

# EVOLUTION DE LA RICHESSE, DE LA PURETE ET DU COEFFICIENT GLUCOSIQUE DE LA CANNE A SUCRE DE LA COUPE AU BROYAGE AU COMPLEXE SUCRIER DE FERKE 2 DE LA SUCAF-CI

F. K. TOURE

SUCAF-CI Ferké 2, Chef Section Analyses Courantes, Service Laboratoire Usine, Côte d'Ivoire.  
E. mail : ykouadio@sucacfi.somdiaa.com

## RESUME

La détérioration post-récolte de la canne à sucre a été étudiée à travers l'évolution de la richesse, de la pureté du jus et du taux de sucres réducteurs de la canne à sucre, de la coupe au broyage, à SUCAF-CI Ferké 2 de 2007 à 2012. Il s'est agi de couper, transporter et broyer la canne à sucre dans un ensemble de 4 moulins montés en système continu pour en extraire le jus. Du champ à l'usine, la richesse de la canne à sucre a baissé de 14,96 à 13,30 %, sa pureté baissait de 88,15 à 85,88 % quand le taux de sucres réducteurs augmentait de 2,21 à 3,80 %. Le temps entre la coupe et le broyage a été de 2,54 j alors que le taux de non canne dans la canne broyée a été de 3,95 %. Ces deux derniers paramètres ont été corrélés positivement avec le coefficient glucosique, négativement avec la richesse et la pureté de la canne. La lutte contre la détérioration post-récolte de la canne à sucre passe donc par la réduction du délai entre la coupe et le broyage et du taux de non canne dans la canne à sucre broyée.

**Mots clés** : Canne à sucre, délai coupe broyage, non cane, détérioration post- récolte, SUCAF-CI Ferké 2.

## ABSTRACT

*EVOLUTION OF SUGARCANE PURITY, SUCROSE AND REDUCES SUGAR FROM CUTTING TO THE MILLING IN SUGAR  
MANUFACTURER OF FERKÉ 2 OF SUCAF-CI*

*Post-harvest deterioration of sugarcane has been studied by following the evolution of sugarcane sucrose and reduces sugar content, juice purity from the cutting to the milling in SUCAF-CI Ferké 2 sugar factory from 2007 to 2012. It was to cut, cury and mill sugarcane in a group of for mill mounted in a continuous system for juice extraction. From the field to the factory, the sugarcane sucrose content lowered from 14,96 to 13,30 %, juice purity decreased from 88,15 to 85,88 % when the reduces sugar content increase from 2,21 to 3,80 %. The delay between sugarcane cutting and milling was 2,54 days when the sugarcane non cane content was 3,95 %. The last two parameters were correlated positively with reduces sugar content, negatively with the sucrose content and the juice purity. The fight against sugarcane deterioration through the reduction of the delay between sugarcane cutting and milling as well as non cane content in the milling cane.*

**Key words** : Sugarcane, delay between cutting and milling, non cane, post-harvest deterioration, SUCAF-CI Ferké 2.

## INTRODUCTION

La récolte de la canne à sucre est une étape cruciale qui exige une bonne organisation logistique. Elle a lieu quand la canne présente la plus importante teneur en saccharose. Entre la coupe et le broyage de la canne dans les moulins de l'usine, il s'écoule un temps limitée généralement à quelques heures, mais pouvant atteindre 36 h au maximum et qui varie suivant la méthode et les équipements de coupe, la distance de transport et enfin les incidents ou accidents liés au processus des opérations. Ce laps de temps de 36 h est considéré dans la profession comme à ne pas dépasser. La production du sucre de table (sucre granulé roux ou blanc) nécessite un suivi du processus d'extraction, de la récolte jusqu'au stockage du sucre produit. Après la récolte, les cannes abandonnées dans les champs, subissent une détérioration caractérisée par une augmentation du taux de non-sucre, une réduction du pol% (baisse de la richesse) et de la pureté du jus, ainsi que des pertes en humidité et une augmentation de la teneur en fibre (Parthasarathy, 1972). Ces pertes se traduisent également par une élévation du coefficient glucosique, une baisse de la pureté du jus, enfin, elles entraînent une augmentation de la flore microbienne du jus, du sucre bagasse et de la fibre % canne. La fibre, outre de rendre le travail des moulins difficiles, peut occasionner des pertes de jus estimées à 20 % de sa teneur. (Mackay SRI., 1987). Hall (1914) et Haldane (1933) ont montré que la détérioration de la canne était une caractéristique variétale. Cette détérioration est très rapide lorsque les conditions sont favorables (temps chaud et humide). Elle peut causer des pertes de saccharose récupérable allant de 2 à 3 % par jour (SAVANNAH *et al.*, 1988).

La richesse des cannes est mesurée par le service «Recherche et Développement Agricole», à travers l'analyse directe des cannes fraîchement brûlées, et par le laboratoire de la sucrerie qui établit le bilan de saccharose lors de son entrée en usine. Depuis plusieurs années, les écarts entre ces deux façons de déterminer la richesse se sont amplifiés pour atteindre des valeurs préoccupantes à l'usine de Ferké 2 de la SUCAF-CI (Sucrerie d'Afrique de Côte d'Ivoire), tandis qu'à l'usine de la SUCAF-CI

Ferké 1, les écarts ont toujours été importants depuis de nombreuses années (Anonyme 1).

La présente étude a pour objectif de déterminer les causes des écarts entre les deux types de richesses, prioritairement à l'usine de Ferké 2 de la SUCAF-CI où le problème est plus récent, la situation à l'usine de Ferké 1 étant utilisée comme référentiel. Il s'agit, plus spécifiquement, d'organiser et de suivre les essais proposés, de rassembler les données obtenues et de les interpréter.

