

L'évaporateur à descendage en sucrerie de canne

Julie Coustel, Gérard Journet, Fives Cail

Résumé

En 2000, Fives Cail a transféré la technologie de l'évaporation à descendage betterave à la sucrerie de canne. Les premières années d'exploitation nous ont conduits à modifier très sensiblement la conception initiale des caisses. Nous avons installé en 2007 deux caisses de notre nouvelle conception. Nous avons réalisé une campagne de mesures de façon à mieux connaître les performances des caisses et évaluer les résultats d'échange thermique. Cette campagne a montré des performances d'échange thermique d'un très bon niveau lorsque la caisse est propre et une dégradation linéaire avec le temps. Aujourd'hui, après de nombreuses améliorations, nous considérons la caisse à descendage en canne comme une excellente solution.

Fives Cail maîtrise depuis plus de 30 ans la technologie d'évaporation à descendage en sucrerie de betterave. En 2000, Fives Cail transfère cette technologie aux sucreries de canne. La conception doit être adaptée afin de tenir compte des spécificités de la sucrerie de canne comparée à la sucrerie de betterave : épuration des jus moins poussée d'où encrassement rapide des surfaces d'échange et nécessité de nettoyages fréquents. Après 5 ans de développement, Fives Cail a mis au point une caisse d'évaporation à descendage qui donne pleine satisfaction. Des mesures réalisées au cours de la campagne 2007 montrent un excellent niveau de performance.

Développement de l'évaporateur à descendage

À la fin 2003 nous avons installé en sucrerie de canne plus de 55 000 m², essentiellement au Brésil, avec 23 caisses d'évaporation à descendage, de l'effet 1 à l'effet 4. Une usine est équipée d'une évaporation complète à 4 effets. Les surfaces installées varient de 1 000 à 3 750 m² avec des longueurs de tube comprises entre 8 et 12 mètres. Le suivi de ces premières installations nous a amenés à faire face à des difficultés. L'évaporateur s'encrasse assez rapidement, en particulier le dispositif supérieur de distribution du jus. La conception doit donc être adaptée pour être peu sensible au bouchage et aux dépôts de boues. L'évaporateur doit être nettoyé fréquemment, et parfois mécaniquement, un accès aisé à la plaque tubulaire supérieure est nécessaire. Le désucreur centrifuge s'encrasse, ce qui se traduit par des entraînements de sucre dans la vapeur. Cependant les résultats au niveau thermique sont très encourageants. Par exemple, une campagne de mesure est réalisée en 2003 dans l'usine d'Equipav sur un évaporateur de 3 000 m². Cet évaporateur est alimenté par un jus de 30/35 Bx, produisant un jus de 35/40 Bx. Les coefficients d'échange sont de l'ordre de 2 200 W/(m².°C) (ce qui correspond à 90 % des performances attendues) et décroît à 1 100 W/(m².°C) après 10 jours de fonctionnement sans nettoyage.

Abstract

The technology of the falling evaporator is now recognised as the best in the beet sugar industry. After many attempts in cane sugar industry, we have worked on the design of the evaporators. In 2007, two new designed evaporators were installed. We carried out measurements of performance which give an excellent performance of heat exchange when the evaporator was clean. These measurements show also a linear degradation of these performances with time. Today, after many improvements, the falling film evaporator may be considered as an excellent solution in cane sugar mills.

En 2004, Fives Cail a travaillé sur un pilote de 93 m² installé dans la sucrerie du Gol à l'île de la Réunion, exploité en deuxième effet. Des essais de distribution du jus avec différentes technologies ont permis de définir le système de distribution le mieux adapté : buses à jet plein, bac de distribution équipé de plaques-clapets. Les essais en évaporation montrent que le coefficient d'échange est de l'ordre de 3 500/4 000 W/(m².°C) lorsque la caisse est propre et diminue progressivement sur 6 jours d'exploitation. Le 7^e jour, la caisse est lavée et les performances initiales sont retrouvées. Il n'y a pas d'effet cumulatif de l'encrassement.

