

INFLUENCE DES FACTEURS TECHNOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES SUR LE TAUX D'EXTRACTION REELLE DE LA RAFFINERIE DE CANNE DU PERIMETRE SUCRIER DE FERKE 1 EN CÔTE D'IVOIRE

F. K. TOURE, E. KOFFI et G. N. AGBO

Université de Cocody, BP 42 Abidjan 22, UFR Biosciences LABSA. E-mail: fabien_toure@yahoo.fr

RESUME

L'étude vise à déterminer les principaux facteurs responsables de l'extraction réelle à la raffinerie de canne de Ferké 1, en vue de l'amélioration du rendement sucre. La production cannière livrée à l'usine concerne 11 variétés cultivées dans 4 plantations. L'extraction réelle, l'extraction au premier moulin, le rythme de broyage, le taux d'imbibition et la teneur en fibre de la canne à sucre ont été mesurés. Les données ont été traitées à l'aide du logiciel STATISTICA 6 FR. L'extraction a été effectuée après broyage de la canne dans une batterie de 3 moulins associée à un diffuseur. Au cours des années entre 2002 ou 2003 à 2005 ou 2006, l'extraction réelle a été, en moyenne, de 90,6 %. Les principaux facteurs déterminant l'extraction réelle ont été, d'abord, la teneur en fibre de la canne à sucre puis le taux d'imbibition de celle-ci durant le process. Enfin, l'amélioration de l'extraction réelle de l'usine passe par la réduction du délai entre la coupe et le broyage de la canne.

Mots clés : Rendement, extraction réelle, fibre, broyage, imbibition, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

*INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS ON THE ACTUAL EXTRACTION RATE IN THE FERKE 1
CANNE REFINERY OF THE SUGAR PERIMETER IN CÔTE D'IVOIRE*

The aim of the study was to determine the main factors responsible for the actual cane juice extraction in the Ferké 1 refinery, in order to improve sugar yield. Sugar production was carried out using 11 sugarcane varieties grown in 4 different plots. Juice extraction was based on cane milling in a series of 3 batteries operating closely with an osmotic diffuser. Measured parameters were as follows: actual extraction, first mill extraction, maceration rate, milling rate and fiber content of the sugarcane. The data were treated, using STATISTICA 6 FR. From 2002/03 to 2005/06, the actual extraction reached 90.6 %. It was observed that actual sugar extraction was first dependent upon the fiber content and then maceration rate.

Key words : Yield, actual extraction, fiber, milling, maceration, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Les plus grands producteurs de sucre sont le Brésil, l'Inde et la Chine, avec 31, 19 et 7 % de la production mondiale, respectivement. La canne à sucre fournit environ 74 % de la production mondiale de sucre (Alfa, 2005). La zone UMOA (Union Monétaire Ouest-Africaine) a produit 330 000 t de sucre en 2001, pour une

capacité totale de production de 400 000 t. En Côte d'Ivoire, pays d'Afrique de l'Ouest, la société SUCRIVOIRE a produit 81 000 t de sucre en 2001, pour une capacité de production de 90 000 t de sucre raffiné. La seconde sucrerie ivoirienne, la SUCAF- CI (Sucrerie d'Afrique de Côte d'Ivoire), a produit 92 000 t de sucre en 2001, pour une capacité totale de production de 95 000 t de sucre (Baudouin, 2001). La filière

sucre a pris de l'ampleur dans le monde ces dernières années et la production africaine augmente régulièrement. Cependant, rares sont les pays du continent qui exportent du sucre. Les efforts ne parviennent, jusque-là, qu'à satisfaire leur marché intérieur.

La production du sucre nécessite un suivi du processus d'extraction, de la coupe de la canne jusqu'au stockage du sucre produit. Le processus de fabrication du sucre consiste essentiellement à séparer le saccharose pur des différentes matières qui composent le jus de canne. Ce processus comprend deux grandes étapes : le broyage de la canne pour en extraire le jus et la concentration de ce jus. Le contrôle du broyage (ou contrôle des moulins) est effectué au niveau de l'extraction réelle qui représente le rapport de la quantité de saccharose obtenue dans le jus mélangé à la quantité prise en charge dans la canne à sucre broyée. Thangavelu (2004), a montré que le pourcentage d'extraction du jus est corrélé significativement mais négativement avec la teneur en fibre de la canne broyée. Toutefois, elle est corrélée de manière significative et positive avec le rendement usine. Un grand nombre de facteurs améliorent la capacité et l'efficacité des moulins dont les plus importants sont le ligneux de la canne, la dimension, le nombre et la vitesse des cylindres, les engins de préparation de la canne (coupe-cannes, shredders). Outre ces facteurs, d'autres interviennent aussi ; ce sont : l'imbibition, le rainurage des cylindres, la pression hydraulique, l'emploi d'appareils alimentateurs, la conception et l'état du matériel, l'expérience du personnel chargé du réglage et de l'entretien des moulins et les conditions sanitaires (Hugot, 1987). Ainsi, le rendement d'une raffinerie de canne dépend, aussi bien de la qualité technologique de la canne que de la qualité du processus technologique (Nadia and Mahmond, 2006). Selon Gravois et Milligan (1992), la fibre de canne est un composant sec et insoluble dans l'eau de la tige. C'est un important paramètre de la qualité à cause de son influence à la fois sur l'extraction du jus et l'efficacité du broyage. Les cultivars de la canne à sucre dans les régions tempérées sont améliorés avec *S. spontaneum* et *L. germplasm* pour améliorer la vigueur et la tolérance au froid. Malheureusement, ces

cultivars se multiplient typiquement par clones, avec un bas taux de saccharose récupérable et un contenu en fibre élevé.

L'étude vise à mieux appréhender l'influence des principaux paramètres liés à l'usinage de la canne à sucre sur l'extraction réelle d'une raffinerie de canne.