## MATERIEL ET METHODES

### MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué de variétés commerciales de cannes à sucre (NCO 376, CO 449, R570, Q75, R70367, FR8069, M3145, CO957, CO62175, SP701406 et SP701003) (*Saccharum officinarum* L.) plantées sur 332 parcelles et de produits biologiques prélevés au cours du broyage de la canne dans les moulins de l'usine (canne prélevée avant le 1<sup>er</sup> moulin, jus de première pression, jus mélangé et bagasse). Notons que les superficies des parcelles de canne à sucre sont demeurées constantes de 2007 à 2012.

### MATERIEL TECHNIQUE

Il s'agit de l'équipement utilisé pour la récolte (machettes, moissonneuses) et le transport de la canne à sucre à l'usine (camions, remorques), l'extraction du jus de la canne à sucre (moulins, tables à canne, pont bascule, derricks etc...) et l'analyse chimique de la canne à sucre, du jus extrait de la canne à sucre et de la bagasse (saccharomètre, refractomètre etc...).

### METHODES

#### Milieu d'étude

Cette étude a eu lieu sur le complexe sucrier de Ferké 2 de la SUCAF-CI, en Côte d'Ivoire. Ce complexe est situé dans le département de Katiola au Nord de la Côte d'Ivoire (09 ° 35' latitude nord, 05 ° 12' de longitude ouest et à une altitude de 323 m).

## Récolte et transport de la canne à sucre à l'usine

La coupe de la canne est assurée mécaniquement à l'aide de moissonneuses sans brûler la parcelle de canne, ou manuellement à l'aide de machette après brûlage réalisé la veille en après midi. Les opérations de chargement et de transport des cannes assemblées ont été réalisées mécaniquement, dans un délai de 36 h après la coupe (Fabien *et al.*, 2010).

La canne à sucre a été ensuite broyée à la sucrerie de canne de Ferké 2 pour en extraire le jus. Des échantillons de canne, de jus et de bagasse ont été prélevés, à la fois, au champ et à l'usine pour être analysés au laboratoire, afin d'en déterminer les paramètres de la qualité technologique (pureté, richesse, coefficient glucosique). Le taux de non-cannes dans les chargements de cannes qui sont livrés à l'usine et le nombre de jours pour ramasser entièrement les cannes de chacune des parcelles récoltées ont été déterminés.

## Extraction du jus de la canne dans les moulins de l'usine

Le jus de la canne à sucre a été extrait selon le processus d'Alfa (2005), à l'aide d'un ensemble de 4 moulins montés en système continu. La pulpe de canne arrivée au premier moulin a été soumise à une pression hydraulique de plus de 200 bars. Cette pression sur la pulpe entraîne le giclage du jus vers le bac de réception. Le jus ainsi obtenu est pompé vers le tamis DSM à l'aide d'une pompe. Le DSM a une capacité filtrante de 7 500 l par décimètre de largeur et laisse environ 0,8 à 1,5 g de folle bagasse par litre de jus. Le jus est réparti à la partie supérieure par un déversoir et coule le long des barres. La fine bagasse contenue dans le jus (1 à 10 g par kg de jus) est retenue par le tamis tandis que le jus filtré qui en sort est acheminé vers le bac à dessabler. Puis par gravité, il arrive au bac jus mélangé (JM). La mégasse sortant du 1<sup>er</sup> moulin est acheminée au 2<sup>e</sup> puis au 3<sup>e</sup> moulin. Celle sortant du 3<sup>e</sup> moulin est imbibée d'eau brute prise à la température ambiante pour être acheminée au 4<sup>e</sup> moulin. Le jus qui en sort est acheminé au bac de macération n°1 grâce à une deuxième pompe. Le jus du bac de macération n°1 a été utilisé pour imbiber la mégasse sortant du 2<sup>e</sup> moulin. Le jus obtenu à

ce niveau a été acheminé au bac de macération n°2 grâce à la première pompe. Ensuite le jus du bac de macération n°2 est utilisé pour mélanger la mégasse sortant du 1<sup>er</sup> moulin. Enfin le jus sortant du 2<sup>e</sup> moulin va directement au bac renfermant le jus mélangé grâce à la première pompe. Le premier traitement chimique a lieu au niveau du bac jus mélangé avec l'ajout du formol NALCO (R) 77450, un biocide permettant de lutter contre l'infection microbienne. Enfin, le jus du bac jus mélangé ou bac jus non tamisé est acheminé au filtre DSM grâce à la pompe 212-2 pour être filtré.

## ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES

### Echantillonnage

Différents échantillons ont été collectés sur les cannes au champ et lors des étapes de l'usinage, à savoir, avant le premier moulin, sur le jus de première pression, le jus mélangé et sur la bagasse.

### Echantillonnage de la canne sur pied après le brûlage (Anonymes 2 et 3)

Cette activité consiste à prélever sur les parcelles brûlées un échantillon représentatif de canne selon une méthodologie prédéfinie. C'est à partir de cet échantillon que vont être déterminées les qualités technologiques de la canne (Brix %, Pol % jus, Pol % canne, Fibre %, la pureté).

La parcelle est divisée en trois (3) bandes. Cent vingt cannes sont prélevées au total selon le protocole suivant : l'échantillonneur effectue deux entrées dans chaque bande. Il prélève à 2 endroits différents :

- 20 (10 x 2) cannes dans le cas d'une parcelle à 1 seul côté ;

- 10 (5 x 2) cannes dans le cas d'une parcelle à 2 côtés.