La *figure 1* présente l'évolution du coefficient d'échange par semaine au cours de 14 semaines d'essais.

Ces expériences ont permis à Fives Cail de définir un équipement performant en canne.

Principales caractéristiques de la caisse d'évaporation en descendage en canne

La *figure 2* est une coupe d'un évaporateur à descendage.

Le faisceau. L'entrée de vapeur est au milieu de la hauteur du faisceau. Une jupe le ceinture complètement sur une hauteur de 2 à 3 mètres. Cette jupe permet de protéger le faisceau.

Les gaz incondensables sont extraits par un tube central unique, percé régulièrement sur toute sa hauteur. On obtient ainsi un bon balayage du faisceau, une très faible vitesse d'attaque des tubes périphériques par la vapeur, de l'ordre de 1 m/s (pas de sollicitation mécanique par mise en vibration), et une bonne extraction des gaz incondensables.

Le dispositif de distribution du jus. Le jus arrive en haut de la caisse, il est réparti entre tous les tubes du faisceau par un dispositif en 3 étapes (voir *figure 3*).

La première étape consiste à alimenter un bac de distribution de façon à y maintenir un niveau relativement stable et homogène sur toute sa surface. Le bac est arrosé par une buse d'arrosage centrale, voire par plusieurs buses. En seconde étape ce bac se vide par des orifices de fond à raison de 1 pour 7 tubes du faisceau. Ce faible nombre de trous permet un diamètre relativement important qui minimise les risques de bouchage. La troisième étape de la répartition est assurée par un ensemble de plaques-clapets, en tôle Inox simplement découpée accrochées sous le bac de distribution (voir figure 4). L'ensemble du bac de distribution et des plaques-clapets peut être remonté à l'intérieur du dôme. Ces dispositions sont prises pour permettre un démontage rapide en cas de nettoyage mécanique et pour faciliter un accès aisé à la plaque tubulaire. Ce dispositif, très simple dans son principe, a fait ses preuves et assure une très faible dispersion de répartition.

Le séparateur zigzag permet la séparation des gouttelettes de jus contenues dans la vapeur (voir figure 5). Ce désucreur nécessite un nettoyage périodique à une fréquence à adapter avec l'expérience. Il est plus efficace que le désucreur centrifuge, présente une moindre perte de charge et ne se colmate pas.

Le dispositif de recirculation du jus pour assurer un mouillage optimum.

La partie basse de la calandre assure d'abord un flash du jus alimentant la caisse, afin de ne pas perturber la distribution haute. Ensuite, le bac de recirculation autorise le mélange d'une fraction du jus sortant de la caisse avec le jus entrant afin d'alimenter la plaque tubulaire haute avec un débit suffisant (mouillage optimal). Par ailleurs le clapet anti-retour qui permet la recirculation interdit tout by-pass de jus entrant.

Le nettoyage de l'équipement est réalisé par un lavage chimique à la soude. La distribution par buse assure une projection uniforme de la soude sur l'ensemble du bac, ce qui permet d'optimiser son nettoyage. Un seau tamiseur placé sur la tuyauterie de circulation permet la rétention des particules en suspension qui se décrochent lors du nettoyage et évite ainsi le colmatage des tubes.

Résultats des évaporateurs installés à l'île de la Réunion

Des évaporateurs à descendage ont été installés à l'usine du Gol et à l'usine de Bois Rouge en 2007 (île de la Réunion). Ces deux sucreries travaillent avec cogénération d'énergie. Le tableau 1 fait la synthèse des principales caractéristiques des équipements installés.

Ces évaporateurs ne nécessitent pas de charpente, ils reposent sur une jupe. Le ratio surface/volume dans le cas de Bois Rouge est de 160 m²/m³ (encombrement de la jupe compris), il est de 40-50 m²/m³ dans le cas des caisses à grimpage classique (Rein 2007). Il est donc possible de réaliser des surfaces d'échange importantes dans un encombrement raisonnable, jusqu'à 10 000 m². Les caisses à grimpage classiques sont limitées à 4 000-4 500 m² environ.