MATERIEL ET METHODES

MILIEU D'ETUDE

La raffinerie de canne à sucre de Ferké 1 est la plus ancienne des deux complexes sucriers de Ferké. Elle est située dans le département de Ferkessedougou à 17 Km au Sud-ouest de la ville (09° 35' N, 05° 12' W, 323 m) (Péné et Kéhé, 2005).

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé se compose de tiges de cannes à sucre, en provenance des parcelles et se répartit en 11 variétés de début, milieu et fin de campagne. Les variétés de début de campagne sont NCO 376 et CO 449. Celles de milieu de campagne sont M3145, R570, Q75, R70367 et FR8069. Celles de fin de campagne sont CO957, CO62175, SP701406 et SP701006. Les plantations villageoises représentent 5 - 8 % de la production totale de cannes (Péné et Kéhé, 2005 ; Baudouin, 2001). Le jus de canne à sucre et la bagasse ont été prélevés dans la chaîne de traitement, après livraison à l'usine.

METHODE

Récolte de la canne à sucre

La coupe de la canne est assurée à l'aide de machette après brûlage réalisé la veille en après midi. Les opérations de chargement et de transport des cannes endainées sont assurées mécaniquement, dans un délai de 36 h après la coupe. Les variétés de début de campagne sont récoltées en novembre ; celles du milieu de campagne à partir d'avril, tandis que les variétés de fin de campagne le sont au mois de mai.

Préparation de la canne avant broyage

Le broyage des tiges de canne a été réalisé suivant le processus proposé par Alfa (2005). Les chargements de canne des camions ou remorques acheminés à l'usine sont préalablement pesés au pont bascule. Les cannes sont ensuite déchargées et stockées dans la cour de l'usine. En fonction du rythme de fonctionnement de l'usine et de ses besoins, un grappin fixé sur un portique dépose les cannes sur la table d'alimentation. Elles sont déversées sur la table à cannes au moyen d'un portique et sont ensuite lavées une première fois au niveau du niveleur et de l'ébouleur. Elles sont lavées une seconde fois sur une partie du conducteur à cannes et en travers de celui-ci au moyen de rampes d'aspersion. L'eau de lavage est prélevée dans le fleuve Bandama et du trop plein recueilli dans des bacs de rétention. La canne est hachée par 3 coupe-cannes :

un pré-ébaucheur (coupe-canne 1), un ébaucheur (coupe-canne 2) et un finisseur (coupe-canne 3) (Figure 1).

Broyage de la canne à sucre

Les cannes lavées et défibrées passent dans une série de trois moulins et d'un défibreur situé entre les deux premiers moulins. Chaque moulin comprend 3 roulements cylindriques, horizontaux et dentelés permettant d'éclater les cellules de la tige de canne. Par imbibition composée, le saccharose est ainsi progressivement extrait. Le jus de canne est récupéré sous chaque moulin qui ne contient que le résidu fibreux, la bagasse (40 à 50 % d'humidité). Cette dernière est brûlée dans la chaudière pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'unité industrielle (Figure 1).

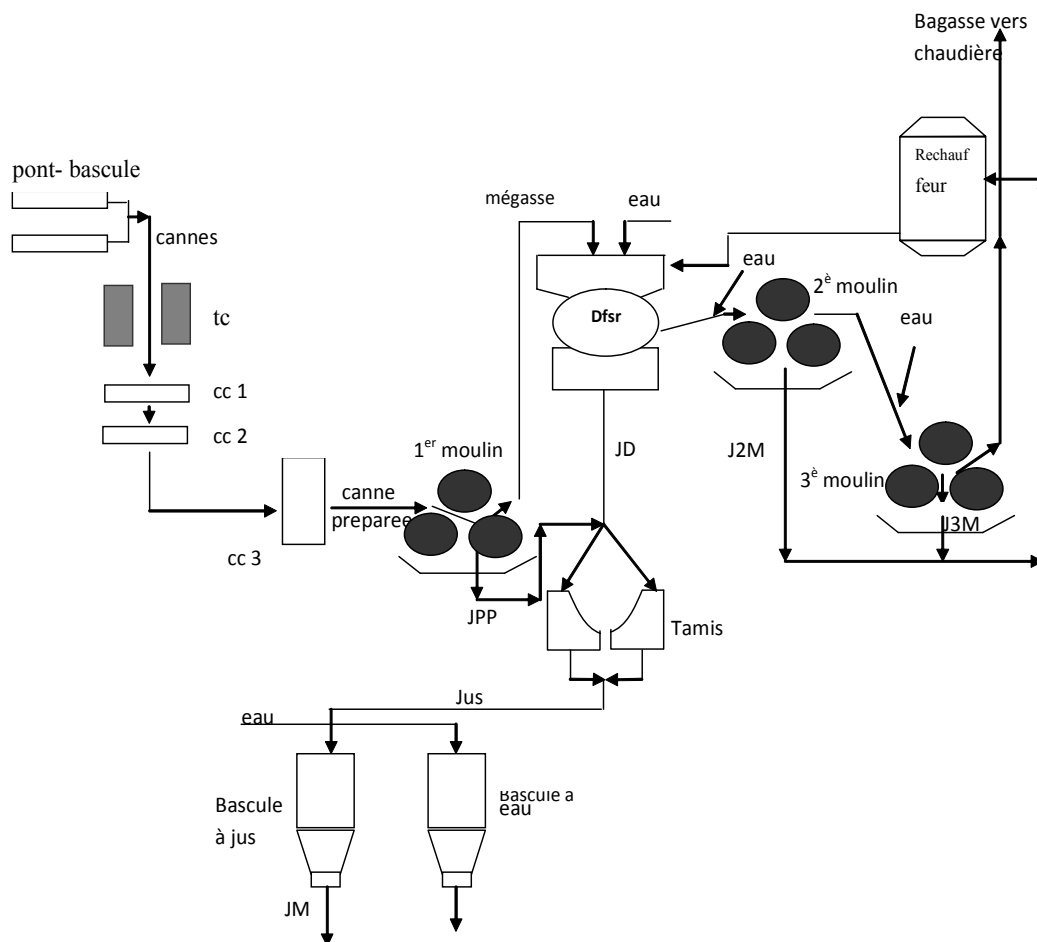


Figure 1 : Schéma du processus d'extraction de sucre à la raffinerie de Ferké 1.

