



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet de *Garcinia kola* (Clusiaceae) dans les processus de fermentation du vin de canne à sucre (*Saccharum officinarum*; Poaceae) au Gabon

Alexis Nicaise LEPENGUE^{1,2*}, Aurélien MOKEA-NIATY^{1,2}, Davy U. IKABANGA², Roland LINGOMBE¹, Dhert Souviens Tshi-Tshi ONTOD², Ephrem NZENGUE², Stéphane MOMBO², Jean Fabrice YALA³, Alain SOUZA⁴ et Bertrand MBATCHI^{1,2}

¹Laboratoire de Physiologie végétale et Transformations alimentaires ; Département de Biologie ; Faculté des Sciences ; Université des Sciences et Techniques de Masuku, B.P. 943, Franceville, Gabon.

²Laboratoire de Biodiversité et d'Ecophysiologie Végétale, Département de Biologie, Faculté des Sciences ; Université des Sciences et Techniques de Masuku, B.P. 943, Franceville, Gabon.

³Laboratoire de Microbiologie ; Département de Biologie ; Faculté des Sciences ; Université des Sciences et Techniques de Masuku, B.P. 943, Franceville, Gabon.

⁴Laboratoire de Physiologie Animale-Pharmacologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université des Sciences et Techniques de Masuku, B.P. 943, Franceville, Gabon.

*Auteur correspondant ; E-mail : amokeaniaty@yahoo.fr ; Tel : +24177350892 / +24166542107

RESUME

Le nectar de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) est utilisé au Gabon non seulement pour la fabrication du sucre industriel, mais également pour la synthèse traditionnelle de vins locaux appelés "Musungu" ou "Malamba". Ces synthèses alcooliques nécessitent l'emploi de nombreux adjuvants dont le rôle exact reste mal défini. Le présent travail a été initié pour étudier l'un d'eux, le bois amer (*Garcinia kola*) utilisé dans diverses synthèses alcooliques. La méthodologie a consisté à analyser l'évolution de certaines qualités physicochimiques et biochimiques de 1 l des nectars de canne à sucre seuls (témoin), associés à la lie d'anciens vins de canne (Li), au bois amer (Gk) ou à ces 2 amendements (LG), avant et après 4 semaines de fermentation. Les résultats obtenus ont révélé la baisse de l'acidité, de la densité et des sucres totaux dans tous les traitements essais, contrairement aux témoins, après les 28 jours d'incubation. Tous les traitements (essais et témoins) ont en revanche produit des alcools de fortes teneurs comprises entre 7,4 °GL et 9,9 °GL. Mais les vins des traitements témoins quoique très alcoolisés ont tous été jugés aigres et de très mauvaise qualité gustative. Le bois amer ne paraît donc pas intervenir dans les processus de fermentation alcoolique, mais dans la constitution des qualités organoleptiques, en empêchant la prolifération des germes lactiques. Ainsi, dans la perspective d'optimiser la qualité du vin, identifier les germes participants à la fermentation du nectar de canne, sous l'influence de *Garcinia kola* semble être nécessaire.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Nectar, Levures, Adjuvants, Alcool, Qualité organoleptique.

Effect of *Garcinia kola* (Clusiaceae) in the fermentation processes of sugar cane wine (*Saccharum officinarum* ; Poaceae) in Gabon

ABSTRACT

Sugarcane nectar (*Saccharum officinarum* L.) is used in Gabon not only for the production of industrial sugar, but also for the traditional synthesis of local wines called "Musungu" or "Malamba". These alcoholic syntheses require the use of many adjuvants whose exact role remains poorly defined. The present work was undertaken to study one of them, the bitter wood (*Garcinia kola*) used in various alcoholic syntheses. The

methodology consisted of analyzing the evolution of certain of physicochemical and biochemical qualities of 1 l of sugar cane nectars alone (control), associated with the lees of old cane wines (Li), bitter wood (Gk) or 2 amendments (LG), before and after 4 weeks of fermentation. The results obtained revealed the decrease of the acidity, the density and the total sugars in all the treatments tests, contrary to the controls, after the 28 days of incubation. On the other hand, all the treatments (tests and controls) produced alcohols with high contents of between 7.4 °GL and 9.9 °GL. But the wines of the control treatments, although very alcoholic, have all been judged as sour and of very poor taste quality. Bitter wood therefore does not appear to be involved in the processes of alcoholic fermentation, but in the constitution of organoleptic qualities, by preventing the proliferation of lactic acid bacteria. Thus, in order to optimize the quality of the wine, identifying the germs involved in the fermentation of cane nectar, under the influence of *Garcia kola* seems to be necessary.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Nectar, Yeasts, Additive, Alcohol, Organoleptic quality.

INTRODUCTION

La canne à sucre (*Saccharum officinarum* L. ; Poaceae) est la principale source de production mondiale de sucre (Guilly et al., 2017). Elle fournit les deux-tiers de cette production, très loin devant la betterave (*Beta vulgaris* L. ; Amaranthaceae) qui n'en produit que le tiers (Soti et al., 2018). Le Brésil (40,3%), l'Inde (40%) et la Chine (16,2%) constituent les trois principaux producteurs mondiaux de cette ressource (Caldeira-Pires et al., 2018 ; Soti et al., 2018). En 2014, la production mondiale du sucre de canne était estimée à 1,94 milliards de tonnes (Temple et al., 2017). Ce sucre est extrait majoritairement pour des usages alimentaires (saccharose et rhum), médicaux (éthanol), énergétiques (bio-ressources et biocarburants) et agroindustriels (bagasse, dérivés fibreux) selon Guilly et al. (2017). En Afrique Sub-Saharienne, en plus des usages précités, le nectar de canne à sucre, tout comme celui du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq. ; Arecaceae) ou du palmier rônier (*Borassus* sp. ; Arecaceae) sert également à la synthèse d'une boisson enivrante, dont les noms locaux varient d'une région à une autre (Sambou et al., 2002 ; Ogbulie et al., 2007).