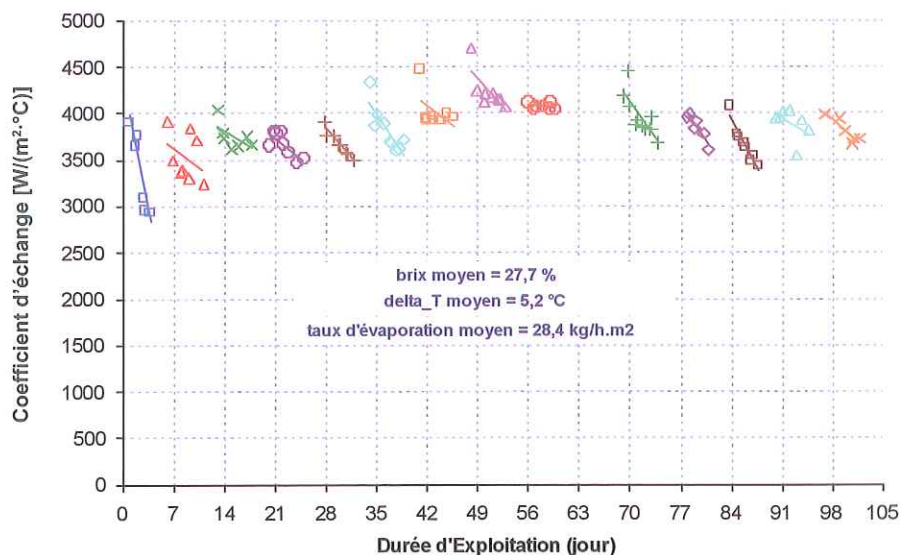


Figure 1. Évolution du coefficient d'échange au cours de 14 semaines d'essais.

Les coefficients d'échange obtenus sur caisse propre ont été dans chacun des cas supérieurs à 3 000 W/(m²·°C). Ce coefficient d'échange est supérieur à celui obtenu pour d'autres technologies d'évaporation (voir tableau 2). Après 5 jours d'exploitation, nous avons mesuré au Gol une baisse de performances de l'ordre de 10 %. Après un lavage chimique à la soude, les performances initiales sont retrouvées. Ces résultats ont été obtenus respectivement pour Le Gol et Bois Rouge pour un débit de mouillage des tubes de l'ordre de 135 L/(h-tube) et 100 L/(h-tube) et un pourcentage de recirculation inférieur à 5 % et de 0 %. Bois Rouge a réalisé une analyse par endoscopie des tubes en fin de campagne, les tubes sont en bon état.

Au Gol, l'évaporation est organisée en deux passages jus. Avec un

Tableau 1. Caractéristiques techniques des évaporateurs installés en 2007 à la Réunion.

Usine	Le Gol	Bois Rouge
Station d'évaporation	6 effets	5 effets
Effet	2A 2B	1
Nbre passages	2 passages : série jus, parallèle vapeur	1
Surface (m ²)	2 210	1 790
Hauteur tube (m)	11,5	11,5
Ø ext. tubes (mm)	35	35
Épaisseur (mm)	1,5	1,5
Diamètre virole (mm)	2 700	2 400
Qualité tube	AISI 439	AISI 439

Tableau 2. Synthèse des coefficients d'échange.

Type de caisse d'évaporation	Coefficient d'échange [W/(m ² ·°C)]	
	1 ^{er} Effet	2 ^e Effet
Robert*	2 800 - 2 500	1 800 - 3 000
Kestner*	2 900	2 100
Grimpage à plaques*	-	2 500 - 3 000
Descendage à plaques*	2 600 - 3 000	-
Mesure descendage à tubes 2007	> 3 000	> 3 000

*Source : Peter Rein 2007.