Process of sugar extraction in the Ferké 1 cane refinery.

JM : jus mélangé, JD : jus du diffuseur, J2M : jus du deuxième moulin, J3M : jus du troisième moulin ; dfsr : diffuseur ; tc : table à cannes ; cc : coupe canne 1,2 et 3.

Contrôle chimique du broyage

Le matériel de laboratoire comprend plusieurs appareils, dont le polarimètre (ou saccharomètre) et le réfractomètre pour mesurer, respectivement, la teneur en saccharose (pol), et le brix (taux de matière sèche dissoute) des échantillons de jus de canne à sucre prélevés. Une étuve et un désintégrateur, par voie humide doivent servir respectivement à déterminer l'humidité et le pol de la bagasse.

Le contrôle chimique du broyage consiste à prélever, lors du broyage, du jus de première et de dernière pression (JPP et JDP), du jus mélangé (JM : ensemble des jus sortant des moulins avant toute manipulation), du jus du diffuseur et de la bagasse et à les analyser au laboratoire selon les méthodes proposées par Meade et Chen (1977).

Paramètres mesurés

Paramètre de la qualité technologique de la canne

Fibre% Canne = $100 \times \text{Tonnes Ligneux Bagasse} / \text{Tonnes Cannes Broyées}$

Paramètres de qualité du processus de broyage

Extraction au 1^{er} moulin = $((\text{Pol\% JM} - \text{Pol\% J2M}) / (\text{Pol\% JPP} - \text{Pol\% J2M})) \times \text{Pol\% JPP} \times \text{Extraction réelle} / \text{Pol\% JM}$

La valeur lue au saccharomètre correspond à la lecture pol. Le pol % correspondant à la lecture pol et au brix corrigé est donné par la table de Schmitz.

J2M : jus du deuxième moulin correspondant à celui du diffuseur

Extraction réelle = $\text{Tonnes Pol JM} \times 100 / \text{Tonnes Pol Cannes}$

TCH (Tonnes de Cannes broyées par Heure de marche effective) = $\text{TCB} / \text{Heures de marche effective}$

Facteur \ddot{e} = $\text{Imbibition\% ligneux} / 100 = \text{Tonnes eau d'imbibition} / \text{Tonnes Ligneux}$

Avec :

$\text{Tonnes Pol Cannes} = \text{Tonnes Pol Jus Mélangé (JM)} + \text{Tonnes Pol bagasse}$

$\text{Tonnes Pol JM} = \text{Tonnes JM} \times \text{Pol\% JM}$

$\text{TCB} = \text{Tonnes Cannes Broyées} = \text{Tonnes Cannes Pesées} + \text{Stock de canne de la veille} - \text{Stock de canne du jour}$

$\text{Heures de marche effective} = 24 - \text{Heures d'arrêt total}$

$\text{Ligneux \% Bagasse} = 100 - \text{Humidité \% Bagasse} - \text{Brix \% Bagasse}$

$\text{Brix\% Bagasse} = \text{Pol\% Bagasse} \times 100 / \text{Pureté JDP}$

$\text{Tonnes Ligneux Bagasse} = \text{Tonnes bagasse} \times \text{Ligneux\% bagasse}$

$\text{Tonnes bagasse} = \text{TCB} + \text{Tonnes eau d'imbibition} - \text{Tonnes jus mélangé}$

A la fin de la journée de broyage qui dure 24 h, la moyenne journalière de chacune de ces variables a été calculée. On divise chacune des campagnes sucrières en 3 périodes : début, milieu et fin de campagne, puis la moyenne des paramètres d'efficacité du broyage pour chacune de ces périodes a été calculée.

ANALYSE DES DONNEES

Les paramètres étudiés (extraction réelle, extraction premier moulin, teneur en fibre, facteur d'imbibition, vitesse de broyage) ont fait l'objet d'une analyse de variance, avec le logiciel statistique STATISTICA 6 FR. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Newman-Keuls, au seuil de 5 %. Les coefficients de corrélation (r) entre les différents paramètres ont été calculés, à l'aide de l'analyse des corrélations. Le coefficient de détermination (R²) a permis de quantifier la part de variance d'un paramètre en fonction de l'autre. Au terme de ces quatre années d'expérimentation, chacune des campagnes sucrières a été divisée en 3 grande périodes (début, milieu et fin) et numérotées de 1 à 12. Le début, le milieu et la fin de la campagne 2003 correspondent respectivement aux périodes 1, 2 et 3. Le début, le milieu et la fin de la campagne 2004 correspondent respectivement aux périodes 4, 5 et 6. Le début, le milieu et la fin de la campagne 2005 correspondent respectivement aux périodes 7, 8 et 9. Le début, le milieu et la fin de la campagne 2006 correspondent respectivement aux périodes 10, 11 et 12.

