

Analyse des teneurs en sucres dans dix huit bières de fabrication industrielle: une bière sans sucre, mythe ou réalité?

Steve de Cliff, Euprhem Ndayiragije

▶ **To cite this version:**

Steve de Cliff, Euprhem Ndayiragije. Analyse des teneurs en sucres dans dix huit bières de fabrication industrielle: une bière sans sucre, mythe ou réalité?. Revue de l'Université du Burundi - Série Sciences Exactes N° 28, 2013, pp.S. De Cliff et E. Ndayiragije Analyse des teneurs en sucres. hal-00932315

HAL Id: hal-00932315
https://auf.hal.science/hal-00932315

Submitted on 18 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Analyse des teneurs en sucres dans dix huit bières de fabrication industrielle: une bière sans sucre, mythe ou réalité?

Steve De Cliff(*) et Euphrem Ndayiragije[1]

Département de Chimie
Faculté des Sciences
Université du Burundi
B.P. 2700 Bujumbura, Burundi

Résumé

Dans cette étude, nous présentons les résultats d'une analyse en teneurs sucres, mais aussi en alcool, dans 18 variétés de bière de consommation courante, toutes de fabrication industrielle. Les résultats obtenus montrent que toutes les bières sans exception contiennent des sucres. Un autre résultat inattendu, mais par ailleurs prévisible, concerne une autre catégorie de bières dites sans alcool. Pour cette catégorie de bières, nous avons découvert que les quantités en sucres sont systématiquement au moins le double de celles qu'on trouve dans les bières-mère desquelles l'alcool est enlevé par simple distillation.

Abstract

In this study, we have analyzed the sugars content, but also alcohol, in eighteen varieties of beer consumption, all marketed or manufactured by world renowned brewers. Results obtained demonstrate that all beers without any exception contain sugars, in proportions comparable within categories. Another unexpected result, but also predictable, concerns the category of "non-alcoholic beers". We found that the amounts of sugars are systematically at least the double of those found in the mother beers from which they are drawn by distillation.

Mots clé: Bière; Sucres; Alcool ; Glucide; Hydrate de carbone

[1] Cet article reprend une partie des résultats d'un travail de mémoire de fin de formation présenté à la Faculté des Sciences de l'Université du Burundi par Euphrem Ndayiragije pour l'obtention du diplôme de « Licence en Sciences Chimiques ». Les résultats de cette étude ont été choisis pour être présentés comme «Leçon Inaugurale de la Rentrée Académique 2010», et lors des «Journées Portes Ouvertes à l'Université du Burundi », le 30 et 31 juillet 2012.

Introduction

La bière est l'une des boissons consommées à grande échelle dans le monde. Pourtant, outre l'alcool éthylique qu'elle contient et ses effets indésirables pour la santé, très peu de consommateurs sont informés que la bière contient également des sucres qui, s'ils ne sont pas assujettis à un contrôle diététique adéquat, peuvent être à l'origine de certaines maladies glycémiques comme le diabète par exemple.

C'est ainsi qu'une opinion bien répandue au sein des consommateurs mêmes généralement plus avisés voudrait faire passer certaines bières pour des bières sans sucres, souvent par simple présomption du fait que ce sont des bières de marque, importées ou consommées à grande échelle dans le monde. S'il existait une bière sans sucre comme une certaine opinion voudrait le faire croire, son contenant porterait certainement une étiquette avec mention « sans sucres », puisque cette mention ne serait qu'un avantage à exploiter sur le plan marketing. Pourtant, très rares sont les brasseurs qui affichent une étiquette avec une telle information.

La présence des sucres dans la bière est, non seulement une question de principe, mais aussi une question de goût. Pour ce qui est du principe, il est important de se rappeler que la réaction chimique principale à la base de la fermentation alcoolique implique au départ du sucre comme réactif et à l'arrivée l'alcool éthylique et le dioxyde de carbone comme principaux produits. Tous les sucres sont-ils totalement transformés »? C'est aussi une question de goût parce que, sans la présence de ces sucres, la bière ne serait pas non plus buvable. En d'autres mots, sans ces sucres qui lui donnent son bon goût, la bière ne serait pas la plus préférée des boissons de consommation parmi tant d'autres.

L'objectif de notre étude est de tenter de mettre fin à toutes ces spéculations non justifiées à propos de la bière en général. Quant à l'intérêt du sujet, nous voudrions apporter notre contribution à la société en apportant un peu de lumière sur la controverse qui entoure la consommation de la bière, notamment son incidence sur les maladies glycémiques. Ainsi, deux catégories de bière ont été analysées et ont déjà fait l'objet d'un mémoire de fin d'études[1]: 16 bières de la catégorie des bières dites alcoolisées, et 2 bières dans la catégorie des bières dites sans alcool. Il est important de signaler que toutes ces bières sont brassées par des brasseurs de renommée mondiale, c'est-à-dire qui utilisent des procédés de brassage qui répondent aux normes de qualité rigoureusement connus par la régulation internationale dans

ce secteur industriel vieux comme l'humanité.



Figure 1 : Photo montrant la liste de 15 bières sur les 18 analysées (il ne manque que la Leffe Brune, la Leffe Blonde et la Skol). Photo prise par Ndayiragije E.