Le premier prélèvement s'effectue à 50 m de la bordure et le second à 100 m du premier point. Ainsi, par bande, l'échantillonneur prélève soit 40 cannes (parcelle à 1 seul côté), soit 20 cannes (parcelle à 2 côtés). Ces cannes, bien étêtées sont placées en dehors de la parcelle. Ensuite, l'échantillonneur, après avoir mélangé les tiges, forme des paquets étiquetés de 30 cannes soit 4 x 30 par parcelle qu'il envoie au laboratoire pour analyse.

### Réception des cannes prélevées au champ et constitution de l'échantillon à analyser

Les 30 cannes à analyser sont réparties au hasard en 3 lots de 10 cannes qui sont découpées sur un trépied en bois au tiers (1/3) de la longueur de sorte à obtenir: 10 tiers inférieurs (1<sup>er</sup> lot), 10 tiers médians (2<sup>e</sup> lot), 10 tiers supérieurs (3<sup>e</sup> lot). On obtient au total 30 tiers de cannes appartenant chacun à une tige différente et représentant l'équivalent de 10 cannes entières ; Ainsi, pour une parcelle donnée, il y a 4 échantillons de 10 cannes reconstituées à analyser.

### Echantillonnage de la canne avant le 1<sup>er</sup> moulin

Un échantillon de canne sous forme de pulpe a été prélevé toutes les 2 h sur le transporteur final, avant son entrée au premier moulin de l'usine, soit un total de 12 échantillons par jour de broyage.

### Echantillonnage du jus de 1<sup>ère</sup> pression et du jus mélangé

Le jus de première pression (JPP) a été prélevé toutes les 2 h du côté entrée tout le long du cylindre inférieur du premier moulin sans mélange avec le jus sortant de ce moulin. Le jus mélangé (JM) est prélevé toutes les heures à la sortie du dessableur. Au total, on prélève 12 échantillons de JPP et 24 échantillons de JM par jour de broyage.

### Echantillonnage de la bagasse

L'échantillon de bagasse est pris toutes les deux heures dès la sortie du dernier moulin sur toute la longueur du cylindre et sur toute la profondeur de la couche, soit 12 échantillons par jour de broyage.

### ANALYSES

#### Anlyse de la canne au champ et de la canne avant le 1<sup>er</sup> moulin par la méthode à la presse

La canne à sucre prélevée au champ ainsi que la canne avant le premier moulin ont été réduites en pulpe par un broyeur électrique (« Jeffco » food and fodder cutter grinder, model 265B taille 10, série L1710). C'est un broyeur à couteau muni

d'un pot de réception permettant de recueillir la pulpe. A la fin du broyage, la pulpe est homogénéisée puis l'on en prélève une quantité suffisante pour l'analyse par la méthode de la presse. La pulpe a été soumise à une presse hydraulique à l'aide d'une presse de marque pinette Emidecau Ind. 125. A partir de l'extrait recueilli, le Brix a été mesuré à l'aide d'un réfractomètre (Schmidt+Haensch, model DURSW, série 29129) à 20 °C. Une partie du jus de canne a été clarifiée selon la méthode de Horne par ajout d'hydroxide acétate de plomb (II) ou sel de Horne), à 2,5 g pour 250 ml de jus non dilué (méthode ICUMSA GS5/7-1, 1994 citée par Hoareau *et al.*, 2008). Après filtration du jus sur papier Whatman 91, le Pol est lu à l'aide d'un polarimètre (saccharomat Z, série 29305). La table de Schmidt relative au saccharimètre permet de déterminer le Pol du jus à partir du Brix et du Pol lu. La pureté du jus correspond au taux de Pol dans le Brix. La richesse saccharine est déterminée en multipliant le Pol du jus par un facteur n lu sur une seconde table pour un poids de gâteau de 500 g de pulpe de canne (Hoarau, 1970). Le taux de sucres réducteurs (coefficient glucosique) a été déterminé par la méthode à la liqueur de Fehling (ICUMSA, 1994).

#### Détermination du brix, du pol et du coefficient glucosique des échantillons de JPP et de JM

On détermine le brix et le pol de chaque échantillon de JPP et de JM comme on l'a fait pour le jus extrait de la canne après le broyage dans le « Jeffco ». Le coefficient glucosique (CG) a été déterminé par la méthode à la liqueur de Fehling (ICUMSA, 1994).

#### Analyse de la bagasse

L'analyse de la bagasse a porté sur la détermination de sa teneur en eau (humidité) par séchage à l'étuve et de son Pol% par désintégration en voie humide dans un désintégrateur de marque JEFFCO Wet Désintégrateur WD02 (ICUMSA, 1994).

#### Détermination de la richesse agronomique journalière (Anonyme 3)

Pour chaque parcelle récoltée et livrée à l'usine, on calcul :

Richesse parcelle (Pol % canne) = Facteur n x Pol % jus

Tonne Richesse = Tonne Canne Pesée (TCP) x Richesse

La richesse journalière au laboratoire agronomique est obtenue par la formule suivante :

Richesse au labo agro = 100 x Somme Tonnes Richesse / Somme TCP

### Détermination de la durée de récolte et de broyage d'une parcelle (Anonyme 3)

Pour chaque parcelle récoltée, le nombre de jours qui sépare l'entrée du premier chargement du dernier chargement de canne à sucre provenant de cette parcelle a été calculée de la manière suivante :

Délai entre la coupe et le broyage (campagne) =  $\sum$  délais entre la coupe et le broyage de chaque parcelle / Nombre de parcelles récoltées au cours de la campagne