RESULTATS

CORRELATION ENTRE LES PARAMETRES ETUDIÉS

L'étude des corrélations a montré que l'extraction réelle de l'usine de Ferké 1 est corrélée négativement avec la teneur en fibre de la canne ($R^2 = 39,7\%$) et le rythme de broyage

($R^2 = 2,6\%$) et positivement avec l'extraction au 1er moulin ($R^2 = 11,6\%$) et le facteur d'imbibition $\bar{\epsilon}$ ($R^2 = 30,3\%$). L'extraction au 1er moulin a été négativement corrélée avec la teneur en fibre ($R^2 = 5,8\%$) et positivement avec le rythme de broyage ($R^2 = 6,8\%$). La teneur en fibre et le TCH ont été corrélés négativement ($R^2 = 0,6\%$) (Tableau 1). Tous les paramètres étudiés ont varié significativement entre 2003 et 2006.

Tableau 1 : Corrélation entre les facteurs étudiés.

Correlation between studied parameters.

	Fibre% canne	E. réelle (%)	E. 1 ^{er} moulin (%)	TCH (%)
Fibre% canne	1,0			
E. réelle (%)	-0,63	1,0		
E. 1 ^{er} moulin (%)	-0,24	0,34	1,0	
TCH (%)	-0,08	-0,16	0,26	1,0
Facteur λ (%)	-0,27	0,55	-0,13	-0,48

E. réelle : extraction réelle ; E. 1er moulin : extraction au premier moulin ; TCH : Tonnes de cannes broyées par heure de marche effective.

Rythme de broyage

Le rythme de broyage TCH a été en moyenne de $145,9 \pm 13,6$ et compris entre 130,8 (période 6) et 156,4 % (période 2) (Tableau 2). On peut diviser les 12 périodes en deux grandes sous-périodes en fonction du rythme de broyage.

La 1^{ère} grande sous-période comprend les périodes 3 (fin 2003), 6 (fin 2004), 9 (fin 2005), 10 (début 2006), 11 (milieu 2006), 12 (fin 2006), autrement dit, la fin des campagnes 2003, 2004 et 2005 et toute la campagne 2006 dont les rythmes de broyage ont été compris entre 130,8 et 145,1. Le rythme de broyage de la période 6 a été significativement différent de celui des autres périodes de ce groupe. Le TCH n'a pas été significativement différent entre les périodes 12, 9 et 10 ; il en est de même de celui des périodes 10, 3 et 11.

Le second sous-groupe a concerné les périodes 1 (début 2003), 2 (milieu 2003), 4 (début 2004), 5 (milieu 2004), 8 (début 2005), 7 (milieu 2005) possédant les TCH les plus élevés compris entre 149,4 et 156,4. Le TCH n'a pas été significativement différent entre les périodes de ce groupe. Les TCH les plus élevés ont été obtenus en début et en milieu des campagnes 2003, 2004 et 2005.

Facteur d'imbibition

Le facteur $\bar{\epsilon}$ a été en moyenne de $2,7 \pm 1,2\%$ et compris entre 1,8 (période 2) et 3,4 (périodes 9 et 10) (Tableau 2). Il a été possible de subdiviser les 12 périodes en 3 grandes sous-périodes en fonction du facteur d'imbibition.

La 1^{ère} grande sous-période a inclut les périodes 1, 2, 3, 4 et 7 (de la campagne 2003 au début de la campagne 2004, puis au cours du début de la campagne 2005), dont les facteurs d'imbibition, ont été les plus faibles et inférieurs à 2,7 %. Les périodes 5, 8, 11 et 12 (milieux des campagnes 2004, 2005 et 2006) ont été caractérisées par un facteur d'imbibition compris entre 2,7 % et 2,9 % et n'ont pas été significativement différents. Les facteurs $\bar{\epsilon}$ les plus élevés (compris entre 3,2 % et 3,4 %) ont été obtenus pour les périodes 6 (fin 2004), 9 (milieu 2005) et 10 (fin 2005) et n'ont pas été significativement différents.

Extraction au premier moulin

L'extraction au 1^{er} moulin a été en moyenne de $63,0 \pm 5,8\%$ et comprise entre 59,2 % (période 6) et 66,4 % (période 4) (Tableau 2). Les extractions au 1^{er} moulin les plus faibles ont été obtenues au cours de la fin de chacune des 4

campagnes (périodes 3, 6, 9 et 12). Ces extractions ont été comprises entre 59,2 et 60,4 %. Les extractions au 1^{er} moulin les plus élevées ont été obtenues au début et à la fin des campagnes 2003, 2004, 2005 et 2006 (périodes 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10 et 12). L'extraction au 1^{er} moulin des périodes 1, 7, 8 et 11 ont été comprises entre 61,9 et 63,1 %. Celles des périodes 2, 4, 5 et 10 entre 65,2 et 65,5 %.

Teneur en fibre de canne

La teneur en fibre de la canne moyenne a été de 17,4 % \pm 1,3 et comprise entre 16,3 (période 7) et 18,6 % (période 3) (Tableau 2, Figure 2). Les 12 périodes ont pu être divisées en deux grands sous-groupes, selon la teneur en fibre de la canne.

Le premier sous-groupe avec les Fibre% canne les plus faibles a porté sur les périodes 4 (début 2004), 7 (début 2005), 8 (milieu 2005), 9 (fin 2005), 10 (début 2006) et 11 (milieu 2006) (début de la campagne 2004 plus du début de la campagne 2005 au milieu de la campagne 2006), avec pour teneur en fibre comprises entre 16,5 et 17,1 %. Dans ce groupe, les extractions réelles des périodes 10, 4, 11 et 8 n'ont pas été significativement différentes. Il en est de même de celles des périodes 4, 9, 11 et 8 et des périodes 9, 11, 8 et 5, ainsi que de celles des périodes 7, 10 et 4. Ces périodes possédant les teneurs en fibre les plus faibles ont été caractérisées par les extractions réelles les plus élevées, exception faite pour la période 4, caractérisée par une faible extraction réelle et une faible teneur en fibre de canne.

Le second sous-groupe (périodes 1, 2, 3, 5, 6 et 12 (du début à la fin de la campagne 2003, du milieu à la fin de la campagne 2004 et la fin de

la campagne 2006) ont eu les teneurs en fibre les plus élevées comprises entre 17,5 % (période 5) et 18,6 % (période 3). Toutes ces périodes ont été caractérisées par une faible extraction réelle. Les teneurs en fibre des périodes 12 (17,9 %), 2 (18,0 %), 1 (18,1 %), 6 (18,2 %) et 3 (18,6 %) n'ont pas été significativement différentes. Il en est de même des teneurs en fibre des périodes 5 (17,5 %), 12 (17,9 %), 2 (18,0 %) et 1 (18,1 %).

Extraction réelle

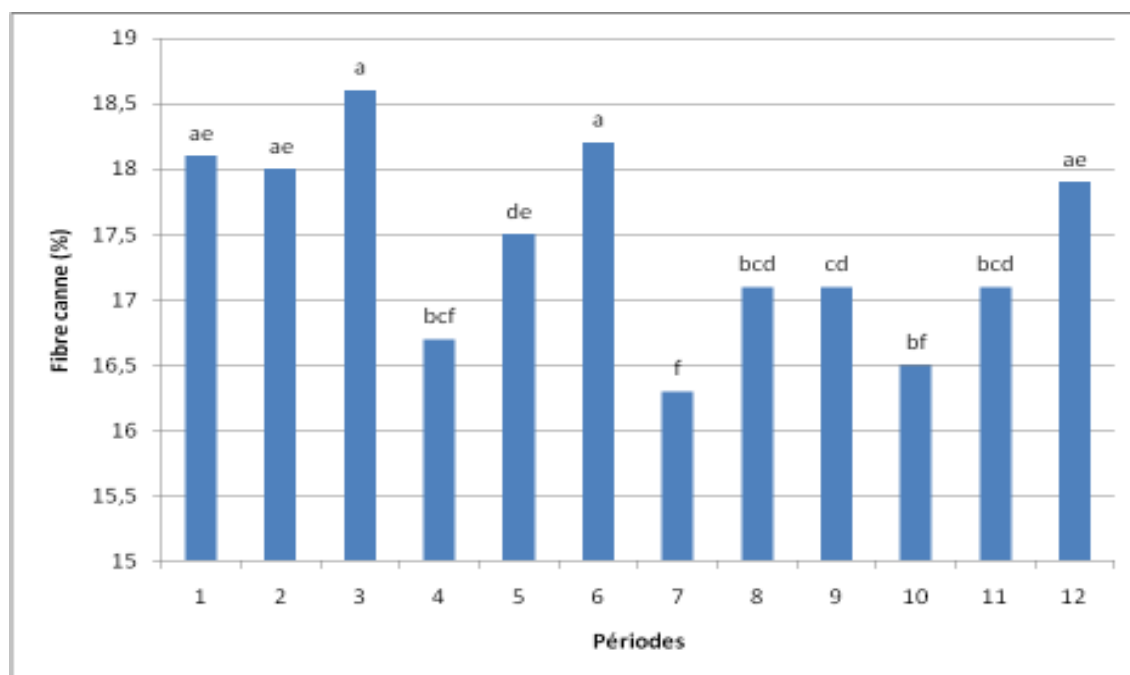
L'extraction réelle a été en moyenne de 90,6 \pm 2,4 % et comprise entre 86,9 % (période 3) et 92,7 % (période 7) (Tableau 2, Figure 3). On peut scinder les 12 périodes en 3 grands groupes en fonction de l'extraction réelle. Les périodes 7, 8, 9, 10 et 11 ont eu respectivement pour extractions réelles 92,0 ; 92,4 ; 92,2 ; 92,7 et 91,6 %. Ces extractions réelles ont été les plus élevées et ont porté sur le début de la campagne 2005 au milieu de la campagne 2006. Les périodes 1, 2 et 3 (début, milieu et fin de la campagne 2003), ont eu les extractions réelles moyennes les plus faibles (respectivement de 88,5 ; 87,9 et 86,9 %) ; l'extraction réelle de la période 3 n'a pas été significativement différente de celle des périodes 1 et 2. Les extractions réelles intermédiaires ont été obtenues lors des périodes 4 (début 2004 : 90,4 %), 5 (milieu 2004 : 90,1 %), 6 (fin 2004 : 90,5 %) et 12 (fin 2006 : 90,4 %). L'extraction réelle de la période 4 n'a pas été significativement différente de celle des autres périodes de ce groupe.

Dans l'ensemble, on a observé une croissance de l'extraction réelle de 2003 à 2006, avec une chute allant du milieu à la fin de la campagne 2006 (Figure 3).

Tableau 2 : Comparaison des paramètres étudiées.*Comparison between the studied parameters.*

Périodes	Paramètres étudiés					
	E. réelle (%)	E. 1 ^{er} moulin (%)	TCH (%)	Facteur λ (%)	Fibre% canne	
Début	1	88,5d	63,9ab	150,6bc	2,2cd	18,1ae
	4	90,4e	66,4a	149,9abc	2,4e	16,7bcf
	7	92,0ab	63,2abd	153,0bc	2,4de	16,3f
	10	92,7b	65,0ab	142,5de	3,4b	16,5bf
Milieu	2	87,9d	65,5a	156,4bc	1,8f	18,0ae
	5	90,1ce	65,2ab	149,4abc	2,7a	17,5de
	8	92,4ab	63,1ab	150,1ab	2,9a	17,1bcd
	11	91,6a	61,9bcd	145,1ae	2,7a	17,1bcd
Fin	3	86,9f	59,6c	144,4ae	2,1cd	18,6a
	6	90,5c	59,2c	130,8f	3,2b	18,2a
	9	92,2ab	60,4cd	138,2d	3,4b	17,1cd
	12	90,4c	59,8c	137,4d	2,7a	17,9ae
Moyenne	90,6	63,0	145,9	2,7	17,4	
Ecart- type	2,4*	5,8*	13,6*	1,2*	1,3*	

E. réelle : extraction réelle ; E. 1er moulin : extraction au premier moulin TCH : Tonnes de cannes broyées par heure de marche effective ; * différence significative ; a, b, c... : les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

**Figure 2** : Evolution de la teneur en fibre de la canne de l'usine à Ferké 1 de 2003 à 2006.*Evolution of fibber content of the cane at Ferké 1 from 2003 to 2006.*

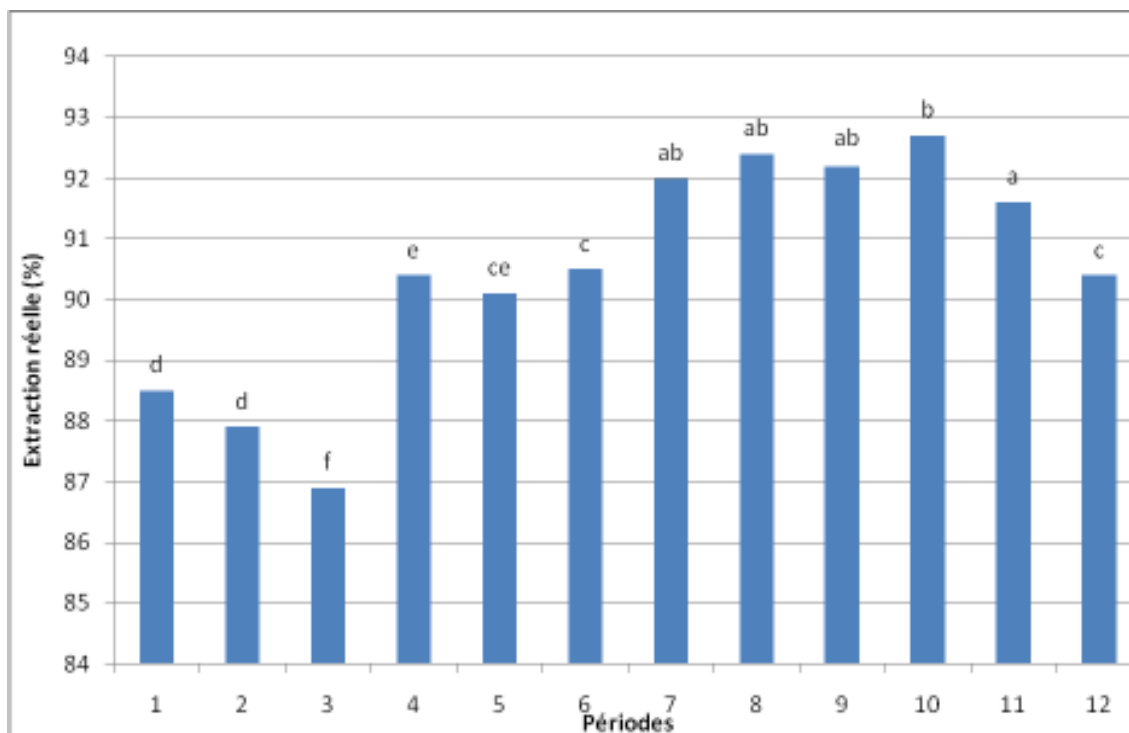


Figure 3 : Evolution de l'extraction réelle de l'usine de Ferké 1 entre 2003 et 2006.

Evolution of the actual extraction of the factory of Ferké 1 between 2003 and 2006.

DISCUSSION

Les périodes correspondant à des teneurs en fibre faibles sont caractérisées par une forte extraction réelle. Celles dont les teneurs en fibre sont élevées ont été caractérisées par une faible extraction réelle. La faible extraction réelle de la période 4 (début de la campagne 2004) malgré une faible teneur en fibre et une forte extraction au 1^{er} moulin, serait due à un faible taux d'imbibition et à un rythme de broyage élevé. L'extraction réelle a cru avec l'extraction au 1^{er} moulin et le taux d'imbibition et a décliné avec la teneur en fibre de la canne et le rythme de broyage. Ce dernier a décliné avec la teneur en fibre de canne. L'extraction au 1^{er} moulin a décliné avec la teneur en fibre de canne.

Selon Hugot (1987), l'extraction réelle normale d'une batterie de moulins doit être comprise entre 94 et 95 %, alors que pour Amrani (2006), les moulins ont pu permettre d'extraire 92 à 96 % du saccharose contenu dans la canne à sucre. L'extraction réelle de l'usine de Ferké 1 a été moyenne.

EFFET DES PARAMETRES DE QUALITE DU PROCESSUS SUR L'EXTRACTION REELLE

A Central Plata, à Porto Rico, la batterie composée de deux coupe-cannes, d'un shredder Searby et de 21 cylindres de 889 x 1675 mm, travaillait 200 TCH à une vitesse de $n = 7$ trs/minute, soit $v = 19,5$ m/mn (Hugot, 1987). La vitesse de broyage de l'usine de Mbandjock de la SOSUCAM au Cameroun a été de 80,77 TCH, 79,54 TCH et 102,25 TCH en 1978, 1988 et 2000 respectivement (Tedga *et al.*, 2001). En Louisiane, une limite pratique exprimée en vitesse périphérique $V_m = 16$ m/min (Hugot, 1987) a été observée. Aux indes, l'extraction d'une batterie a baissé de 0,17 pour un excédent de travail de 10 %. Par exemple, si une batterie est capable de passer 100 TCH avec une extraction de 95 %, elle devrait baisser à 94,83 % si on lui faisait passer 110 TCH (Hugot, 1987).