1. Origine des sucres dans la bière

La chimie de la bière est une chimie très complexe, qui implique plusieurs intervenants, tout aussi complexes les uns que les autres. Pour connaître l'origine des sucres, il faut remonter à l'origine même des choses. A l'origine se trouvent toutes ces plantes vertes qui doivent tirer l'énergie dont elles ont besoin pour vivre et se développer de la lumière du soleil. En retour, elles produisent des « substances » à partir du dioxyde de carbone puisé dans l'air et à partir de l'eau, selon l'équation suivante:

$$nCO_2 + nH_2O \xrightarrow{h\nu} C_nH_{2n}O_n + nO_2$$

Comme la formule brute de la plupart de ces « substances » fait apparaître l'hydrogène et l'oxygène dans les mêmes proportions que dans l'eau, K. Schmidt leur a donné en 1844 le nom d'*hydrates de carbone.* A cause de la saveur particulière de quelques unes, on les a aussi appelées « sucres ». On continue parfois à employer ce terme, mais on utilise aujourd'hui en France l'appellation « glucides ». Ainsi, lorsque le mot sucres est utilisé au pluriel, il sous-entend indistinctement « hydrate de carbone » ou « glucide », tandis que lorsqu'il est utilisé au singulier, il réfère généralement aux seuls sucres simples de base, le glucose et le fructose, qui sont des monosaccharides (les deux sont des polyalcools avec des fonctions alcool, en

plus d'une fonction aldéhydique pour le glucose, et d'une fonction cétonique pour le fructose). Les autres sucres simples sont formés à partir de ces deux-là. Ainsi, le maltose est un disaccharide formé de deux unités de glucoses, tandis que le saccharose, qui est aussi un disaccharide, mais formé d'une unité de glucose et d'une unité de fructose. La figure 2 montre la molécule de glucose ou D-glucopyranose, $C_6H_{12}O_6$. A partir des tétra-saccharides et mêmes des tri-saccharides, on parle déjà de sucres « complexes », dont le cas trivial est l'amidon.

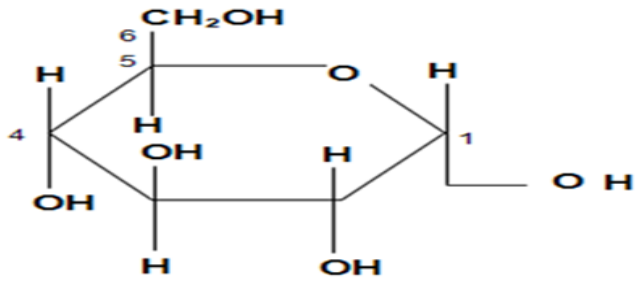


Figure 2 : La molécule de sucre glucose

Chimiquement, l'amidon est constitué de sucres glucose, mais ce n'est cependant pas une substance homogène. C'est un polyoside de réserve de certains végétaux, essentiellement les céréales. L'amidon est en fait un mélange de deux polysaccharides, l'amylose et l'amylopectine.