### Détermination du taux de non cannes dans la canne livrée à l'usine (Anonyme 3)

Cette détermination a été faite sur des échantillons de canne après la coupe manuelle ou mécanique. La méthode d'échantillonnage est la même que pour la canne sur pied après le brûlage. Ici, les prélèvements ont été faits sur les andains de cannes. Ils ont été effectués au dessus et au milieu de chaque andain, une fois par jour puis on a transporté la canne jusqu'à l'usine. Cette canne a été épaillée et étêtée puis on a séparé les tiges de cannes (cannes propres) du non canne végétale (bouts blancs et feuilles) et du sable, on a ensuite pesé ces 2 derniers éléments. Les taux de non canne végétale et de sable ont été déterminés selon les formules suivantes :

Taux de déchets (non canne) = taux de non canne végétale + taux de sable

Taux de non canne végétale = (Poids de feuille + bouts blancs) \* 100 / Poids de cannes entières

Taux de sable = (Poids de sable) \* 100 / Poids de cannes entières

Poids de cannes entières = poids obtenu au pont bascule

Taux de canne propre = 100 - Taux de non canne

### Détermination de la richesse journalière de l'usine

La «richesse usine» représente le poids de saccharose à l'usine se trouvant dans la bagasse et le jus mélangé rapporté au poids de canne broyée.

Richesse usine = 100 x [(Tonnes Bagasse x Pol% Bagasse) + (Tonnes JM x Pol% JM)] / TCB Avec :

Tonnes Cannes Broyées (TCB) = TCP + Stock de canne de la veille - Stock de canne du jour - 1 % TCP

Tonnes Cannes Pesées = TCP

Tonnes bagasse = TCB + Tonnes eau d'imbibition - Tonnes JM

1 % TCP = taux de non canne dans la canne pesée et livrée à l'usine pour être broyée

NB : Le Pol% de la bagasse et du JM correspondent aux moyennes journalières du Pol % des échantillons analysés.

### Analyse statistique

A la fin de chaque journée de broyage qui dure 24 h, on calcule la moyenne journalière de chacun des paramètres mesurés. Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance à l'aide du logiciel Statistica 6.0 sous Windows XP. Les groupes homogènes ont été constitués selon le test LSD de la Plus Petite différence significative au seuil de signification 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 (R<sup>2</sup>) a permis de quantifier la part de variance d'un paramètre en fonction de l'autre.

## RESULTATS

### EVOLUTION DE LA PURETE DU JUS DE LA CANNE A SUCRE DU CHAMP A L'USINE

De la campagne 2007 à la campagne 2012, la pureté de la canne à sucre a baissé significativement du champ à l'usine. Elle est passée de 88,15 % au champ à 83,22 % avant le premier moulin, à 85,88 % dans le JPP et à 84,08 % dans le JM (Tableau 1). Cela représente un écart négatif de pureté de 2,27 points entre le jus de la canne au champ et le JPP. A l'usine de Mbandjock au Cameroun, la pureté du JM a été de 83,52 % (1968), 84,39 % (1978), 84,68 % (1988) et 87,95 % (2000) (Tedga *et al.*, 2001).

### EVOLUTION DU COEFFICIENT GLUCOSIQUE DE LA CANNE A SUCRE DU CHAMP A L'USINE

De la campagne 2007 à la campagne 2012, le taux de sucres réducteurs a cru significativement du champ à l'usine. Il était de 2,12 % dans la canne au champ, 3,04 % dans la canne prélevée avant le 1<sup>er</sup> moulin et 3,80 % dans le jus de première pression et 4,54 % dans le JM), soit un écart de coefficient glucosique de 1,59 point entre le jus de la canne au champ et le jus de première pression (Tableau 2).

### EVOLUTION DE LA RICHESSE DE LA CANNE A SUCRE DU CHAMP A L'USINE

De la campagne 2007 à la campagne 2012, la richesse de la canne à sucre a baissé significativement du champ à l'usine. Elle était de 14,96 % dans la canne au champ, 13,75 % dans la canne prélevée avant le 1<sup>er</sup> moulin et 13,30 % à l'usine (Tableau 3). Soit un écart de richesse de 1,66 point entre la canne au champ et celle broyée à l'usine de Ferké 2. Selon Alfa (2005), la canne à sucre au champ peut contenir jusqu'à 16 % de saccharose dans ses tiges. La richesse usine à l'usine de Mbandjock de la SOSUCAM au Cameroun a varié entre 10,32 % et 12,48 % entre 1965 et 2000 (Tedga *et al.*, 2001).

Le processus de fabrication industriel du saccharose cristallisé consiste essentiellement à séparer le saccharose pur des différentes matières qui composent le jus de canne (Fabien *et al.*, 2010a). Nadia et Mahmond (2006) ont affirmé que le rendement d'une raffinerie de

canne dépend à la fois de la qualité technologique de la canne et de la qualité du processus technologique. A leur suite, Fabien *et al.* (2010) ont ainsi montré le rendement de l'usine de la SUCAF-CI Ferké 1 état corrélé positivement avec la richesse de la canne à sucre ( $R^2 = 67,60\%$ ), le taux d'épuisement de la masse cuite C ( $R^2 = 19,60\%$ ), le taux d'extraction du saccharose aux moulins ( $R^2 = 16,90\%$ ), le gain de pureté du jus au cours de l'épuration ( $R^2 = 0,25\%$ ) et négativement avec la chute de pureté du jus au cours de l'évaporation ( $R^2 = 19,60\%$ ).