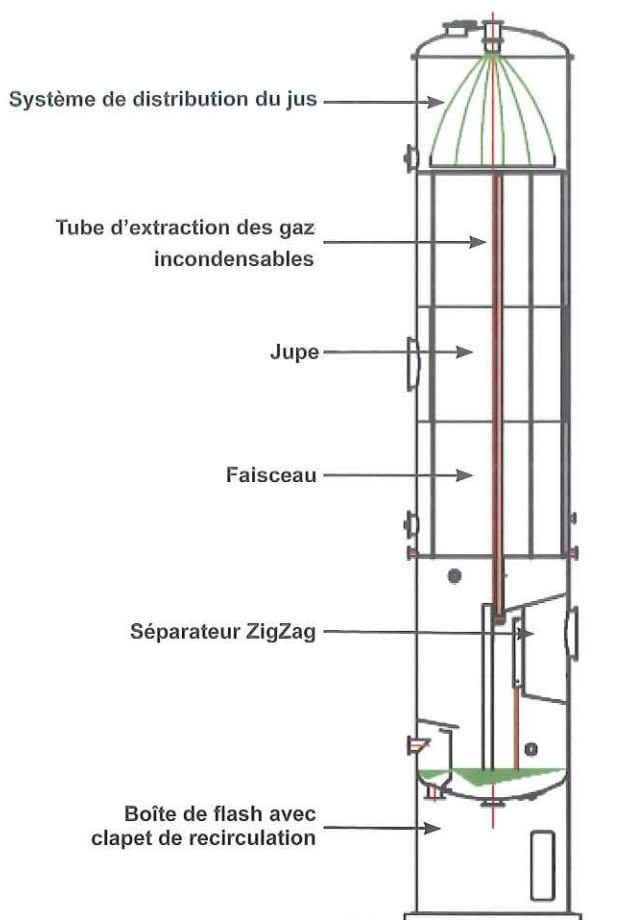


Figure 2. Coupe de l'évaporateur à descentage canne Fives Cail.

seul passage jus, le mouillage minimal demande parfois un recyclage très important, d'où un brix élevé à l'entrée du faisceau. Avec deux passages jus, les recirculations peuvent souvent être annulées, en tout cas être très réduites, et le premier passage (55 à 60 % de la surface d'échange) travaille avec un brix moyen plus faible donc avec un meilleur coefficient d'échange. Cette organisation permet de diminuer le brix d'entrée dans la caisse et autorise encore un gain important (de l'ordre de 1 °C de ΔT total en général). Il devient ainsi aisé de réaliser une évaporation en 5, voire 6 effets. L'ajout de la caisse à descentage au Gol, en 2007, a permis d'obtenir une station d'évaporation en 6 effets.

La consommation moyenne enregistrée par le Gol sur la campagne 2007 a été de 367,2 kg vapeur/tonne de cannes (kg/tc) (vapeur : 2,7 bars - 150 °C). La référence comparative est la moyenne des campagnes 2002-2006 : 410,67 kg/tc, soit un gain moyen de 43,47 kg/tc (10,6 %). Cependant la campagne 2007 a été très mauvaise à la Réunion pour des raisons climatiques. Si l'on réalise une analyse sur les meilleures semaines, la consommation est de 326,1 kg/tc en 2007, elle est de 393,45 kg/tc pour les meilleures semaines de 2002-2006, soit un gain de 67,35 kg/tc (17 %).

La sucrerie de Bois Rouge modifie sa station d'évaporation pour la campagne 2008 pour avoir une station d'évaporation en 6 effets.

Les difficultés rencontrées lors de l'exploitation de l'évaporateur en canne ont été surmontées. Les caisses d'évaporation à descentage en sucrerie de canne sont une excellente alternative à l'évaporateur Robert classique.