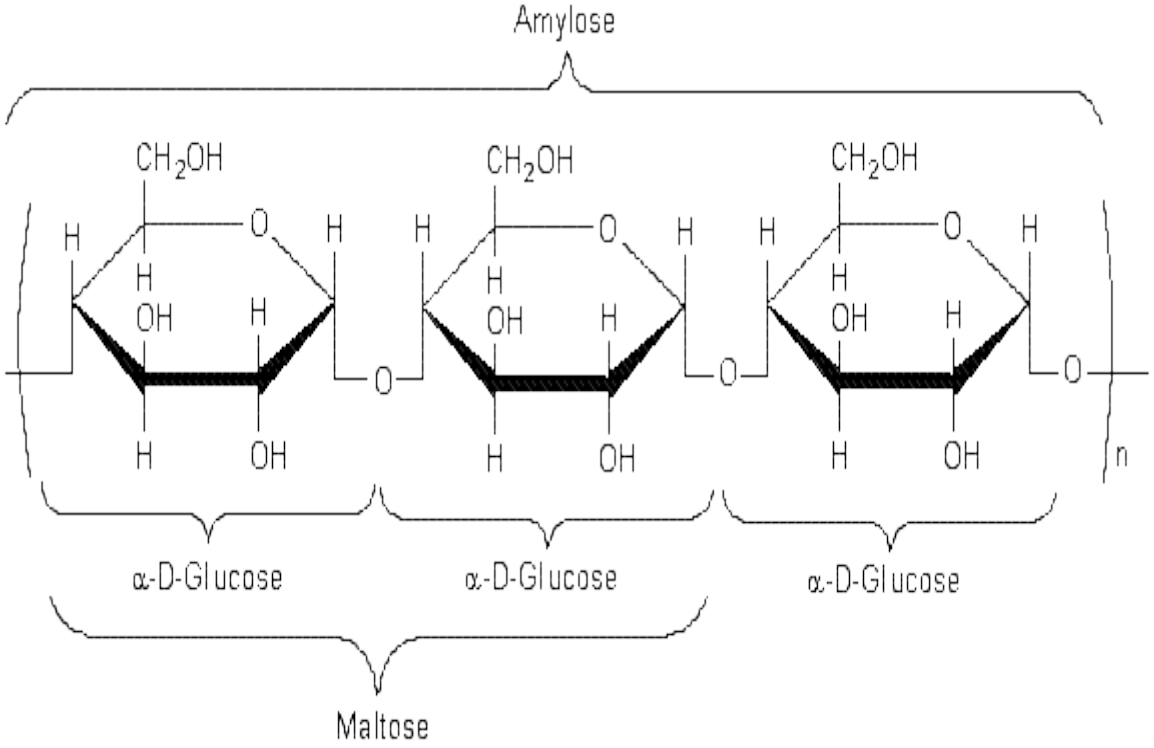


Figure 3 : Structure moléculaire d'amylose, un des constituants de la molécule d'amidon.

L'amylose est un polymère linéaire formé de 2000 à 3000 résidus de glucose selon l'origine de l'amidon (maïs, manioc, pomme de terre, etc.). Les résidus de glucose sont reliés ensemble par une liaison α-(1,4)-D-glucosidique. Cette longue chaîne prend la forme d'une hélice (6 résidus de glucose par tour d'hélice), stabilisée par des liaisons hydrogène entre les groupements hydroxyle, et les molécules d'eau. L'amylopectine diffère de l'amylose du fait qu'il s'agit d'un polymère ramifié aussi bien par les glucoses des chaînes, c'est-à-dire des liaisons α-(1,4)-D-glucosidique ; que par des branchements entre chaînes, c'est-à-dire des liaisons α-(1,6)-D-glucosidique.

L'amidon ne peut donc être complètement dédoublé par les amylases α et β, surtout à cause de la présence des liaisons α-1-6, mais aussi à cause d'autres contraintes de nature thermodynamique. En effet, l'amylase α a son optimum de température à 72-75 °C, et est détruite à 80 °C. Son optimum de pH est de 5,6 à 5,8. L'amylase β a son optimum de température à 62-65 °C et est déjà détruite en 30 minutes à 65 °C et rapidement à 70 °C, et son optimum de pH est situé à 5,0 environ et au dessus de 5,7 son action décline fortement.

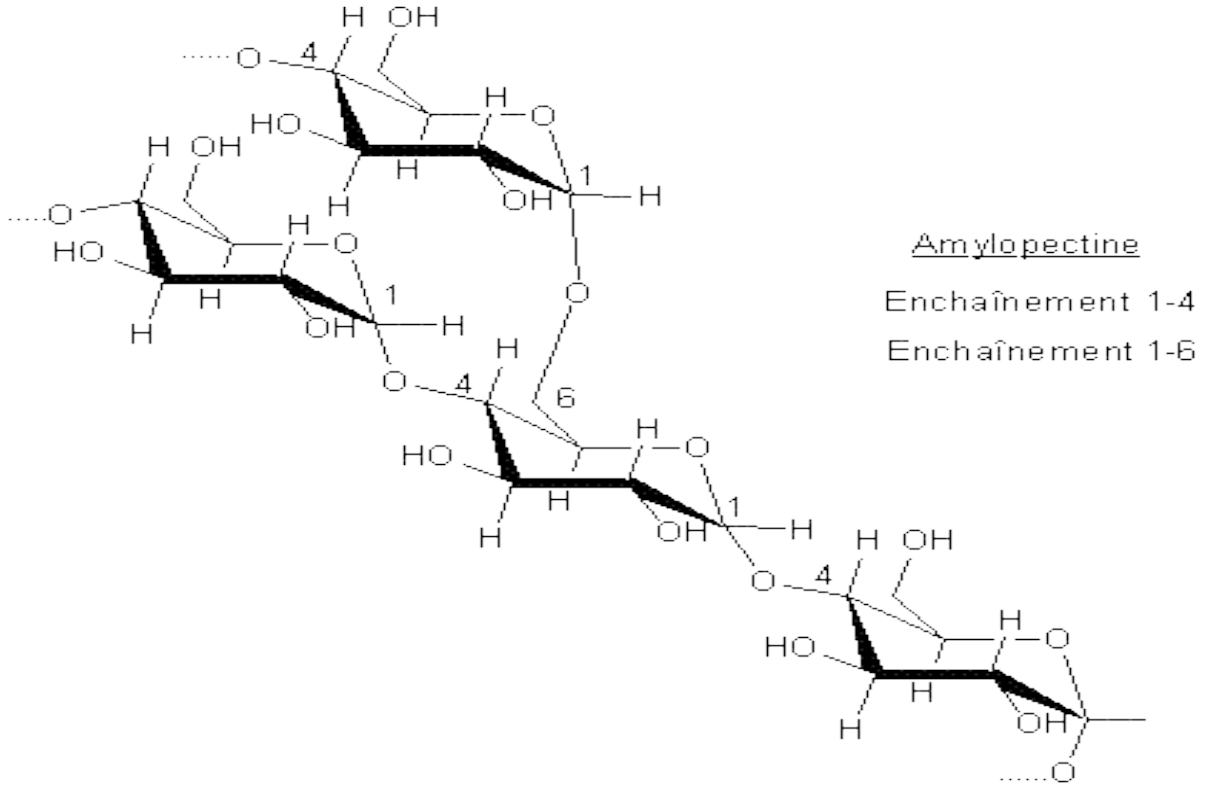


Figure 4 : Structure chimique de la molécule d'amylopectine

Pendant le brassage, l'amidon est transformé en sucres glucose par les acides, et en dextrines et sucres maltose par plusieurs enzymes dont les principaux sont les amylases α et β. C'est par l'action combinée des amylases α et β que l'amidon va être dédoublé en grande partie en sucre maltose, mais il reste toujours des morceaux non attaqués. L'amylase β arrache aux chaînes rectilignes de l'amidon les unités de glucose par couple de deux. Chaque couple se combine avec une molécule d'eau pour former une molécule de sucre maltose. L'amylase β peut ainsi dédoubler entièrement les chaînes d'amylose en sucre maltose. Cependant, si le nombre d'unités de glucose de la chaîne est impair, il restera un bout, constitué de trois unités de glucose, reliées par des liaisons α-1-4, qui est le sucre maltotriose[2].

Quant à l'amylase α, son action consiste à démembrer les chaînes non rectilignes en chaînes rectilignes qu'il « présente » à l'amylase β. Elle coupe ainsi en morceaux aussi bien les longues chaînes d'amylose que les molécules d'amylopectine. Elle prépare ainsi le terrain à l'action de l'amylase β, qui va arracher des molécules de maltose à tous les bouts de chaînes que l'amylase α lui présente.

Signalons encore que les amylases sont gênées dans leur activité par l'accumulation des produits de dédoublement qu'elles engendrent et qu'une viscosité élevée diminue aussi leur activité [3]. Par ailleurs, la fermentescibilité des sucres est déterminée par les propriétés de la levure elle-même et la nature des sucres [^{2},4-6]. En utilisant les levures des bières, seules les mono-, di-, ou trisaccharides sont fermentés. A partir des tétrasaccharides (dextrines), les sucres sont infermentescibles. Ce n'est que par addition artificielle d'amylases au moût qui les dédoublerait d'abord en sucres plus simples, qu'on peut les faire fermenter.

De plus, la vitesse de fermentation des sucres n'est pas la même pour tous ces sucres. Il a été mis en évidence [7] que le saccharose disparaît le plus vite au cours de la fermentation. Les autres sucres disparaissent dans l'ordre suivant : glucose, fructose, maltose et enfin le maltotriose. Mais ces vitesses dépendent de la souche et de l'état physiologique de la levure et aussi de certains composants du milieu. Cette information est importante car elle explique pourquoi les brasseurs ajoutent presque systématiquement du sucre de canne, c'est-à-dire le saccharose, dans le moût de départ. C'est pour augmenter la teneur en alcool, étant donné que même le maltose, produit essentiel de la saccharification, ne fermente que difficilement.

A la fin de la fermentation qui s'effectue en 4 étapes (Fig. 5), le milieu contient donc des sucres non fermentescibles ainsi que certains sucres résiduels simples (fermentescibles) n'ayant pas fermenté, et dans l'ordre inverse de leur vitesse de fermentation. C'est l'ensemble de tous ces sucres qu'on trouve dans la bière et qui constitue les teneurs en sucres qui font l'objet de cette étude.

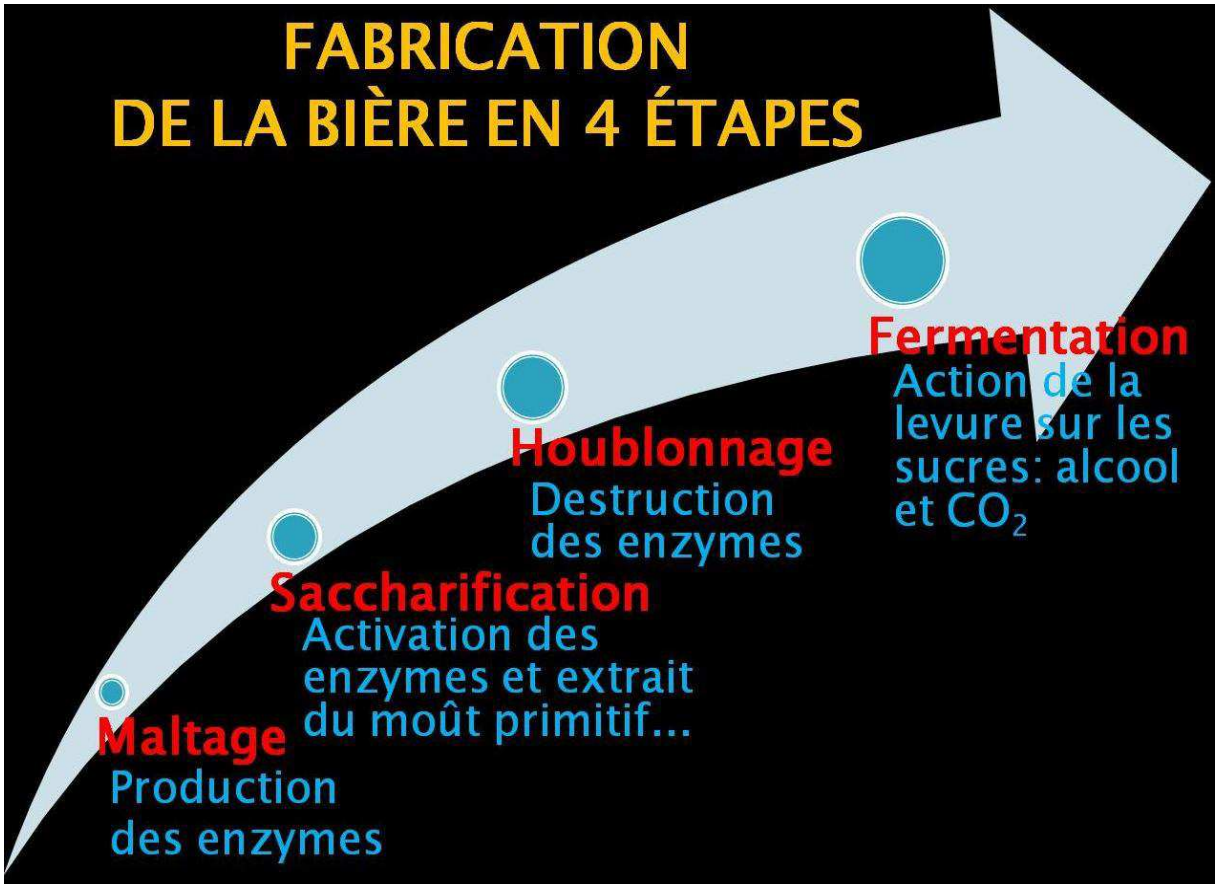


Figure 5 : Schéma montrant les quatre étapes essentielles pour la fabrication d'une bière industrielle.

L'analyse de la composition de la bière par spectroscopie ^{1}H RMN de plusieurs sortes de bières produites sur plusieurs sites montre que la bière est un mélange de substances chimiques, dont la plus importante est H_2O, l'eau [8]. Les autres substances chimiques sont l'éthanol, une variété de carbohydrates, et une certaine quantité mineure de substances qui sont à l'origine des propriétés organoleptiques (la saveur par exemple) de la bière. Ce sont notamment les sucres résiduels et les levures.

3. Matériels et méthode

3.1. Les paramètres d'intérêt analytique

L'analyse de la bière comporte des déterminations de diverses espèces. D'abord celles qui ont trait à la détermination de l'extrait primitif du moût, de l'extrait apparent, de l'extrait réel, et de l'alcool. La signification de ce jargon des brasseurs a été définie ailleurs, ainsi que la

méthode d'analyse [1].

Ensuite celles qui ont trait à sa composition chimique et sa valeur nutritive, telle la teneur en azote, en cendres, sucres, dextrines, etc. Dans une troisième catégorie, on peut classer celles qui ont trait à ses qualités organoleptiques ; ce sont surtout la teneur en acide carbonique, en acidité volatile, en esters, en alcools supérieurs, sa coloration, son pouvoir moussant, sa tension superficielle, et sa viscosité. Une quatrième catégorie de détermination a trait à sa stabilité : ce sont surtout le pH et l'atténuation limite, le trouble, l'air ou l'oxygène, la teneur en tanin et la teneur en différents métaux qui peuvent provoquer des troubles colloïdaux. Dans cette quatrième catégorie de détermination, il faut aussi classer l'examen biologique de la bière. Enfin une dernière catégorie a trait à la recherche des traitements spéciaux : on y trouvera la recherche de la pasteurisation, des édulcorants, des colorants, des antiseptiques, etc. [3].

Dans cette étude, de par l'objectif visé et la problématique à résoudre, nous nous sommes limités à la détermination des quatre paramètres ci-haut cités dans la première catégorie de détermination, à savoir: l'extrait primitif du moût, l'extrait apparent, l'extrait réel, et la teneur en alcool.

3.2. Analyse et mode de calcul

Une fois les différents extraits obtenus, la teneur en sucres est calculée en faisant la moyenne arithmétique de l'extrait réel et de l'extrait apparent. Ce mode de calcul est le seul qui donne des résultats plus fiables en accord avec les valeurs de références obtenues des étiquettes de quatre produits.

Les quatre paramètres ont été déterminés en utilisant le BEER ANALYZER d'Anton PAAR modèle SP-1m, utilisé par les grandes brasseries modernes. C'est celui-là même qui est utilisé par la Brarudi. On procède de la façon suivante : une bouteille fermée contenant la bière est mise dans un bain-marie dont la température est réglée à 20 °C, pendant 20 minutes. La vaisselle utilisée, un bécher par exemple, est rincé au moins 3 fois, avec 30 à 50 ml de l'échantillon de bière à analyser et ensuite remplie avec approximativement 300 ml de bière. Le bécher est prise des deux mains, l'une en dessous pour tenir, l'autre au dessus pour fermer, puis secouer légèrement. On soulève ensuite doucement la main de dessus pour faire sortir la

pression due au CO_2 qui se dégage. Un bruit semblable à celui qu'on entend lorsqu'on fait sauter le bouchon de liège d'une bouteille de vin mousseux se fait sentir. On ferme de nouveau le bécher immédiatement avec un verre de montre. Cette opération est répétée plusieurs fois (de 5 à 6 fois) jusqu'à ce qu'on entend plus aucun son sifflant. On rince alors chaque cellule de mesure 2 fois avec 5 ml de bière dégazée avant de la remplir avec la bière dégazée. On écume la mousse en l'aspirant à l'aide d'une seringue épidermique.

A la différence du pycnomètre qui nécessite l'utilisation manuelle des tables d'extrait de GOLDINER et KLEMANN, le BEER ANALYSER d'Anton PAAR donne automatiquement les valeurs des différents extraits de glucides.

4. Résultats et discussion

Pendant la fermentation, tous les sucres ne sont pas totalement transformés en alcool et en CO_2. Le moût de départ, qui est le résultat d'une action enzymatique sur les sucres complexes contenus dans les céréales, contient également des sucres non fermentescibles qui se retrouvent dans la bière même après plusieurs efforts de fermentation.

Par ailleurs, le processus de la fermentation est un ensemble et une suite de réactions chimiques et biochimiques, les unes limitées, non seulement par les réactifs, mais aussi par certains produits de fermentation. Des modifications chimiques et physiques du milieu créent des conditions non favorables à une fermentation complète. C'est le cas notamment de l'alcool lui-même qui, à une certaine concentration dans le moût en fermentation, pourrait s'attaquer et tuer systématiquement les levures, qui sont des micro-organismes pourtant à l'origine de sa production. C'est aussi le cas de tous ces sous-produits qui génèrent une certaine viscosité du milieu. En effet, une viscosité élevée est aussi défavorable à la poursuite de la fermentation.

Tableau 1 : Teneurs en alcool et en sucres de 16 bières de la catégorie « alcoolisée » et 2 bières de la catégorie « non-alcoolisée ».

#	BIÈRE	Origine	TENEUR EN ALCOOL (% v/v)		TENEUR EN SUCRES (% w/v)	
			Etiquette sur l'emballage	Résultat de cette étude	Etiquette sur l'emballage	Résultat de cette étude
1	Bavaria 0,0%	Hollande	0,0	0,08		6,52
2	Carapils 1%	Allemagne	<1	0,96		5,45
3	Bell	Kenya, by EABL Group	4,0	4,07	2,5	2,54
4	Tusker	Kenya, by EABL Group	4,2	4,30	2,5	2,56
5	Primus	Brarudi et Heineken International	4,5	4,50	**	2,56
6	Serengeti	Tanzania	4,8	4,70		2,90
7	Tusker Malt	Kenya, by EABL Group	5,0	5,05	2,8	2,86
8	Heineken	Brarudi et Heineken International	5,0	5,09		2,95
9	Amstel	Brarudi et Heineken International	5,3	5,10		2,50
10	Skol	Bralirwa, Rwanda	5,3	5,60		2,44
11	Mützig	Bralirwa, Rwanda	5,5	5,66		3,07
12	Nile Special	Uganda	5,6	5,66		2,27
13	Bock	Brarudi et Heineken International	6,0	5,80		4,03
14	Turbo King	Bralirwa, Rwanda	6,5	6,53		3,20
15	Leffe Brune	Belgique	6,5	6,52		5,03
16	Leffe Blonde	Belgique	6,6	6,66		4,83
17	Guinness	Bralirwa, Rwanda	7,5	7,78	5,0	5,42
18	Bavaria	Hollande	8,6	7,89		3,26

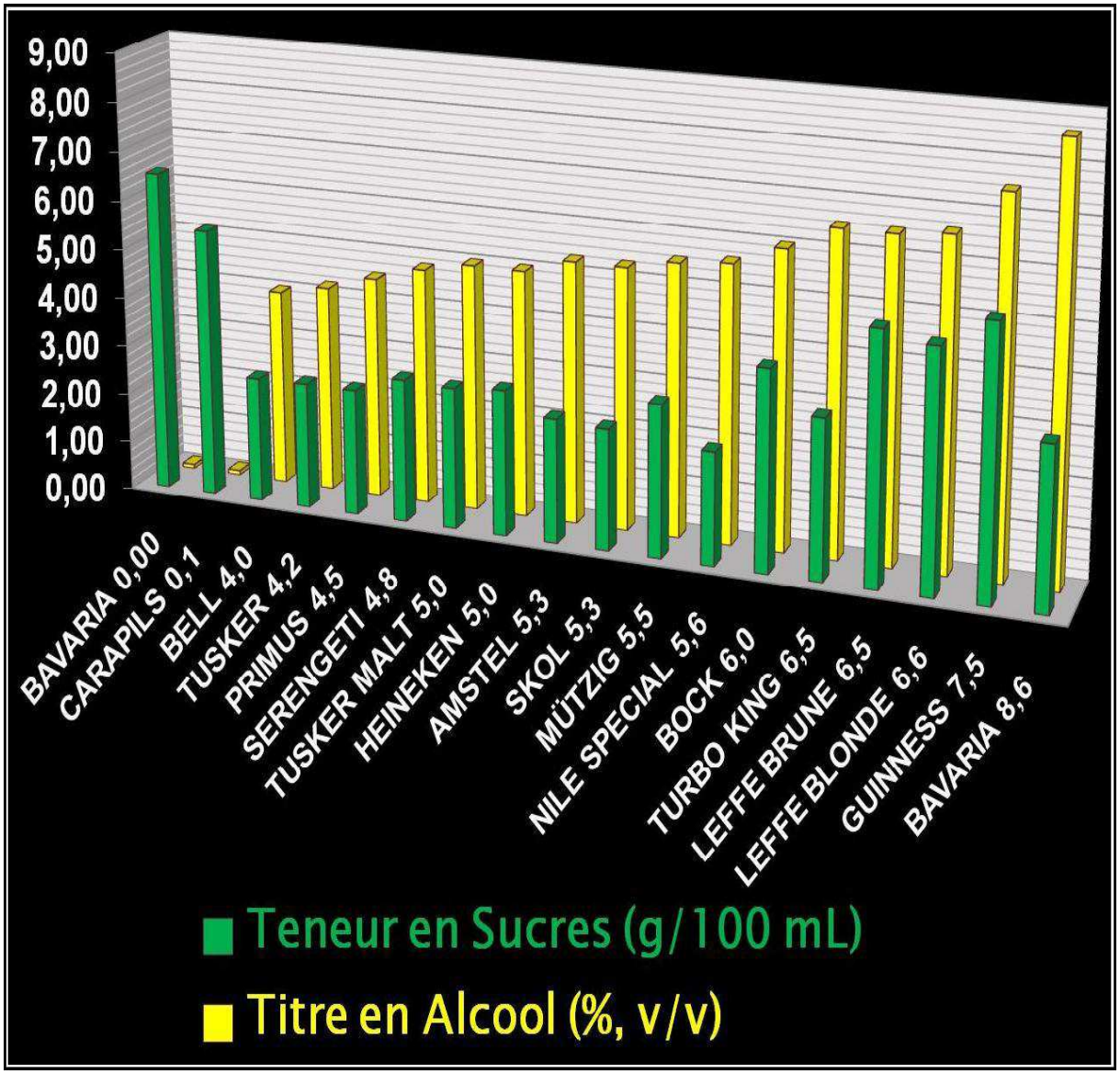


Figure 6 : Histogramme des teneurs en sucres et en alcool des 18 bières analysées.

Il résulte de tout cela que, par principe, toute bière contient des sucres, et il ne pouvait en être autrement pour les 18 bières analysées dans le cadre de cette étude. Toutes les bières analysées contiennent des sucres, dans des proportions variables mais comparables (Tab. 1 et Fig. 6). Toutefois, dans la catégorie des bières dites alcoolisées, l'Amstel Blonde, la Nile et la Skol sont tout de même moins sucrées. A l'inverse, l'Amstel Bock, la Guinness, la Bavaria 8,6 et les deux Leffe sont les plus sucrées, avec des teneurs au-delà de 4 g/100 ml de bière.

Dans la catégorie des bières dites sans alcool, la teneur en sucres est au moins deux fois plus élevée par rapport à la bière-parent. C'est le cas de la Carapils 1% et la Bavaria 0,0. Dans la BAVARIA 0,0% par exemple, la teneur en sucres est deux fois plus élevée que dans la

BAVARIA 8,6%, avec des teneurs de 6,52 g/100 ml pour la Bavaria sans alcool et 3,26 pour la Bavaria 8,6. Cette augmentation de sucres qu'on observe dans les deux bières dites sans alcool est aussi une question de principe. En effet, il s'agit d'un effet de soustraction d'un substrat liquide (l'alcool) qui, dans le mélange initial (bière-parent), occupait un volume important par rapport au substrat solide dissous (sucres) dans le même mélange initial. Le résultat en est une augmentation de concentration du solide dissous (sucres) qui reste (dans la bière sans alcool).

Les résultats obtenus nous permettent de lever certains mythes qui circulent au sujet de la bière, mais aussi de révéler des vérités cachées. La HEINEKEN et la TUSKER MALT, qu'une certaine opinion a tendance à mettre en compétition de qualité, ont effectivement des teneurs comparables : même teneur en alcool (5%) et presque la même teneur en sucres (2,95% w/v pour la HEINEKEN, 2,86% w/v pour la TUSKER MALT). Contre toute attente, il est intéressant de remarquer que ces deux bières ont des teneurs en sucres supérieures, quoique légèrement, par rapport à l'Amstel blonde et la Primus, qu'on a tendance à qualifier de bières « sucrées ».

Il est difficile de se prononcer sur la prévalence de la bière sur les maladies glycémiques dans la mesure où les origines des sucres sont très diversifiées et difficilement quantifiables parmi la gamme d'aliments offerts à un individu au cours de sa vie. Par conséquent, la bière, qui n'est d'ailleurs pas un aliment [9], ne saurait être la seule piste à privilégier dans la recherche des causes du diabète, mais tout de même une des causes les plus importantes de maladies glycémiques (diabète, hypertension, obésité, etc.). C'est pour cette raison que, dans cet article, nous préférons discuter nos résultats, non pas en terme d'indice glycémique ou de charge glycémique comme le font les nutritionnistes, mais plutôt en terme de comparaison avec un autre sucre de référence de consommation courante, en l'occurrence le sucre de canne.