### EVOLUTION DU DELAI ENTRE LA COUPE ET LE BROYAGE DE 2007 À 2012

Le délai entre la coupe et le broyage a été 1,97 jour en 2007, 3,90 jours en 2008, 2,79 jours en 2009, 1,94 jour en 2010, 2,57 jours en 2011 et 2,15 jours en 2012 (Tableau 4).

Les rendements de la coupe mécanique devraient permettre des livraisons rapides à l'usine. Avec une organisation et une logistique adéquates, des cannes coupées le matin peuvent être livrées l'après-midi et des cannes coupées l'après-midi peuvent être livrées le lendemain matin. A la Réunion, en cannes entières, il est courant de voir des plantes coupées mécaniquement restées au sol pendant deux jours, faute de transport disponible en temps et en heure. Et ce n'est rien comparé à la coupe manuelle où le délai de séjour peut dépasser 10 j. Certains planteurs, en quête de trésorerie, commencent à couper trois semaines avant la campagne pour pouvoir livrer un tonnage important dès l'ouverture. Le défaut de coordination entre coupe et transport est la principale source du problème. Par exemple, par crainte de manquer de canne, on trouve des transporteurs qui annoncent des jours d'enlèvement des cannes qu'ils ne peuvent pas tenir, et les cannes restent au sol. Beaucoup de planteurs coupent trop tôt, habitude difficile à changer. Il faut continuer à prévenir les planteurs des conséquences en termes de revenu qu'entraînent ces pratiques et le manque de coordination entre coupe et transport (Caro canne, 2010).

En Australie, la plupart des sucreries cherchent à ce que le temps qui s'écoule entre la récolte et le broyage à l'usine ne dépasse pas 15 h ; pourtant la durée moyenne est approximativement de 9 h. Exploiter le gain d'efficacité à travers une meilleure intégration des secteurs

de la récolte et du transport a été considéré comme de la plus haute priorité dans ce pays. Un modèle de système de récolte et de transport a été créé qui a permis d'accroître le gain financier dans les secteurs agricoles et du broyage de l'industrie sucrière australienne. Cette étude a

permet à la région de passer de la récolte au cours des heures de la journée à une récolte qui dure 18 h en moyenne. C'est pourquoi la rapidité de la livraison est essentielle pour préserver au maximum la richesse de la canne à sucre (Hildebrand, 2002).

**Tableau 1** : Evolution de la pureté de la canne du champ à l'usine de Ferké 2 de 2007 à 2012.

*Evolution sugarcane purity from the field to the factory at Ferké 2 from 2007 to 2012.*

Campagnes	Durée de la campagne (j)	Pureté Agro	Pureté Canne avant 1 <sup>er</sup> moulin	Pureté JPP	Pureté JM	Ecart pureté JM - Agro
2007	150	89,33c	84,57c	87,16	85,77d	-2,17c
2008	135	89,12c	83,94bc	86,98	85,15cd	-2,14bc
2009	150	88,68b	83,76bc	86,61	84,88c	-2,07b
2010	135	87,74ab	83,33b	85,86	84,05bc	-1,87a
2011	195	87,04a	81,08a	83,97	81,78a	-3,07d
2012	165	87,49a	83,39b	85,44	83,67b	-2,05b
Moyennes	930	88,15 ± 1,39*	83,22 ± 1,93*	85,88 ± 1,79*	84,08 ± 2,01*	-2,27 ± 1,36*

\* : différence significative ; Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de la plus petite différence significative.

**Tableau 2** : Evolution du taux de sucres réducteurs dans la canne du champ à l'usine de Ferké 2 de 2007 à 2012.

*Evolution sugarcane rate of reduce sugar from the field to the factory at Ferké 2 from 2007 to 2012.*

Campagnes	Durée de la campagne (j)	CG Agro	CG canne avant 1 <sup>er</sup> moulin	CG JPP	CG JM	Ecart CG JM - Agro
2007	150	2,32bc	3,24b	2,79a	3,50a	0,46a
2008	135	2,15b	2,91a	3,36b	4,22b	1,21b
2009	150	1,94a	2,96a	3,64b	4,31b	1,70bc
2010	135	2,45c	3,18b	3,91c	4,55bc	1,46b
2011	195	2,17b	3,09ab	4,61d	5,52d	2,44d
2012	165	2,23bc	2,86a	4,18cd	4,79bc	1,95c
Moyennes	930	2,21 ± 0,46*	3,04 ± 0,40*	3,80 ± 0,75*	4,54 ± 0,86*	1,59 ± 0,82*

\* : différence significative ; Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de la plus petite différence significative.

**Tableau 3** : Evolution de la richesse de la canne à sucre du champ à l'usine de Ferké 2 de la campagne 2007 à la campagne 2012.*Evolution sugarcane sucrose content from the field to the factory at Ferké 2 from 2007 to 2012.*

Campagnes	Durée de la campagne (jours)	Richesse Agro	Richesse Canne avant 1 <sup>er</sup> moulin	Richesse usine	Ecart richesse usine - Agro
2007	150	14,92a	13,78b	13,83c	-1,09a
2008	135	15,05b	13,64ab	13,30b	-1,75b
2009	150	14,82a	13,56ab	13,47bc	-1,35ab
2010	135	15,19b	14,50c	13,59bc	-1,61b
2011	195	14,74a	13,20a	12,49a	-2,24c
2012	165	15,09b	14,04bc	13,37	-1,72b
Moyennes	930	14,96 ± 0,46*	13,75 ± 0,79*	13,30 ± 0,83*	-1,66 ± 0,60*

\* : différence significative ; Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de la plus petite différence significative.

