/L pour les raisins. Les sucres constituent une source nutritive et énergétique aux levures, ils sont bien assimilés par les levures pour produire des alcools, leur consommation dépend donc de l'activité métabolique ainsi que des conditions opératoires au sein du fermenteur.

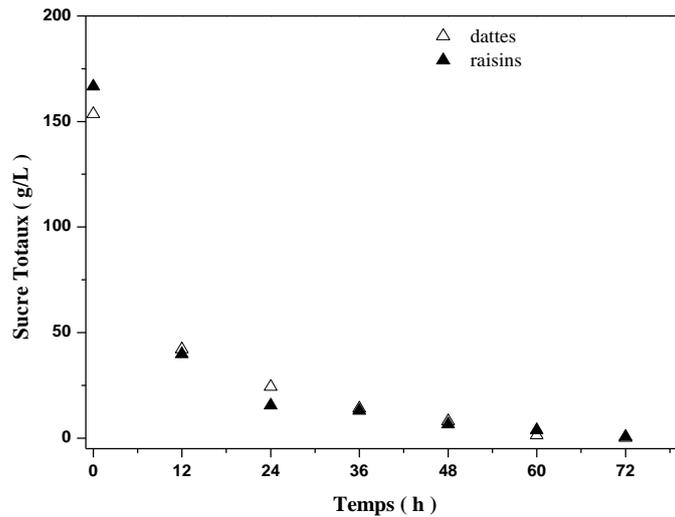


Figure 3 : Evolution temporelle des sucres totaux

4.3. Azote ammoniacal

Pour synthétiser les protéines, donc les acides aminés nécessaires à la croissance, la levure utilise les sources d'azote qui sont mises à sa disposition dans le moût. L'azote assimilable est généralement le nutriment le plus limitant pour les levures dans les moûts et joue donc un rôle essentiel dans la cinétique fermentaire [4].

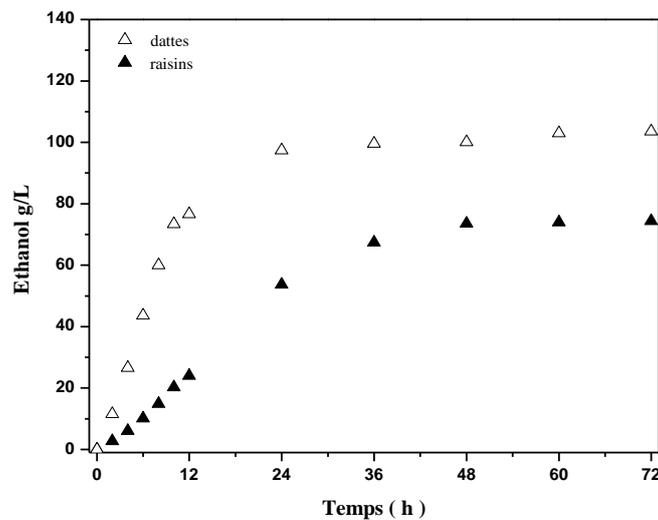


Figure 5 : Evolution de l'éthanol au cours de la fermentation alcoolique

5. Conclusion

Nous avons présenté dans ce travail expérimental, les principaux résultats relatifs à l'étude du processus de la fermentation alcoolique des déchets agricoles. Pour cela, nous avons suivi l'évolution de différents paramètres à savoir : le pH, la concentration en bioéthanol produit,...etc. Dans ce travail, deux substrats ont été testés à savoir : substrats de dattes et de raisins.

Il ressort de ce travail que la fermentation alcoolique des déchets agricoles, a conduit à la diminution de la teneur en sucres totaux et ce au fur et à mesure que la levure se développe, pour atteindre une concentration d'environ 100 g/L pour les dattes et de 70g/L pour les raisins.

Nous avons trouvé que la concentration en azote ammoniacale diminue durant les premières heures de la fermentation alcoolique et ce quel que soit le substrat. Cette diminution est plus rapide pour le substrat raisins et plus lente pour le substrat dattes, ceci peut être attribué à une concentration cellulaire qui évolue plus lentement pour le substrat dattes, et par conséquent, une faible assimilation de l'azote ammoniacal.

Par ailleurs, nous avons trouvé que la concentration en alcool atteinte pour le substrat de dattes est de 103 g/L, cette valeur est plus élevée par comparaison à celle obtenue pour le substrat raisins, qui est de 74,44 g/L.

Références

1. G.K. Kafle, S. Bhattarai, S.H. Kim, L. Chen, Anaerobic digestion of Chinese cabbage waste silage with swine manure for biogas production: batch and continuous study, *Environmental Technology*, 35(2014) 2708-2717.
2. B. Louhichi, J. Belgaib, H. benamor, N. Hajji, 2013, Production of bio-ethanol from three varieties of dates. pp.170 – 174, *Renewable Energy*.
3. M. H. AKIN, Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de moûts de raisins modélisation et interprétation métabolique. Thèse de doctorat, L'institut national polytechnique de Toulouse (Mars 2008).
4. Bely M., Sablayrolles J.M., Barre P., (1990), Automatic detection of assimilable nitrogen deficiencies during alcoholic fermentation in enological conditions. *J. Ferm. Bioeng.*, 4, 246-252.