En effet, une cuillérée à thé de quelques cristaux de sucre de canne pèse environ 5 g. Considérons pour cela deux individus qui prennent le matin chacun trois tasses de thé avec seulement une cuillérée de sucré de canne dans chaque tasse. Chacun consomme alors environ 15 g de sucre de canne. Le soir, l'un des deux individus s'abstient de consommer la bière, mais l'autre consomme en l'espace d'une soirée, 3 bouteilles de Heineken 65 cl (3x650 ml = 1950 ml). Il ingurgite donc 57,5 g de sucres, soit environ l'équivalent de 11,5 cuillérées à thé

de sucre de canne (saccharose). A la fin de la soirée, l'un aura ingurgité l'équivalent de 15 g de sucre, l'autre un peu plus que 72,5 g de sucres. Il est évident qu'un tel comportement, s'il est répété de façon routinière, aura des conséquences dont on peut déjà deviner l'ampleur à la longue.

Cet exemple que nous donnons par rapport à la Heineken est loin d'être fortuit. En effet, outre qu'une certaine opinion veut faire passer la Heineken pour une bière sans sucres, elle reste tout de même une bière qu'on peut qualifier de « modérément sucrée » par rapport à certaines bières de sa catégorie. Pour s'en convaincre, il suffit de faire le même calcul avec la Bock, la Leffe (brune ou blonde), la Guinness, la Bavaria 8,6 et la Bavaria 0,0%. En effet, la même quantité (1950 ml) de Bavaria 0,0, Leffe brune et Guinness, correspondent à une charge en sucre équivalente à 25, 19.5 et 21 cuillérées à thé de sucres de canne, respectivement.

5. Conclusion

Le sucre, tout comme l'oxygène, est indispensable à la vie en tant que source d'énergie dont les organismes vivants ont besoin. Le cerveau en est d'ailleurs le premier bénéficiaire. Contrairement à une opinion largement répandue, toutes les bières contiennent des sucres. Toutefois, certains types de bière en contiennent plus que les autres. Parmi la gamme de bière que nous avons analysées, la GUINNESS, la BOCK et la BAVARIA 8,6% peuvent être considérées comme étant excessivement sucrées. L'excès de sucre dans la BOCK est attribuable au maldex. Extrait du maïs, la maldex est le nom commercial de la maltodextrine, un sucre non fermentescible de la catégorie des dextrines, que certains brasseurs comme la Brarudi ajoutent systématiquement au moût primitif de la bière pour augmenter ses propriétés organoleptiques.

Les bières dites sans alcool sont excessivement sucrées. Dans la BAVARIA 0,0%, la teneur en sucres est deux fois plus élevée que dans la BAVARIA 8,6%.

Cette dernière constatation est aussi généralisable que la première, mais tout de même plus troublante et devrait être considéré comme une sérieuse mise en garde à l'endroit des consommateurs de bières sans alcool. Car derrière un plaisir commun que ces consommateurs s'efforcent à faire passer pour un vice à escamoter se cache ce délice sucré mais potentiellement dangereux.

6. Remerciements

Nous tenons à remercier les autorités de la Brarudi pour avoir accepté de mettre à notre disposition son précieux équipement et son laboratoire moderne qui ont servi à la collecte de toutes les données contenues dans cette étude. L'un d'entre-nous, E. Ndayiragije, voudrait exprimer toute sa gratitude à l'endroit des autorités de la Brarudi pour lui avoir offert deux stages pendant ses études et un emploi après publication de son mémoire d'études sur le sujet.

7. Références

[1] Ndayiragije E., 2011. « Analyse comparative de la teneur en sucres et en alcool dans différents produits de fermentation alcoolique: Détermination de la charge glycémique dans différentes bières de fabrication industrielle ». Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Licencié en Sciences Chimiques. Département de Chimie - Faculté des Sciences, Université du Burundi.

[2] De Clerck J., 1980. « Cours de Brasserie: Matière première, fabrication et installation », 2ème Édition, Volume 1.

[3] De Clerck J., 1980. « Cours de Brasserie: Méthodes d'analyse », Volume 2.

[4] Boivin C., 2005. « *La bière : Son histoire, sa fabrication et sa dégustation* », Lac Beauport, Arion Éditions.

[5] Bourgeois C., 1998. « *La bière et la brasserie* », Paris, Presses Universitaires de France.

[6] Sunier J., 2006. « *La fabrication de la bière* », Montréal, Alliage éditeur.

[7] Kockova-Kratochvilona A., Vlcek J. et Winkler R. 1958. « *Composants du sucre dans la bière* ». Brauwiss 11, 2.

[8] Almeida C., Duarte I.F., Barros A., Rodrigues J., Spraul M. and Gil A.M. 2006. «*Composition of Beer by ^{1}H NMR Spectroscopy: Effects of Brewing Site and Date of Production*», *J. Agric. Food Chem. 54/3, 700*.

[9] BELIVEAU R. et GINGRAS D., 2005. « *Les aliments contre le cancer : la prévention et le traitement du cancer par l'alimentation* », Editions du Trécarré, Québec (Canada).

(*) Auteur principal à qui toute correspondance devrait être adressée.