**Tableau 4** : Délai entre la coupe et le broyage de la canne et du taux de non canne dans la canne livrée à l'usine de Ferké 2 de 2007 à 2012.*Time between sugarcane cutting and milling and rate of non cane in Ferké 2 from 2007 to 2013.*

Campagnes	Délai coupe Broyage	Non cannes (%)
2007	1,97a	3,77a
2008	3,90c	4,62c
2009	2,79b	-
2010	1,94a	-
2011	2,57b	4,14b
2012	2,15ab	3,55a
Moyennes	2,54 ± 0,81*	3,95 ± 1,32*

\* : différence significative ; NS : différence non significative ; Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de la plus petite différence significative  
(-) : non déterminé par manque de personnel

#### EVOLUTION DU TAUX DE NON CANNES DE 2007 A 2012

Le taux de non canne a été de 3,95 ± 1,32 % en moyenne. Il a été de 3,77 % en 2007, 4,62 % en 2008, 4,14 % en 2011 et 3,55 % en 2012 (Tableau 4).

Durant la campagne 2008, 4 des 27 parcelles analysées pour la détermination du taux de non canne ont été coupées mécaniquement. Ces cannes avaient un taux de non canne végétale de 6,12 % et un taux de sable de 0,27 % ce qui donne un taux de non canne moyen de 6,40 %. Les cannes provenant des parcelles récoltées manuellement avaient un taux de non canne végétale de 2,09 % et un taux de sable de 0,15 % ce qui donne un taux de non canne moyen de 2,24 % (Tableau 5).

De 2007 à 2012, l'écart entre les puretés et les richesses plantation et usine a été corrélé positivement avec le délai entre la coupe et le broyage ainsi qu'avec le taux de non canne (Tableau 6). Par contre, l'écart entre les CG plantation et usine a été corrélé négativement avec le délai entre la coupe et le broyage ainsi qu'avec le taux de non canne (Tableau 6). Autrement dit, l'écart entre les puretés et les richesses plantation et usine croît avec le délai entre la coupe et le broyage ainsi qu'avec le taux de non canne alors que l'écart entre les CG décroît avec ces deux paramètres.

Durant la campagne 2005/06, à l'usine de Ferké 1, la richesse de la canne à sucre était en moyenne de 14,74 % au champ, 12,97 % juste avant de rentrer au 1<sup>er</sup> moulin (après la préparation mécanique) et de 12,98 % à l'usine

(dans la bagasse et dans le jus mélangé). Du champ à l'usine, la richesse de la canne à sucre a baissé 1,76 point. Cet écart a varié entre 1,23 et 2,43 points (Anonyme 4). Le délai entre la coupe et le broyage était de  $3,02 \pm 0,43$  j quand le taux de non canne était de  $2,31 \pm 0,60$  % (Anonyme 4). Durant cette campagne 2006, l'écart entre les richesses plantation et usine était corrélé positivement avec le délai entre la coupe et le broyage ainsi qu'avec le taux de non canne ( $R^2 = 12,96$  % et  $32,49$  % respectivement) (Anonyme 4).

A L'île de la Réunion, en 2009, une baisse de richesse a été constatée sur les cannes coupées mécaniquement ce qui a conduit à commander une première étude sur l'impact de la coupe mécanique sur la qualité de la canne. Deux coupeuses sur mini-pelle, une dans l'Est, l'autre

dans le Sud, ont fait l'objet d'un suivi. L'étude a comparé les valeurs en fibre, pureté et richesse des cannes coupées à la main et des cannes coupées à la machine, quantifié les taux de non-canne (chou, paille, souche terre) pour chacun des deux modes de coupe (Caro canne, 2010). Un nombre identique de prélèvements a été effectué en coupe manuelle et en coupe mécanique, les mêmes jours et dans les mêmes champs. Il en ressort que la coupe mécanique, telle qu'elle était pratiquée, a entraîné une baisse moyenne de richesse de 1,3 point, une augmentation du taux de fibre de 1,7 point et une diminution de la pureté de 1,5 point. Le dépiautage des tiges de canne a révélé la présence de 24 % de non-canne (en poids) en coupe mécanique contre 9,5 % en coupe manuelle, soit une différence d'environ 15 % (Caro canne, 2010).

**Tableau 5 :** Taux de non canne dans la canne coupée à Ferké 2 durant la campagne 2008  
*Sugarcane non cane content in cane cut in Ferké 2 during the 2008 season.*

Type de coupe	Nombre de parcelles	Paille (%)	Sable (%)	Non cannes (%)
Manuelle	23	2,09a	0,15a	2,24a
Mécanique	4	6,12b	0,27a	6,40b
Moyenne	27	2,99± 2,27*	1,64± 1,59*	4,60± 2,12*

\* : différence significative ; NS : différence non significative ; Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test LSD de la plus petite différence significative

**Tableau 6 :** Corrélation entre les écarts de richesse, de coefficient glucosique, de pureté, et le taux de non cannes ainsi qu'avec le délai qui sépare la coupe du broyage de la canne à Ferké 2 de 2007 à 2012.