Au Gabon, cette boisson (appelée Vin de canne, Musungu ou Malamba) est largement produite dans toutes les 9 provinces du pays. Le processus reste traditionnel et consiste à incuber en conditions d'anaérobiose, dans des gros récipients (bidons, marmites,

fûts...), le nectar extrait de cette plante pendant 1 à 4 semaines. Cette incubation se fait systématiquement en présence de nombreux adjuvants (feuilles de plantes, noix, écorces fraîches ou séchées, racines...), dont le rôle reste superflu, quoique considérés comme ferments par les fabricants. Ce qui paraît douteux au vu de la définition de ce terme et du fait que les processus modernes de fermentation dans les usines se déroulent normalement en l'absence de tels additifs (Sambou et al., 2002). C'est pour déterminer le rôle exact de ces adjuvants dans le processus de fermentation des vins traditionnels que le présent travail a été initié. Il vise spécifiquement à étudier le rôle du bois amer (*Garcinia kola* Heckel ; Clusiaceae) dans la fermentation traditionnelle du nectar de canne à sucre. *Garcinia kola* est une plante d'Afrique Centrale riche en alcaloïdes, en terpènes, et en composés phénoliques, dont différents organes sont également utilisés en pharmacopée dans les traitements des inflammations et les cicatrises des plaies (Guedje et Fankap, 2001 ; Afolabi et al., 2006). L'hypothèse du travail suggère que le bois amer ne joue aucun rôle biochimique dans les fermentations des nectars de canne à sucre, voire dans celles des nectars des palmiers à huile et palmiers rôniers, contrairement à la thèse soutenue par les fabricants de cette boisson. Dans cette étude il est question d'évaluer quelques paramètres physicochimiques et biochimiques du vin de

nectar de canne à sucre afin de mettre en évidence l'influence de *Garcinia kola* sur le processus de fermentation du nectar de canne à sucre.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Le matériel de cette étude était constitué du nectar de canne à sucre (*Saccharum officinarum* ; Poaceae), du bois amer (*Garcinia kola* ; Clusiaceae) et de la lie séchée d'anciens vins de canne à sucre contenant des levures vivantes (*Saccharomyces cerevisiae* ; Saccharomycetaceae). Tous ces échantillons ont été achetés au District de Diénga (latitude -1,85083 ; longitude 12,67667), la principale localité productrice de vins de canne à sucre vendus dans les provinces de l'Ogooué-Lolo et du Haut-Ogooué, au Sud-Est du Gabon.

Méthodes

Mise en place de l'essai

Dix (10) litres de nectar frais de canne à sucre achetés à Diénga ont été transportés dans un bidon plastique hermétique au laboratoire à Franceville, et subdivisés en 2 volumes de 5 l chacun. Le premier volume a exclusivement servi aux analyses biochimiques et physicochimiques du nectar frais. Le second a servi aux mêmes analyses, mais après 4 semaines de fermentation alcoolique. Pour étudier la fermentation, 4 bouteilles plastiques de volume 1,5 l ont été préparés et référencés. Dans chaque récipient, les mélanges suivants ont été constitués :

- Traitement 1 (Te) : 1 l de nectar frais de canne à sucre ;
- Traitement 2 (Li) : 1 l de nectar frais de canne à sucre contenant 50 g de lie séchée de levures ;
- Traitement 3 (LG) : 1 l de nectar frais de canne à sucre contenant 25 g de lie séchée de levures et 25 g de poudre fine de *G. kola* ;

- Traitement 4 (Gk) : 1 l de nectar frais de canne à sucre contenant 50 g de poudre de *G. kola*.

Après homogénéisation, les 4 échantillons ont été incubés pour fermentation pendant 4 semaines à la température ambiante de 25 °C. Tous les 2 jours, le bouchon de chaque flacon a été dévissé, pour laisser évacuer la pression des gaz formés en conditions d'anaérobiose. Au bout des 4 semaines de fermentation, les flacons ont été ouverts, et les nectars fermentés soumis à différentes analyses biochimiques. L'expérience a été soumise à 3 répétitions, avec une quantité de nectar frais de canne achetée de 30 litres.

Mesure de l'acidité

L'acidité a été mesurée par titrage des échantillons sur le principe des équilibres acido-basiques (Lepengué et al., 2013). Une solution de soude (NaOH, 0,1N) a été utilisée comme base, pour doser 20 ml de nectar frais ou fermenté de la canne à sucre. La concentration d'acide a été calculée à partir des données obtenues au changement de coloration de la solution (Lepengué et al., 2013).

Mesure de la densité

La densité des échantillons a été déterminée à partir de leurs différentes masses volumiques par rapport à celle de l'eau. 100 ml de solution ont été utilisés par échantillon et pesés à l'aide d'une balance de précision (Ohaus Analytic 60, USA) comme l'ont fait Lepengué et al. (2013).