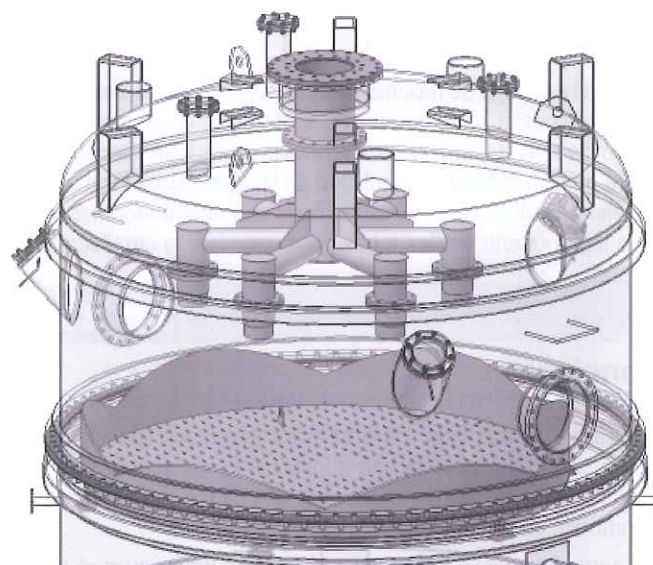


Figure 3. Vue en 3 dimensions du système de distribution du jus installé en 2007 sur l'évaporateur de la sucrerie de Bois Rouge.



Figure 4. Photo de l'installation d'une plaque-clapet sous le bac de distribution.



Figure 5. Schéma de principe de fonctionnement du séparateur zigzag

Perspectives

Fives Cail envisage de modifier la circulation du jus en bas de caisse par un dispositif statique afin de s'affranchir d'éventuels risques de blocage du clapet. Fives Cail travaille également avec le logiciel Fluent pour modéliser la circulation de la vapeur dans les tubes. Les premiers résultats de cette étude nous amènent à modifier la taille de la jupe qui entoure les tubes pour optimiser la circulation de la vapeur.

Conclusion

La caisse à descendage offre certains avantages spécifiques tels que la compacité et la facilité d'installation, l'absence d'élévation hydrostatique, de bons coefficients d'échange thermique et une commodité de nettoyage.

Elle permet également d'optimiser les bilans thermiques et de faire des gains d'énergie, en particulier dans les contextes de sucreries avec cogénération d'énergie.

Bibliographie

Bhagat, J.J. (1996). Falling film evaporation in the cane sugar industry – an Indian experience, *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 22 : 82-90.

Corcodel, L. (2007). 2007 Crushing season results in Reunion island. *Sugar Journal*, 70: 4.

Grant, G., Anders, M., Morgenroth, B., Niepoth, K., Ehrenreich, S. (2001). The application of the new falling-film plate technology in the cane sugar industry. *Int. Sugar J.*, 103 : 70-73.

Morgenroth, B., Punter, G., Jajatilaka, D. (1997). Latest state in the development of evaporation technology - past, present and future., *Zuckerind.*, 122 : 691-699.

Morgenroth, B., Jonker, W., Lehnberger, A. (1996). Practical experiences gained with a falling film plate evaporator having a heating surface of 6000 m² in Groningen sugar factory. *Zuckerindustrie*, 121(7): 485-490.

Morgenroth, B., Daschmann, H., Niepoth, K., Abker, G., Schulze, B.C. (1998). The new falling film plate evaporator technology in Hohenau sugar factory: Technical development and operational results. *Zuckerindustrie*, 123(8): 597-606.

Punter, G.A., Christopherson, P.M. (1992a). Plate evaporators in beet sugar industry, British Sugar, Technical Conference, Eastbourne 1992.

Punter, G.A., Christopherson, P.M. (1992b). First experience with plate evaporators, *Zuckerind.*, 117 : 30-32.

Rein, P. (2007). *Cane sugar Engineering*, Bartens, Berlin, p. 289-299.

Töbe, P. (1992). Falling film evaporators for the sugar industry. *Zuckerind.*, 117 : 73-76.

Töbe, P. (1996). Falling film evaporators for the sugar industry. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 22 : 91-103.