*Correlation between gaps of purity, sucrose and reduces sugar content and the delay between sugarcane cutting and milling and non cane content in Ferké 2 from 2007 to 2012.*

	Délai coupe broyage	Non cannes (%)
Ecart richesse	16 %	12 %
Ecart pureté	2 %	0,00 %
Ecart CG	0,00 %	4 %

## DISCUSSION

De la coupe au broyage, la canne à sucre a subit une détérioration post-récolte qui s'est caractérisé par une baisse de sa richesse et de sa pureté et une augmentation de son taux de sucres réducteurs. L'ampleur de cette détérioration a été fonction du délai entre la coupe et le broyage de la canne à sucre. Dès que la canne est coupée, elle se dégrade et commence à perdre son saccharose. C'est pourquoi la rapidité de la livraison est essentielle pour préserver au maximum la richesse et éviter au planteur de réduire inutilement son revenu. La prise de conscience de l'importance de ce problème est primordiale. Chaque jour séparant la coupe de la livraison fait perdre de l'argent au planteur. En 2008, une étude d'eRcane à l'île de la Réunion a évalué cette perte à 1 € par tonne et par jour ! Cette étude prenait en compte tous les facteurs de dégradation du revenu entraînée par des cannes laissées au sol : perte de poids, perte de saccharose, perte de pureté, ainsi que la diminution des aides diverses liées au tonnage (Caro canne, 2010).

Pour bien comprendre les risques que court une canne après avoir été coupée, il faut rappeler qu'après qu'elle ait été débarrassée de ses feuilles, la fonction chlorophyllienne s'arrête immédiatement. Par contre, les tissus vont continuer à respirer au détriment des réserves en saccharose qu'ils contiennent. En même temps que se produiront ces phénomènes, les tissus vont être envahis par nombre de microorganismes divers et variés qui se trouvent naturellement sur l'écorce des cannes, les outils de coupe et le sol. L'ampleur des dégradations exercées par ceux-ci et les phénomènes respiratoires sont proportionnels au temps pendant lequel ils se produisent. De tout temps, les usiniers avertis de ce fait ont essayé de réduire les durées de ramassage et de transport. C'est la raison pour laquelle les exploitants fixent à 36 heures maximum pour les cannes entières, mais de 5 à 6 heures seulement pour les cannes tronçonnées en morceaux de 30 cm, les délais d'exécution de ces deux opérations. Pour la canne coupée « en paille », le délai peut s'étendre à 48 heures au maximum. Mais les effets des microorganismes et du temps sont variables suivant les méthodes utilisées pour la récolte. Il faut signaler que les conditions atmosphériques peuvent accélérer la détérioration des cannes. Parmi celles-ci, la température a une importance primordiale

puisque l'activité des microorganismes sera d'autant plus forte que la température sera élevée. En temps chaud et humide, la détérioration de la canne se produit plus vite.

Outre la perte de poids, les cannes laissées au sol se dégradent pour des causes biologiques. Dès la coupe, les invertases agissent. Au sol, le contact de la terre et de la paille favorise la contamination par les bactéries. Ces bactéries pénètrent par la base coupée de la tige et par les blessures qui peuvent être occasionnées par les manipulations de la plante. Une étude a montré que les bactéries progressent de 6 cm par heure dans la tige de canne ! En conséquence, moins les cannes restent au sol, moins elles sont exposées aux bactéries, moins elles se dégradent et perdent en richesse (Caro canne, 2010).

Les opérations de récolte doivent non seulement permettre de livrer à l'usine toute la matière végétale produite, et rien que cela, à l'exclusion des matières étrangères ne contenant pas de sucre et risquant d'introduire à l'usine des produits gênant la fabrication. Les matières étrangères ont 2 origines : végétales (feuilles, souches, bouts blancs) et minérale (terre, cailloux et graviers). Plus de non-cannes augmentera mécaniquement les pertes bagasse ainsi que les pertes par dégradation microbienne. Cette augmentation de non-cannes renchérit par ailleurs les coûts de transport et de traitement (Caro canne, 2010). Les matières étrangères grèvent le prix de transport, car à l'arrivée, elles sont évaluées (prise de tard) par l'usinier. Un excès de ces matières nécessite l'installation de dispositifs de nettoyage (laveries) et accroît les coûts d'entretien du matériel de l'usine. Par exemple, suivant sa nature plus ou moins siliceuse, la terre présente dans les livraisons entraîne des usures accélérées des moulins, des ventilateurs et des tubes de chaudières. Les feuilles, les bouts blancs, ainsi que les racines et les souches, lorsqu'ils sont mêlés à la récolte, agissent sur le sol comme un balai et les quantités de terres et de poussières qu'ils entraînent sont fonction de la méthode de chargement utilisée. Les matières étrangères d'origine végétale ont une composition très différente de la tige de canne propre. Elles augmentent la teneur globale des livraisons en fibre qui agit comme une éponge qui entrainerait du sucre et l'éliminerait dans la bagasse. En outre, ces matières étrangères d'origine végétale contiennent de nombreuses impuretés qui occasionnent des pertes de fabrication. Ces

impuretés sont soit organique (sucres réducteurs, amidon, dextrane), soit minérales (cendres). Il est à remarquer que les déchets verts contiennent en moyenne plus de deux fois de matières solides que les déchets secs. On observe que: les sucres réducteurs favorisent la production de mélasse, donc les pertes en saccharose ; l'amidon rend difficile les opérations de filtration; le dextrane pose des problèmes à la clarification, entraîne la formation de cristaux de sucre allongés qui gênent le travail des centrifugeuses; les cendres accroissent la production de mélasse, augmentent la viscosité des masses cuites et ralentissent le processus de cristallisation, agissent sur la solubilité du saccharose qui vient enrichir les mélasses.