Le Facteur ϵ de l'usine de Mbandjock de la SOSUCAM au Cameroun a été de 1,8 % en 1968, 2,0 % en 1978, 1,47 % en 1988 et 1,72 % en 2000 (Tedga *et al.*, 2001). En Australie, selon

Hugot (1987), on a trouvé, pour trois sucreries étudiées en macération, que la valeur optimale se situait autour du facteur $\bar{e} = 2,4 \%$.

Selon Hugot (1987), en pression sèche, la limite d'extraction a été vite atteinte. Après le 1^{er} moulin, l'humidité de la bagasse a baissé à une valeur en dessous de 60 %. Après le 2^e moulin, elle a été proche de 50 %. Dès le 3^e moulin, elle s'est fixée autour de 45 %. On peut considérer qu'on a obtenu, par simple pression, un rendement maximum de sucre. Si, à ce moment, on ajoute de l'eau à la bagasse, il en résulte, une dilution du jus. Le moulin suivant ramènera alors la bagasse à l'humidité limite, soit à environ 45 %. Mais, cette humidité sera constituée, non plus par du jus absolu, mais par du jus dilué : on aura donc extrait du sucre. Et l'on peut répéter l'opération.

L'imbibition est un important facteur à étudier du point de vue de l'avantage à tirer des moulins. C'est aussi en général celui que l'on peut le plus facilement maîtriser et faire varier. L'extraction réelle a augmenté en effet très vite quand le facteur d'imbibition a varié de 0 à 1, plus vite entre 1 - 2, mais, plus lentement au-dessus de 2. Il est rare de dépasser $\bar{e} = 3 \%$. Généralement, il n'est pas nécessaire de dépasser $\bar{e} = 4 \%$ Hugot (1987).

Selon Hugot (1987), une batterie à unité à 3 cylindres doit permettre d'atteindre au minimum 60 % d'extraction au 1^{er} moulin. Elle peut atteindre aisément 70 %, voire monter à 75 - 80 %, suivant le ligneux de la canne, si l'extraction est adéquate et si tout est donné à l'alimentation et au réglage du 1^{er} moulin. En Australie, il a été reporté au 1^{er} moulin à 3 cylindres sans défibreux, des extractions de 81 à 82 % et des humidités de première bagasse de 53, voir 50 % pour un ensemble défibreux associé au 1^{er} moulin. En Hawaï, c'est 77 - 80 % du jus absolu et, dans d'excellentes conditions, 80 à 83 %.

Selon le même auteur, l'extraction réelle croît avec l'extraction au 1^{er} moulin. En effet, elle varie d'une batterie à l'autre. Plus on extrait le sucre à sec, en tête de batterie, moins la tâche des moulins suivants est pénible, pour l'extraction humide, meilleure est l'extraction finale de la batterie. Il est donc important de tirer le meilleur avantage possible de la pression sèche et d'extraire le maximum de sucre. Au Queensland,

on a montré un gain de 1 % dans les batteries à 4 et 5 moulins. Comme l'extraction au 1^{er} moulin peut varier de 60 à 80 %, on peut voir l'incidence de cette extraction sur le résultat final, pour un même travail de pression humide subséquente (Hugot, 1987).

EFFET DE LA TENEUR EN FIBRE SUR L'EXTRACTION REELLE

La teneur moyenne en fibre de la canne broyée a été supérieure à 15 % et donc suffisante pour l'équilibre énergétique d'une sucrerie (Tedga *et al.*, 2001). Celle de la canne à sucre broyée à l'usine de Mbandjock de la SOSUCAM au Cameroun a été de 15,8 % en 1968, 15,65 % en 1978, 15,65 % en 1978, 15,97 % en 1988 et 15,25 % en 2000 (Tedga *et al.*, 2001).

Selon Gravois et Milligan (1992), la fibre de la canne est le composant sec et insoluble dans l'eau de la tige. C'est un important paramètre de qualité, grâce à son rapport inverse avec l'extraction du jus et l'efficacité du broyage. Les cultivars de la canne à sucre dans les régions tempérées sont rehaussés par *spontaneum* S. et *L. germplasm* pour fournir de la vigueur et augmenter la tolérance au froid. Malheureusement, ces cultivars se multiplient typiquement par clones avec un faible taux de saccharose récupérable et une teneur en fibre élevé.

En Inde, Thangavelu (2004) a montré que le pourcentage d'extraction du jus a varié avec la variété et l'état de maturité de la canne. L'étude a porté sur le taux d'extraction de 30 clones de canne à sucre (13 cultivars de maturation précoce et 17 de maturation tardive) à des étapes de récolte différentes (8, 9, 10, 11, 12 et 13 mois). Le pourcentage d'extraction du jus par clone a varié entre 49,89 %, dans la variété Co 7204 à 60,96 % dans la variété Co 419.

La teneur en fibre a été le principal facteur ayant affecté l'extraction réelle de la raffinerie de Ferké 1 entre 2003 et 2006. Plus la canne est fibreuse, plus elle résiste à la pression exercée par les cylindres des moulins (d'où le faible taux de broyage) et plus l'extraction réelle est faible. Pour obtenir un taux d'extraction élevé, il y aurait fallu broyer une canne dont la teneur en fibre ait été la moins élevée possible. L'ampleur des dégradations subies par la canne a été proportionnelle au temps (Eggleston 2002). Après la

récolte, les cannes abandonnées dans les champs ont subi une détérioration se caractérisant par l'augmentation du taux de non-sucre, la baisse de la richesse saccharine et de la pureté du jus ainsi que, des pertes en humidité et une augmentation de la teneur en fibre (Parthasarathy, 1972). Hall (1914) et Haldane (1933) ont montré que la détérioration plus ou moins rapide de la canne après récolte a été liée à la variété. Le seul moyen pratique permettant de minimiser la détérioration post-récolte a été la réduction au maximum du délai entre la coupe et le broyage de la canne (Meade et Chen, 1977). En Australie, la plupart des sucreries cherchent à faire en sorte que ce temps ne dépasse pas 15 h, même si cette durée est en moyenne de 9 h (Hildebrand, 2002).

Au Cameroun, à l'usine de Mbandjock (SOSUCAM), de la dextranase a été introduite dans le bac à jus mélangé pour hydrolyser le dextrane formé au cours de la détérioration post-récolte de la canne (Elemva *et al.*, 2001). Imrie et Tilbury (1972) ont relevé que le dextrane et d'autres polysaccharides solubles ont donné des jus de viscosité élevée dans les moulins, conduisant à une clarification et une filtration pauvres qui, à son tour, a réduit l'efficacité économique des étapes du processus de production du sucre. Ces produits inhiberaient également la cristallisation du sucre, entraîneraient la distorsion du cristal de sucre et même couleraient le sucre produit.

L'énergie consommée lors du broyage de la canne a été supérieure à celle utilisée dans le cas de la bagasse. On comprend alors pourquoi l'extraction décroît avec la teneur en fibre puisqu'il faut recourir à des pressions de plus en plus élevées pour extraire le maximum de sucre de cette canne. C'est pourquoi la préparation de la canne par les couteaux, et les coupe-cannes ainsi que l'extraction à sec par le premier moulin et le défibreur facilitent l'extraction du jus de la canne en défibrant les tiges de canne à sucre (Hugot, 1987).

CONCLUSION

Des campagnes 2003 à 2006, à la raffinerie de canne à sucre de Ferké 1, l'extraction réelle, l'extraction au 1^{er} moulin, le tonnage de canne broyée par heure de marche effective de l'usine, le facteur d'imbibition $\bar{\epsilon}$ et la teneur en fibre de la canne étaient en moyenne de 90,6 %,

63,0 %, 145,9 %, 2,7 % et 17,4 % respectivement et ont varié significativement de 2003 à 2006. Le principal facteur qui a affecté l'extraction réelle a été la teneur en fibre de la canne, suivi de la qualité de l'imbibition, de la vitesse de broyage et, enfin, de l'extraction au 1^{er} moulin. L'amélioration de l'extraction de l'usine de Ferké 1 passe donc principalement par la réduction du délai entre la coupe et le broyage de la canne à sucre. Ceci permet de lutter contre la détérioration de la canne, car tous les sous-produits de cette détérioration réduisent l'efficacité des différentes étapes du processus de production du sucre et la qualité du sucre produit. Il convient également de procéder à la formation continue du personnel responsable de la fabrication du sucre, à l'entretien du matériel existant. Il faut aussi acquérir du nouveau matériel et, enfin, mettre en place un programme de sélection variétale qui permettra, à long terme, de disposer d'un matériel végétal à haut rendement, performant en termes de qualités technologiques, et résistant à la détérioration post-récolte.

REFERENCES

- Alfa A. 2005. Extraction et raffinage du sucre de canne. Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture (ACER), Saint-Norbert d'Arthabaska. 44 pp.
- Amrani M. 2006. Détermination de la qualité du pain de sucre à partir des concentrations des sucres réducteurs. *AJST*, 7(1). 1 - 7.
- Baudouin M. 2001. L'industrie sucrière en Afrique Francophone. AFCAS/ GPS- 3^e rencontre en langue française sur la canne à sucre. p 31 - 40.
- Eggleston G. 2002. Deterioration of cane juice - sources and indicators. *Food Chemistry*. 78 (1) : 95 - 103.
- Elemva A., Tedga N., Kapseu C., J. P. Champeaux. 2001. Optimisation de la sucrerie raffinée de Mbandjock au Cameroun. AFCAS/ GPC. Troisième rencontre en Langue Française sur la canne à sucre. P 194 - 201.
- Gravois K. A. et S. B. Milligan. 1992. Genetic relationships between fiber and sugarcane yield components. *Crop science*. 32, 62 - 67.
- Haldane J. H. 1933. Dryage and deterioration of cane varieties in upper India. *Int. Sug. J.* 3 : 140 - 143.

- Hall J. A. 1914. Inversion in cut cane. *Int. Sug. J.*, 16 : 235.
- Hildebrand C. 2002. An independent assessment of the sugar industry. Report to the Hon Truss MP, Minister for Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia.
- Hugot E., 1987. La sucrerie de canne. 3^e édition française. Paris, éd. Dunod. 1018 p.
- Imrie F. K. E. and Tilbury R. H., 1972. Polysaccharides in sugar cane and its products. *Sug. Tech. Rev.*, 1, 291 - 361.
- Meade G. P. et J. Chen. 1977. Meade-Chen cane Sugar Handbook. New York, John Wiley and Sons. 10^e Edition. 845 p.
- Nadia M. Akbar and Mahmond A. Khwaja. 2006. Study on effluents from selected sugar mills in Pakistan: Potential Environmental, Health, and Economic Consequences of an Excessive Pollution Load. Sustainable Development Policy Institute (SDPI). Islamabad, Pakistan. 42 p.
- Parthasarathy S. V. 1972. «Sugarcane in India» published by KCP Limited, India. pp. 594 - 597.
- Péné C. B. et M. Kéhé. 2005. Performances de trois variétés de canne à sucre soumises au rationnement hydrique en prématuration au nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 17 (1) : 7 - 18.
- Tedga N., Kapseu C., Elemva A. et J. P. Champeaux. 2001. Amélioration des paramètres critiques en sucrerie de canne (Mbandjock, Cameroun). AFCAS/ GPS-Troisième Rencontre en Langue Française sur la canne à sucre. p 186 - 193.
- Thangavelu S. 2004. Juice extraction percent in sugarcane clones and its relationship with important yield and juice quality characteristics. *Indian Sugar*. 54 (4) : 269 - 274.