Dosage des sucres

Les sucres totaux de chaque échantillon ont été dosés par la méthode au phénol-sulfurique en utilisant 1 ml de chaque solution (Lepengué et al., 2016). La droite étalon a été réalisée à partir d'une solution-mère de glucose (1 mg/ml) et la densité optique mesurée à 490 nm au spectrophotomètre (Ciba Corning Analytical Modèle 410) contre un tube témoin (Lepengué et al., 2016).

Mesure d'alcool

Les teneurs en alcool dans chaque bouteille ont été mesurées en degré Gay-Lussac (°GL) à l'aide d'un ébulliomètre œnologique digital de laboratoire (Model Kimo KK 70 ; USA) (Lepengué et al., 2013). Dix (10) millilitres de solution ont été utilisés par échantillon.

Test de dégustation des vins

Après quatre semaines de fermentation, le nectar de canne à sucre alcoolisé a été soumis à l'appréciation de 20 dégustateurs professionnels afin de donner leurs avis sur la qualité du vin de canne obtenue, selon que le vin était aigre ou de bonne qualité gustative.

Calcul des pourcentages

L'évolution (E) de chaque paramètre mesuré a été calculée à partir de la valeur initiale (V_i) et de la valeur finale (V_f) selon la formule ci-dessous :

$$E = \frac{V_f - V_i}{V_i} \times 100$$

Analyses statistiques

Toutes les analyses physicochimiques et biochimiques ont été répétées 3 fois suivant les techniques précédemment décrites.

L'ensemble des résultats a été soumis à une analyse de variance (ANOVA), à un facteur, à partir du logiciel Statistica 6.0. La discrimination des moyennes a été réalisée à l'aide des tests de comparaisons multiples de Newman-Keuls, au seuil de 5%.

RESULTATS

Evolution de l'acidité des nectars de canne à sucre

Les résultats de l'acidité des nectars de canne à sucre après 4 semaines de conservation en condition d'anaérobiose sont présentés à la Figure 1. Leur analyse a montré une hausse significative de ce paramètre (21,78%) dans les boissons témoins (Te), ne contenant ni le bois amer, ni la lie de vin de canne à sucre (P-valeur = 0,00035). Dans les échantillons contenant la lie des vins de canne

à sucre et le bois amer (LG), la lie seule (Li), ou le bois amer seul (LG), les valeurs d'acidité ont plutôt significativement baissé (P-valeur = 0,00086) pendant les 4 semaines de conservation. Ces réductions significatives ont respectivement été de 25,07%, 50% et 30,36%.

Evolution de la densité des nectars de canne à sucre

Les données sur l'évolution des densités des jus de canne à sucre dans les 4 traitements mis en place ont été présentées à la Figure 2. Après analyse, il est ressorti que ce paramètre a baissé dans tous les 4 échantillons de traitement après les 4 semaines de conservation. Les baisses les plus fortes ont été relevées au niveau des boissons enrichies en lie de vin de canne (Li), et en bois amer (LG), avec des réductions respectives de 20,93% et 17,44%. L'analyse statistique n'a cependant pas révélé de différences significatives de densité entre les 4 traitements (essais et témoin) utilisés, au seuil de 5% (P-valeur = 0,079).

Evolution des sucres totaux des nectars de canne à sucre

Les teneurs en sucre dans les 4 traitements ont significativement baissé durant les 4 semaines de conservation (Figure 3), avec une P-valeur de 0,00057. Ces baisses ont varié entre 52,68% et 75,81%. Les réductions les plus faibles ont été relevées au niveau du traitement témoin (52,68%) et de celui des boissons enrichies en bois amer (62,90%). Les boissons ayant reçu la lie de vin de canne seule (Li) ou combinée au bois amer (LG) ont donc présenté les plus fortes baisses de sucres totaux (72,58% et 75,81% respectivement).

Evolution de la teneur en alcool dans les nectars de canne à sucre

La Figure 4 présente les résultats des teneurs en alcool des différents traitements après les 4 semaines de fermentation. Ces

résultats montrent que toutes les boissons produisaient de l'alcool, quel que soit le type de traitement administré. Les plus forts taux d'alcool ont été relevés au niveau des boissons traités à la lie de vin de canne seule (Li) ou combinée au bois amer (LG), avec des teneurs respectives de 9,9 °GL et 9,2 °GL. Les plus faibles valeurs d'alcool ont été enregistrés au niveau du traitement témoin (Te) et dans les boissons ayant reçu le bois amer seul (Gk), avec des teneurs respectives de 7,8 °GL et 7,4 °GL. Les taux en alcool des boissons ayant reçu la lie de canne à sucre (Li et LG) ont été significativement plus élevés que ceux des boissons témoin (Te) ou uniquement traitées au bois amer (Gk).

Appréciation de la qualité du vin de nectar de canne à sucre

La Figure 5 présente les résultats du taux d'appréciation de la qualité gustative du nectar de canne à sucre des différents traitements après les 4 semaines de fermentation. Ces résultats montrent que les dégustateurs ont trouvé de mauvaise qualité c'est-à-dire d'un goût aigre, les vins témoins (Te) et ceux traités à la lie (Li) avec respectivement une appréciation de 98,1% et 85,3%. Cependant, les boissons traitées au bois amer seul (GK) ou combinées à la lie de vin de canne (LG), étaient de bonne qualité avec des taux d'appréciations respectives de 95,9% et 80,2%.

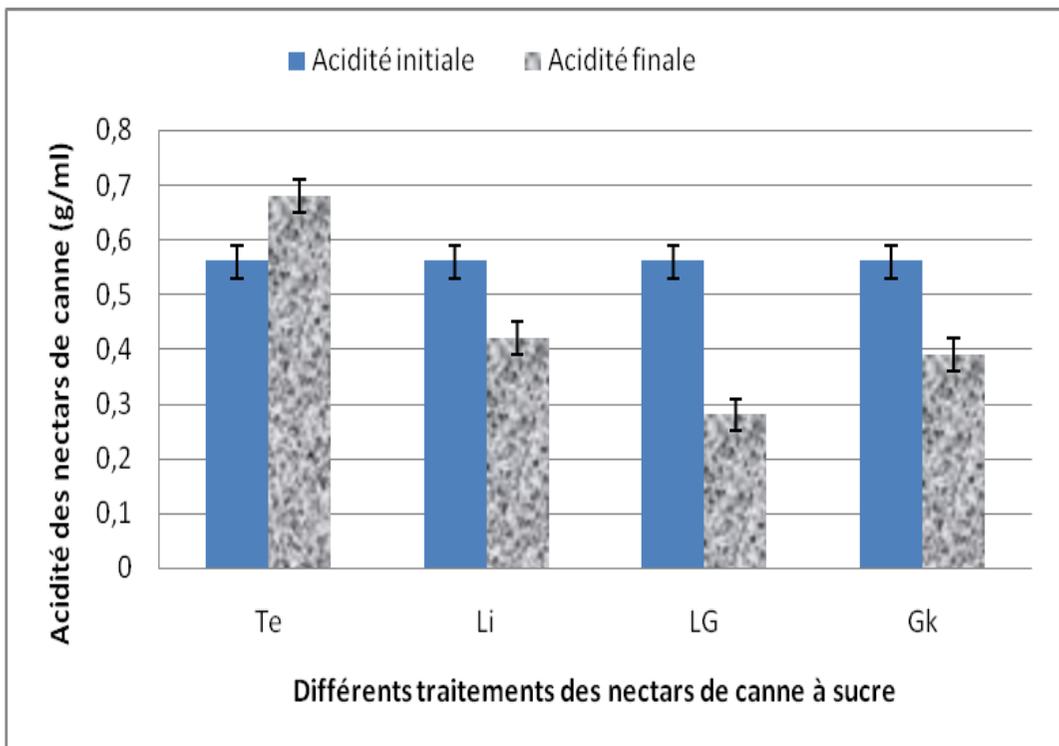


Figure 1 : Acidité des nectars de canne à sucre avant et après 4 semaines de fermentation au laboratoire, à la température de 25 °C. Te : Traitement témoin, au nectar frais de canne à sucre ; Li : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures ; LG : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures et la poudre fine de *G. kola* ; Gk : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la poudre de *G. kola*.

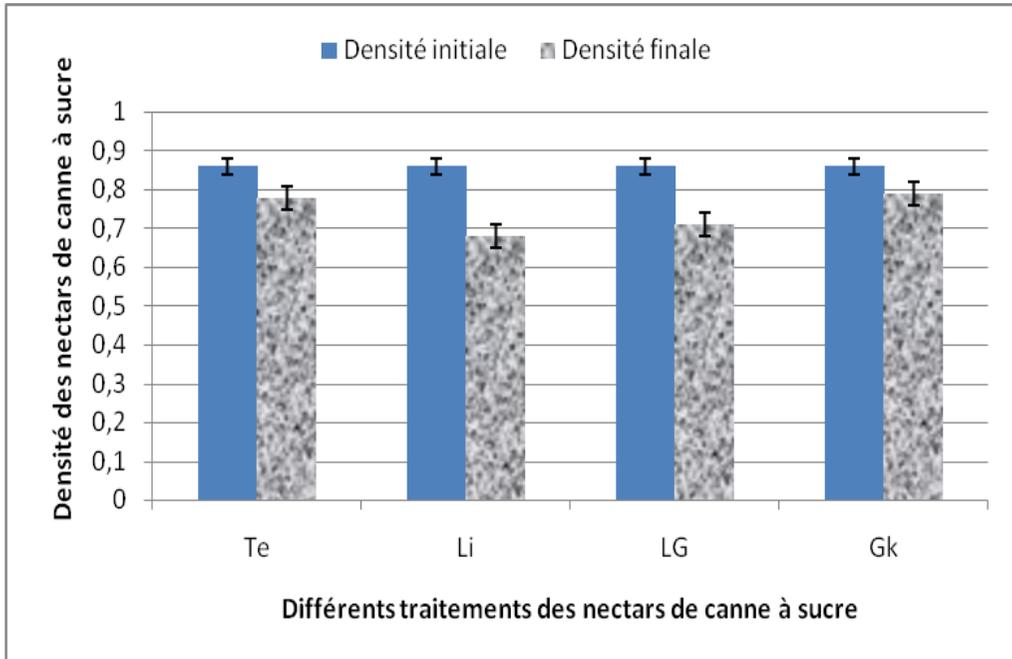


Figure 2 : Densité des nectars de canne à sucre avant et après 4 semaines de fermentation au laboratoire, à la température de 25 °C. Te : Traitement témoin, au nectar frais de canne à sucre ; Li : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures ; LG : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures et la poudre fine de *G. kola* ; Gk : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la poudre de *G. kola*.

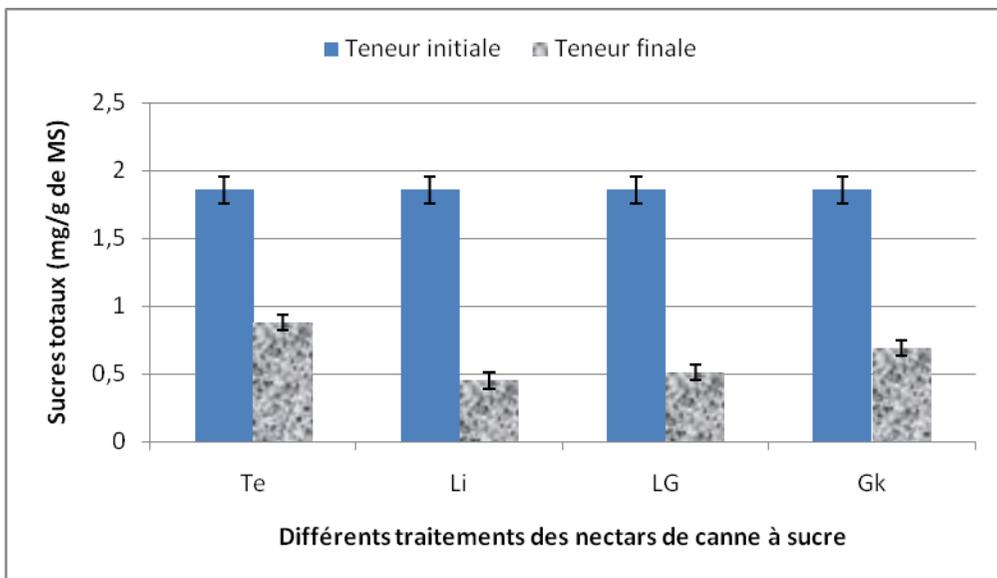


Figure 3 : Sucres totaux des nectars de canne à sucre avant et après 4 semaines de fermentation au laboratoire, à la température de 25 °C. Te : Traitement témoin, au nectar frais de canne à sucre ; Li : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures ; LG : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures et la poudre fine de *G. kola* ; Gk : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la poudre de *G. kola*.

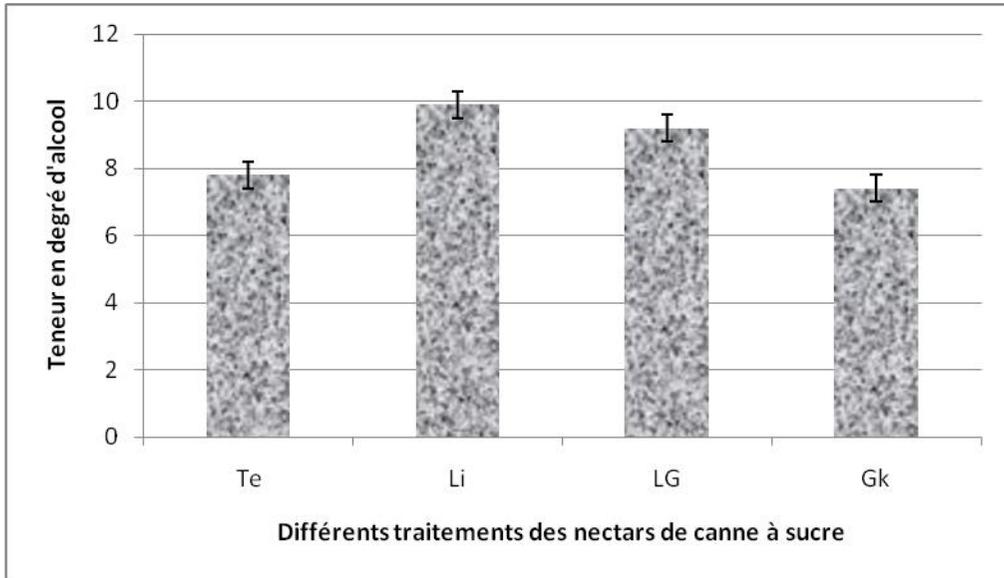


Figure 4 : Teneur en alcool des nectars de canne à sucre après 4 semaines de fermentation au laboratoire, à la température de 25 °C. Te : Traitement témoin, au nectar frais de canne à sucre ; Li : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures ; LG : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures et la poudre fine de *G. kola* ; Gk : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la poudre de *G. kola*.

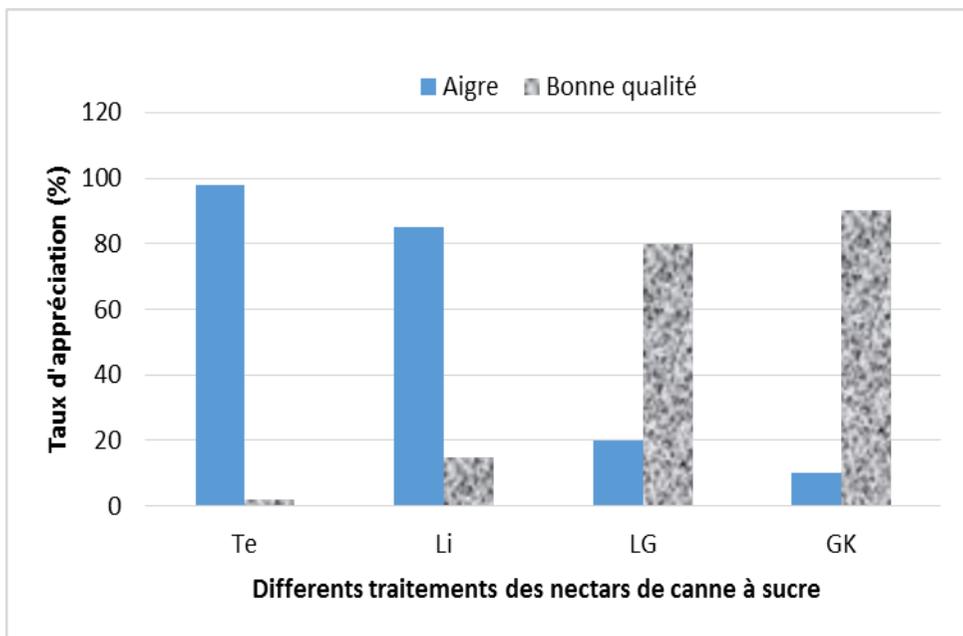


Figure 5 : Taux d'appréciation de la qualité des nectars de canne à sucre après 4 semaines de fermentation au laboratoire, à la température de 25 °C. Te : Traitement témoin, au nectar frais de canne à sucre ; Li : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures ; LG : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la lie séchée de levures et la poudre fine de *G. kola* ; GK : Traitement au nectar frais de canne à sucre contenant la poudre de *G. kola*.

DISCUSSION

Les résultats de cette étude ont révélé des baisses d'acidité de toutes les boissons analysées au bout des 4 semaines de conservation, à l'exception du traitement témoin qui a généré une légère hausse de valeur. Ces résultats paraissent en rapport avec la présence (ou l'absence) de la lie ou du bois amer dans les boissons. En effet, selon Gotcheva et al. (2001), les premiers colonisateurs des boissons de vins de canne à sucre sont des bactéries acidifiantes qui entament des fermentations lactiques, avant les oxydations alcooliques réalisées par les levures (*Saccharomyces* sp.) et quelques autres champignons microscopiques. Chez les 3 traitements essais (Li, LG et Gk), la présence de la flore initiale de levures dans la lie de vin de canne à sucre et les métabolites secondaires du bois amer favoriseraient rapidement la fermentation alcoolique (Akerle et al., 2007 ; Dayo-Owoyemi et al., 2008). L'absence de tels amendements dans le milieu témoin favoriserait en revanche la persistance de la flore lactique aboutissant à la hausse d'acidité dans le milieu, et à la saveur aigre dans les échantillons témoins (Han et al., 2005 ; Morabandza et al., 2013). De tels résultats ont déjà été rapportés par Kouchade et al. (2017) au Bénin, Nwachukwu et al. (2006) au Nigéria et Amoa-Awua et al. (2007) au Ghana, sur les boissons locales traditionnelles de vin de palme.

L'analyse de ce travail a également révélé la baisse des teneurs en sucres dans toutes les boissons étudiées, avec des valeurs optimales aux traitements à la lie de vin de canne (20%), et à la lie associée au bois amer (15%). Ces baisses sont vraisemblablement liées à la fermentation lactique, comme évoqué précédemment, mais surtout à la fermentation alcoolique majoritairement enclenchée par des levures contenues dans la lie provenant d'anciens vins de canne à sucre. En effet, le principal sucre contenu dans le jus de canne à sucre est le saccharose, un diholoside constitué structuralement de glucose et de fructose (Apfelbaum et al., 2009). Le saccharose et ses 2 constituants sont des sucres fermentescibles, dégradables par

des levures, des champignons et des bactéries en conditions d'anaérobiose (Phaichamnan et al., 2010). Cette dégradation se déroule suivant les voies de la glycolyse dans le cytoplasme et aboutit à la formation des alcools éthyliques (Borse et al., 2007). Les retards de dégradation des sucres observés dans les traitements témoins (Te) et dans les boissons ne contenant que le bois amer (Gk) seraient liés à l'absence d'une flore microbienne initiale de dégradation, contrairement aux deux autres traitements contenant de la lie de vin de canne à sucre.

Les résultats de cette étude ont également montré que tous les traitements essais et témoin produisaient de l'alcool au bout de 4 semaines de fermentation. Ces synthèses d'alcool sont couplées à des baisses de densité des boissons, inversement proportionnelles à la teneur en alcool. Ces résultats montrent clairement que la production d'alcool n'est pas liée à la présence du bois amer ni à celle de la lie d'anciens vins, contrairement à la thèse défendue par les commerçants et consommateurs de cette boisson au Gabon. La flore atmosphérique piégée dans la réalisation des conditions anaérobiques semble suffisante pour induire la production éthylique (Kadere et al., 2004 ; Karamoko et al., 2012). Toutefois, l'alcool produit au niveau des boissons témoins et ayant uniquement reçu du bois amer est de degré significativement inférieur à celui issu des boissons amendées en lie seule (Li) ou associée au bois amer (LG). Par ailleurs le traitement des boissons à la lie seule, malgré de fortes teneurs éthyliques présente un goût âcre, déprécié par les consommateurs. Seules les boissons issues des traitements associant la lie et le bois amer ont été appréciées comme de très bonne qualité par les dégustateurs. Le bois amer ne semble donc pas intervenir dans la production d'alcool par les nectars de canne à sucre, mais dans la constitution des qualités organoleptiques et peut-être médicinales (Kouchadé, 2013 ; Guilly et al., 2017). Il agirait notamment sur la saveur en empêchant la prolifération des bactéries lactiques, responsables des saveurs aigres du vin de

canne à sucre. La lie de vin de canne paraît, quant à elle, intervenir dans les processus d'accélération de la fermentation, compte tenu de la charge microbienne initiale de levures, responsables de la dégradation des sucres fermentescibles.

Conclusion

La présente étude visait à mettre en évidence l'effet de *Garcinia kola* (bois amer) dans la fermentation du nectar de canne à sucre, en vue de l'optimisation des paramètres physico-chimiques. Elle consistait également à l'amélioration des qualités organoleptiques du vin produit. En définitive, il est à noter que la fermentation du nectar de canne à sucre peut se dérouler indépendamment de la présence du bois amer ou de la lie d'anciens vins de canne à sucre. Cependant les boissons obtenues sans ces adjuvants présentent un retard de maturation, et un mauvais goût, quoique riches en alcool. La meilleure recette de production rapide de vin de bonne qualité reste donc celle pratiquée par les fabricants : associer toujours le bois amer et la lie d'anciens vins de canne à sucre au nectar brut extrait. Le bois amer ne paraît donc pas intervenir dans les processus de fermentation alcoolique, mais dans la constitution des qualités organoleptiques, en empêchant la prolifération des germes lactiques. Ainsi, dans la perspective d'optimiser la qualité du vin, identifier les germes participants à la fermentation du nectar de canne, sous l'influence de *Garcinia kola* semble être nécessaire.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ANL a participé à la conception de l'étude, à la production et à l'analyse données, ainsi qu'à la rédaction du manuscrit. AMN et DUI ont intervenu dans la production et à l'analyse données, ainsi que dans la rédaction du manuscrit. RL, DSTTO, EN et SM ont intervenu dans la production et à l'analyse données. JFY a encadré scientifiquement

l'étude depuis sa conception jusqu'à la rédaction du manuscrit. AZ a conçu et mis à la disposition de l'équipe, les outils de collecte et d'analyse des données. BM est co-concepteur des outils de collecte et d'analyse des données. A ce titre, il a facilité la collecte des données et les analyses statistiques, il a également encadré scientifiquement l'étude depuis sa conception jusqu'à la rédaction du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit des populations du district de Diénga pour avoir mis à notre disposition le matériel végétal (nectar de canne à sucre (*Saccharum officinarum*) et bois amer (*Garcinia kola*)), nécessaire pour la réalisation de ces travaux.

REFERENCES

- Afolabi FE, Eleyinmi DC, Bressler, DC, Isiaka A, Amoo IA, Peter Sporns P, Aladesanmi A, Oshodi AA. 2006. Chemical composition of bitter cola (*Garcinia kola*) seed and hulls. *POLISH Journal of Food and Nutrition Sciences*, **15**(4): 395-400. DOI : <http://journal.pan.olsztyn.pl/pdf-97966-30592?filename=CHEMICAL%20COMPOSITION%20OF.pdf>
- Akerele OS, Obasuyi O, Ebomoyi MI, Oboki IE, Umumarongie OH. 2007. Antimicrobial activity of the ethanol extract and Fractions of the seeds of *Garcinia kola* Heckel (Guttiferae). *Afr. J. Biotechnol.*, **7**(2): 169-172. DOI: <http://www.academicjournals.org/ajb>
- Amoa-Awua WK, Sampson E, Tano-Debrah K. 2007. Growth of yeasts, lactic and acetic bacteria in palm wine during tapping and fermentation from felled Oil Palm (*Elaeis guineensis*) in Ghana. *Journal of Applied Microbiology*, **102**: 599-606. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03074.x>
- Apfelbaum M, Romon M, Dubus M. 2009. *Diététique et Nutrition : Ethanol et Boissons Alcoolisées*. Edition Elsevier Masson: Paris; 528p.

- Borse BB, Rao JL, Ramalakshmi K, Raghavan B. 2007. Chemical composition of volatiles from Coconut (Neera) and effect of processing. *Food Chemistry*, **101**: 877-880. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.026>
- Caldeira-Pires A, Benoist A, Da Luz SM, Chaves Silverio V, Silveira CM, Machado F. 2018. Implications of removing straw from soil for bioenergy: An LCA of ethanol production using total sugarcane biomass. *Journal of Cleaner Production*, **181** : 249-259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.119>
- Dayo-Owoyemi I, Boboye B, Akinyosoye FA. 2008. Organoleptic analysis of doughs fermented with yeasts from a nigerian palm wine (*Elaeis guineensis*) and certain commercial yeasts. *The Open Microbiology Journal*, **2**: 115-120, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.2174%2F1874285800802010115>
- Gotcheva V, Pandiella SS, Angelov A, Roshkova Z, Webb C. 2001. Monitoring the Fermentation of the Traditional Bulgarian Beverage Boza. *International Journal of Food Science and Technology*, **36** : 129-134. DOI : <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00429.x>
- Guedje NM, Fankap R. 2001. Utilisations traditionnelles de *Garcinia lucida* et *Garcinia kola* (Clusiaceae) au Cameroun. *National Botanic Garden of Belgium*, **71**: 747-758. DOI: <https://www.jstor.org/stable/3668714>
- Guilly S, Dumont T, Thong-Chane A, Barau L, Hoarau JY. 2017. Analysis of multienvironment trials (MET) in the sugarcane breeding program of Reunion Island. *Euphytica*, **213**(9): 1-20. DOI: 10.1007/s10681-017-1994-1
- Han QB, Lee SF, Qiao CF, He ZD, Song JZ, Sun HD, Xu HX. 2005. Complete NMR assignments of the antibacterial biflavonoid GB1 from *Garcinia kola*. *Chem. Pharm. Bull.*, **53**(8): 1034-1036. DOI: <https://doi.org/10.1248/cpb.53.1034>
- Kadere TT, Oniang'o RK, Kutima PM, Muhoho SN. 2004. Traditional tapping and distillation methods of coconut wine (mnazi) as practised in the coastal region of Kenya. *Afric. J Food Agric. Nutr. Dev.* **4**(1) : 1-16. DOI : <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.4314%2Fajand.v4i1.19153>
- Karamoko D, Djeni NT, N'Guessan KF, Bouatenin KMJ-P, Dje KM. 2012. The biochemical and microbiological quality of palm wine samples produced at different periods during tapping and changes which occurred during their storage. *Food Control*, **26**: 504-511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.018>
- Kouchade CA, Kounouhewa B, Awokou SK. 2017. La récolte de vin de palme : procédé et effets des conditions environnementales. *OCL*, **24**(5): 50-55. DOI : <https://doi.org/10.1051/ocl/2017035>
- Kouchadé M. 2013. Connaissances endogènes et évaluation écophénotypique de *Garcinia kola* (Heckel) au sud-Bénin. Edition UAC., 66 p.
- Lépengué AN, Yala JF, Lebamba J, Mouaragadja I, Koné D, Mbatchi, B. 2013. *Phoma sabdariffae*'s impact on roselle (*Hibiscus sabdariffa* l. var. *sabdariffa*) fructification parameters in Gabon. *IJIAS* **4**(1) : 155-164. DOI : https://pdfs.semanticscholar.org/4e28/42b59a8fc51dd5f3e2f8e63880e1a88d7113.pdf?_ga=2.28713404.1660464974.1576682107-902293697.1576682107
- Lépengué AN, Souza A, Yala JF, Mbatchi B. 2016. Etude de quelques caractéristiques physicochimiques et biochimiques de Wavé-fortex, un complément alimentaire naturel du Gabon. *European Scientific Journal*, **12**(33) : 508-520. DOI : <https://www.researchgate.net/deref/http>

- %3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.19044%2Fesj.2016.v12n33p508
- Morabandza CJ, Ongoka RP, Matini L, Epa C, Nkounkou LC, Abena AA. 2013. Chemical Composition of the Mesocarp of *Garcinia kola* Heckel (Clusiaceae) Fruit. *Research Journal of Recent Sciences*, **2**(1):53-58. DOI : <http://www.isca.in/rjrs/archive/v2/i1/10.ISCA-RJRS-2012-379.pdf>
- Nwachukwu IN, Ibekwe VI, Nwabueze RN, Anyanwu BN. 2006. Characterisation of palm wine yeast isolates for industrial utilization. *Afri.Jour. Biotech.*, **5**: 1725-1728. DOI : <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/55840>
- Ogbulie TE, Ogbulie JN, Njoku HO. 2007. Comparative study on the shelf life stability of palm wine from *Elaeis guineensis* and *Raphia hookeri* obtained from Okigwe, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, **6**: 914-922. DOI : <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/56944>
- Phaichamnan M, Posri W, Meenune M. 2010. Quality profile of palm sugar concentrate produced in Songkhla Province, Thailand. *International Food Research Journal*, **17**: 425-432. DOI : [http://www.ifrj.upm.edu.my/17%20\(02\)%202010/IFRJ-2010-425-432%20Mutita%20Thailand\[1\].pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/17%20(02)%202010/IFRJ-2010-425-432%20Mutita%20Thailand[1].pdf)
- Sambou B, Goudiaby A, Daouda D, Ervik F, Camara MC. 2002. Palm wine harvesting by the Bassari threatens *Borassus aethiopum* populations in North-Western Guinea. *Biodiversity and Conservation*, **11**: 1149-1161. DOI : <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1023%2FA%3A1016005025090>
- Soti V, Tran A, Goebel FR. 2018. Potential of satellite imagery to study the effect of natural vegetation on the spatial distribution of greyback canegrub, *Dermolepida albohirtum*, in Australia. *International Sugar Journal*, **120** (1430): 144-148. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/328487205>
- Temple L, Levesque A, Lamour A, Charles D, Braconnier S. 2017. Complémentarité des filières sorgho sucré et canne à sucre en Haïti : évaluation des conditions de développement sectoriel d'une innovation. *Cahiers Agricultures*, **26**(5) : 1-9. DOI : <https://doi.org/10.1051/cagri/2017046>.