Pour réduire le délai entre la coupe et le broyage de la canne à sucre, l'une des solutions développées à travers le monde est la mécanisation de la récolte par l'utilisation de coupeuses (moissonneuses). Couper plus vite ne signifie pas livrer plus. La productivité de la coupe mécanique ne l'affranchit pas des principes d'organisation des livraisons. Rappelons qu'à l'origine des quotas hebdomadaires de livraison se trouve la capacité de traitement journalière de chaque usine. Cette limite butoir conditionne le reste. Il en découle les tonnages maximum que sont en mesure de réceptionner quotidiennement les usines.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude nous a permis de montrer qu'après la coupe et jusqu'au cours du broyage dans les moulins de l'usine de Ferké 2, la canne à sucre subit une détérioration post-récolte qui se traduit par une baisse de la richesse et de la pureté ainsi qu'une augmentation du taux de sucres réducteurs. En effet, de la campagne sucrière 2007 à celle de 2012, la richesse de la canne à sucre a varié de 14,96 % au champ à 13,30 % à l'usine quand sa pureté baissait de 88,15 % au champ à 84,08 % dans le jus mélangé ; le taux de sucres réducteurs a lieu augmenté passant de 2,21 % au champ à 4,54 % dans le jus mélangé de l'usine. Cette détérioration post-récolte serait due à l'hydrolyse du saccharose contenu dans la canne à sucre en sucres réducteurs et cela au cours du séjour de la canne

à sucre et au champ après la coupe et de son transport jusqu'aux moulins pour le broyage. Les matières étrangères présentent dans les chargements de canne à sucre livrée à l'usine ainsi que les produits issus de l'hydrolyse du saccharose sont aussi à la base de la baisse de la richesse de la canne à sucre car elles diminuent l'efficacité des différentes étapes du processus de production du sucre granulé à l'usine. De 2007 à 2012, le délai entre la coupe et le broyage de la canne à sucre était de 2,54 jours quand les matières étrangères ont représenté 3,95 % de la canne à sucre livrée à l'usine de Ferké 2.

L'amélioration du rendement de l'usine de Ferké 2 ainsi que de la qualité du sucre qu'elle produit nécessitent la lutte contre la détérioration post-récolte de la canne à sucre. Pour cela, la SUCAF-CI doit mettre en place une politique de sélection et d'amélioration variétale qui lui permettra de disposer de variétés de canne à sucre à haut rendement, à forte teneur en saccharose, résistantes à la détérioration post-récolte et adaptées aux conditions environnementales et climatiques du complexe de Ferké 2. Des études complémentaires devront être menées et devront porter sur un grand nombre de prélèvements et devront chercher à mieux cerner l'impact des coupeuses sur la richesse, la fibre et la pureté de la canne. Elle devra être complétée d'une étude pour préciser les pertes en saccharose et les surcoûts de traitement de ces cannes coupées mécaniquement. Il faudra également étudier l'évolution de la teneur en fibre de la canne à sucre du champ à l'usine. La SUCAF-CI devra, en accord avec toutes les sucreries dans le monde, revoir la formule de détermination de la richesse usine qui estime le taux de non cane à 1 % alors que comme nous l'avons vu dans cette étude, ce taux est proche de 4 % dans la canne coupée manuellement et de 6 % dans celle coupée mécaniquement. Enfin, il faut afficher les informations relatives à la qualité de la récolte (non cane %), du transport (délai coupe broyage) et à la détérioration post-récolte de la cane (écarts de richesse, de pureté et de taux de sucres réducteurs), sur les différents rapports journaliers de l'agronomie et de l'usine afin qu'ils aident les responsables de ces départements à optimiser leur productivité.

## REFERENCES

- Anonyme 1. 1999. Richesse agronomique et richesse industrielle. Mission d'expertise en Côte d'Ivoire du 12 au 18 février 1999, SUCAF-CI Ferké 1 et 2. CERF. 45 p.
- Anonyme 2. 2010. Le guide de l'échantillonneur. Protocoles et dispositifs d'échantillonnage et d'observation en expérimentation de canne à sucre. DRD/ DEA Ferké 2. 27 p.
- Anonyme 3. 2007. Proposition d'un protocole d'étude. SUCAF-CI. Direction Générale Adjointe chargée des sites de Ferké 1 et 2. DTI/ DTA/DRD. 21 p.
- Anonyme 4. 2006. Rapport de fin campagne 2005/06 à Ferké 1. SUCAF-CI Ferké 1. DTI. DU. Laboratoire Usine. Section Recherche. 15 p.
- Caro canne. 2010. Coupe mécanique 2010, campagne test. Le magazine des professionnels de la canne. N° 21. 24 p
- Chen C.P., 2000. Manual del azúcar de caña. Edicion Limusa, Mexico, 32-37,41- 43, 163 - 190.
- F. K. Touré, Bohoussou, E. Koffi et G. N. Agbo (2010a). Facteurs liés au rendement dans la raffinerie de canne du périmètre sucrier de Ferké 1 en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 22 (1) : 85 - 95.
- Haldane, 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.
- Hoareau S., Hoareau W., Petit A. et L. Corcodel. 2008. Etat des lieux de la polarisation proche infrarouge sur les différents produits de l'industrie sucrière réunionnaise. In : 4ème Rencontre Internationale de l'AFCAS. Guadeloupe. pp. 1 - 15.
- Hugot E., 1987. La sucrerie de canne; PARIS, éd. DUNOD. 1018 p.
- ICUMSA 1994. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Methods Book. ICUMSA, Publications Department, Colney, Norwich (England).
- Parthasarathy S.V., 1972 «Sugarcane in India» published by KCP Limited, India pp. 594 - 597.
- Pene C. B. et Kehe M, 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.
- Savannah and Georgia. 1988. Sugar industry technologists ; NEW YORK, éd. S.I.T. 298 p.
- Hildebrand C., 2002. An independent assessment of the sugar industry. Report to the Hon Truss MP, Minister for Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia.