

Filtration des boues d'épuration du jus de canne : filtres rotatifs ou à bandes ?

Arnaud Petit

*eRcane, Service Procédés et Innovations Industriels, BP 315, 97494 Sainte Clotilde
adel : petit@ercane.re*

Résumé

En sucreries de canne les boues issues de l'épuration du jus de canne sont très souvent désucriées sur des tamis rotatifs de conception Jord ou Oliver. Ces tamis cylindriques traitent les boues en 4 phases : i) formation du tourteau sous vide modéré, ii) désucriage par aspersion d'eau sous vide poussé, iii) séchage sous vide poussé, iv) décollage du tourteau final par mise sous pression atmosphérique. Cette technologie nécessite l'ajout d'un adjuvant de filtration naturel, la fine bagasse (ou bagacillo), extraite de la bagasse et mélangée avec les boues du décanteur dans le patouilleur.

Depuis les années 90, la technologie du filtre à bandes a été adaptée au désucriage des boues de sucreries de canne et a connu un essor important, notamment au Brésil. Un filtre à bandes a été mis à l'essai à Bois Rouge en 2009 et, dès la campagne 2010, les anciens filtres rotatifs ont été définitivement remplacés par deux filtres à bandes de conception Technopulp. Cette technologie repose principalement sur une préparation optimale de la boue afin d'obtenir une bonne filtrabilité.

Mots clés : épuration, filtration, filtre rotatif, filtre à bandes.

Introduction

L'étape de filtration des boues d'épuration du jus de canne consiste à séparer le jus des matières en suspension (boue, bagacillo...) tout en récupérant un maximum de sucre.

Depuis les années 30, les filtres rotatifs Oliver-Campbell puis leurs versions plus modernes (Jord) ont été très fortement implantés dans les sucreries de canne. A La Réunion ces filtres étaient exclusivement utilisés jusqu'en 2008 avec deux Jord de 123 m² au Gol et trois filtres rotatifs (Jord, Oliver, KCP) à Bois Rouge pour une surface totale de 170 m².

En 2009, Bois Rouge a investi dans un filtre à bandes de marque Technopulp dans le but d'abaisser le pol écume et le poids d'écume mais aussi de disposer d'un plus grand confort technologique au niveau de la filtration et d'anticiper une augmentation de capacité.

Ce document a pour vocation de fournir une aide à la décision si un tel choix technologique doit être effectué.

Les filtres rotatifs sous vide

Le premier filtre rotatif continu sous vide (marque Oliver) a été installé en 1935 dans une usine à Hawaii pour désucrier les boues d'épuration du jus de canne. Cette technologie a ensuite connu un fort engouement et a été installée dans bon nombre de sucreries de canne.

Les installations sont composées d'un extracteur de bagacillo, généralement par aspiration à la chute du tapis à bagasse ou après tamisage sur ce même tapis et d'un mélangeur (patouilleur) pour incorporer cette bagacillo à la boue en sortie du décanteur. Cette dernière, qui peut aussi être préalablement chaulée et/ou floculée, est ensuite envoyée dans les cuves des filtres. Elle y est continuellement agitée, avant d'être aspirée à la surface du filtre rotatif grâce à un vide de

-350 mm Hg et de former une précouche, futur support de la filtration. Le filtrat obtenu est alors dit trouble car il contient des matières en suspension (MES). A la sortie de la cuve, le gâteau de filtration a une épaisseur de plusieurs centimètres. Au fur et à mesure de la révolution du tamis, le vide augmente (-600 mm Hg) et le désucrage s'opère par aspersion d'eau. Dans cette étape de désucrage, le filtrat est dit clair car très peu de MES passe au travers de l'épaisseur du gâteau de filtration. Ce dernier est ensuite séché par arrêt de l'aspersion puis l'écume est évacuée après cassage du vide.

L'usine du Gol présente une station de filtration classique composée de deux filtres rotatifs sous vide Jord (Figure 1) sans préparation préalable de la boue.

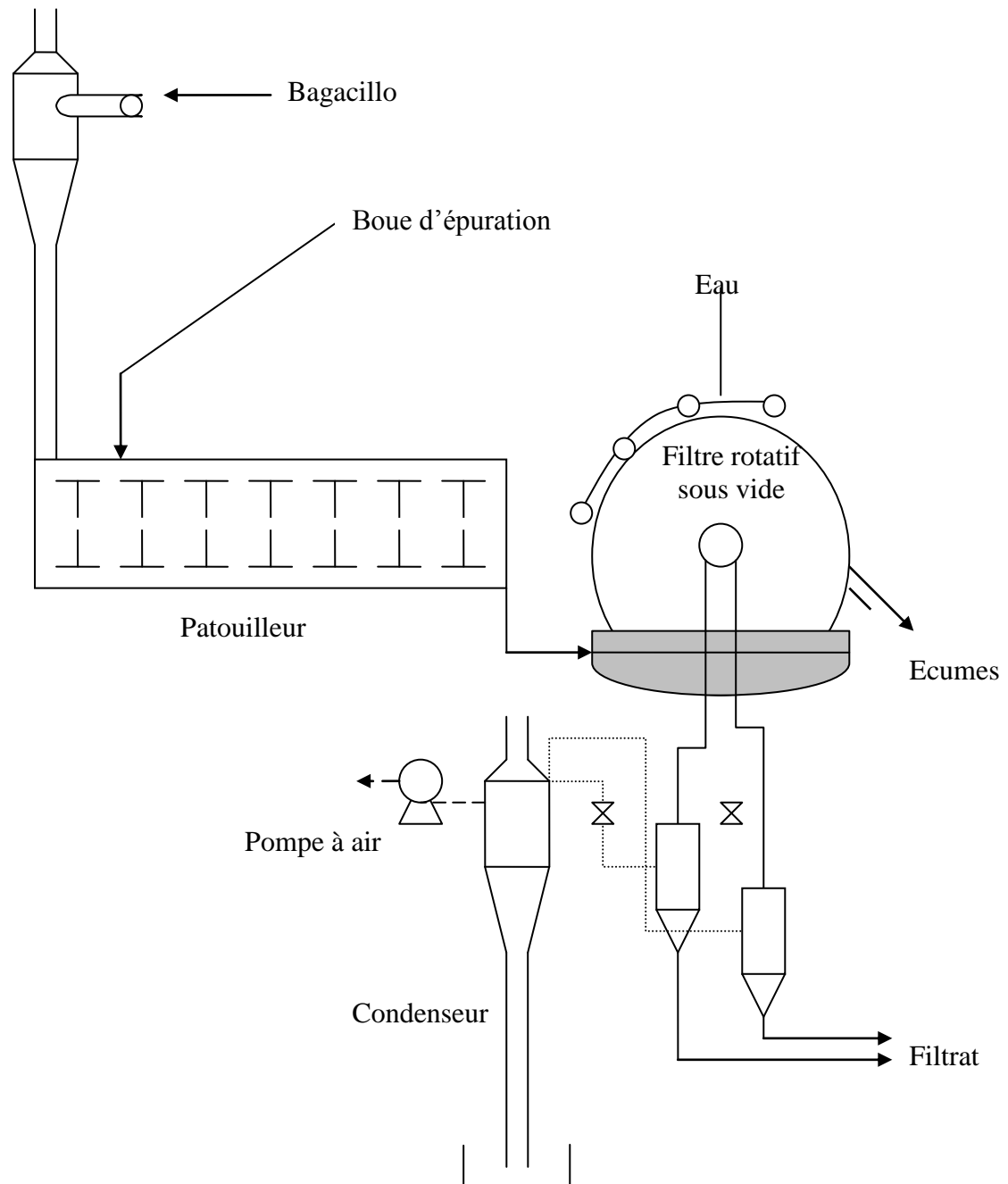


Figure 1. Schéma de fonctionnement des filtres rotatifs du Gol

Les filtres à bandes sous vide

Les premiers essais, qui ont fait l'objet d'une publication, datent de 1984 à Maidstones en Afrique du Sud (Kruger, 1984). Les résultats ont été jugés intéressants mais n'ont pas donné lieu à une installation industrielle.

Actuellement les filtres à bandes sont couramment utilisés dans les sucreries du Brésil, notamment à Guarani. Par contre les boues sont issues de cannes préalablement lavées, de jus sulfités et peuvent, de ce fait, présenter des filtrabilités différentes de celles de La Réunion. Les stratégies sont aussi relativement éloignées des problématiques de La Réunion. En effet, la technologie filtre à bandes permet de traiter des quantités de boues importantes et le désucrage de celles-ci peut apparaître secondaire.

Pour Bois Rouge, l'installation des filtres à bandes suit une logique dictée par les différentes orientations technologiques. En 1992, la sucrerie disposait d'une diffusion de canne et l'épuration du jus de soutirage générait peu de boues. Deux filtres rotatifs (pour une surface de 100 m²) étaient alors suffisants. En 1996, les eaux de presses renvoyées en diffusion sont désormais clarifiées afin d'améliorer la percolation au niveau du lit de canne et ainsi abaisser le pol bagasse. La surface de filtration est alors devenue insuffisante pour traiter cet afflux supplémentaire de boues. Ainsi, en 2000, un troisième filtre rotatif de 70 m² a-t-il été installé, portant à 170 m² la surface totale de filtration. En 2005, un pré-extracteur a été mis en place et la diffusion de cannes a été convertie en diffusion de bagasse. Ceci a permis d'augmenter la capacité de la sucrerie, diminuer le pol bagasse et créer un « point froid » afin de récupérer les calories des eaux condensées de l'évaporation. Cette optimisation a eu aussi pour effet d'augmenter le volume de boue à filtrer et la station de filtration s'est retrouvée de nouveau sous-dimensionnée. Enfin, en 2009, la mise en fonctionnement du premier filtre à bandes a allégé le travail des filtres rotatifs. Le passage définitif à une station composée uniquement de deux filtres à bandes a été réalisé en 2010.

Pour être traitée sur un filtre à bandes, la boue doit être chaulée à un pH de 8,5 pour lequel la durée de vie du flocculant, qui est aussi ajouté, est optimale. L'ajout de flocculant assure une bonne percolation de l'eau à travers le lit de boue. Le mélange boue / flocculant, effectué dans une cuve de 50L, est optimisé par une injection d'eau supplémentaire. L'utilisation des filtres à bandes nécessite donc une préparation plus rigoureuse de la boue par rapport aux filtres rotatifs.

Le filtre, composé de deux bandes tournant en parallèle et en sens opposé, peut être divisé 3 zones (Figure 2):

- zone de filtration par gravité : pour une boue bien préparée, 60% du sucre peut être retiré à cette étape ;
- zone de filtration sous vide : avec une percolation optimisée, le vide est très peu poussé (-10 à -40 mm Hg) et 30 % du sucre initial de la boue est alors retiré ;
- zone de pressage : cette étape a pour vocation de « sécher » l'écume pour atteindre une humidité écume finale autour de 75 g/100g.

Les différents filtrats (gravitaire, sous vide et pressage) sont envoyés dans le bac à jus mélangé, tandis que l'eau de nettoyage des bandes va en diffusion via les eaux de presse des moulins de repression.

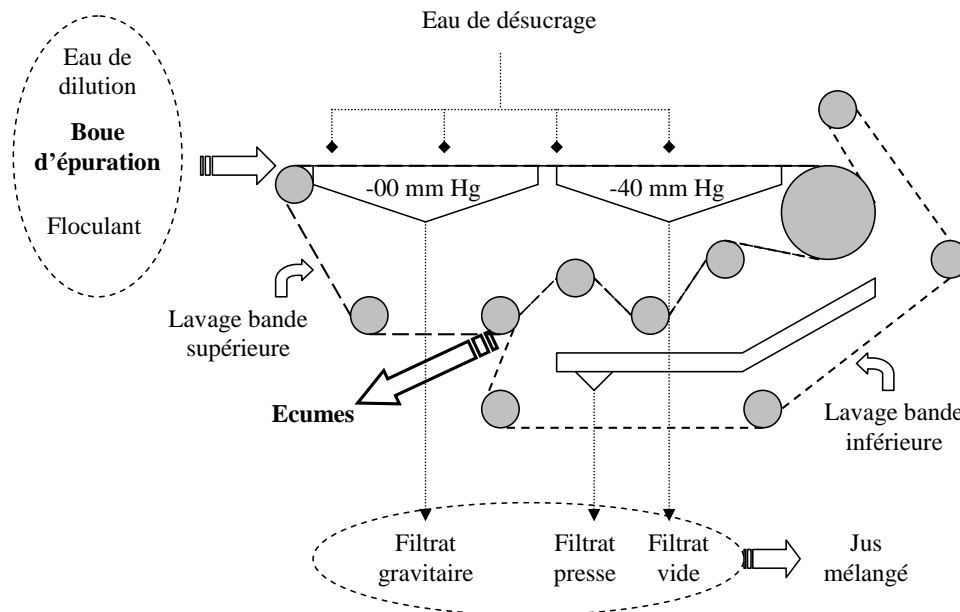


Figure 2. Schéma de fonctionnement des filtres à bandes de Bois Rouge

Extraction et filtrabilité de la boue

Le type d'extraction, par diffusion ou par moulins, influence le dimensionnement de l'atelier de filtration, comme l'a mis en évidence l'essor de la diffusion en Afrique du Sud, avec deux conséquences notables sur la filtration :

- la réduction de la quantité de boue à filtrer comparativement à une extraction par moulins,
- la baisse de la filtrabilité de la boue.

La comparaison des usines Sud Africaines (Lionnet, 1984) montre que celles dotées d'une diffusion produisent globalement 50% d'écumes en moins, avec des pertes écumes seulement réduites de 30% par rapport aux pertes écumes obtenues avec une extractions par train de moulins, indiquant un désucrage plus difficile des boues. La chute de pureté entre le jus clair et le jus filtré confirme cette tendance avec une baisse de 3,6 points pour une boue issue d'un jus de diffusion et 1,1 point pour une boue issue d'un jus de moulins.

Il ressort de la caractérisation de la filtrabilité des boues (Lionnet, 1984) qu'une boue issue d'un jus de diffusion est effectivement peu filtrable en l'état mais peut présenter des filtrabilités comparables à celle d'une boue issue d'un jus de moulin après une préparation adéquate (chaulage et floculation).

A La Réunion et au cours de la campagne 2011, la production d'écumes a été de 3,68 % canne à Bois Rouge et 5,16 % canne au Gol. Les comparaisons entre les deux usines ont été effectuées sur la base d'un débit de canne de 350 T/h soit un débit d'écumes de 12,9 T/h à Bois Rouge et 18,1 T/h au Gol.

Performances de la station de filtration

La performance d'une station de filtration de sucrerie de canne se caractérise principalement par l'efficacité de la filtration, le pol écume, l'humidité écume et la chute de pureté entre le jus clair et le filtrat.

L'efficacité d'une station de filtration se juge en premier lieu sur sa capacité à retenir la matière en suspension (MES). La rétention des filtres se calcule en comparant le débit de MES entrant au niveau du filtre et le débit de MES dans le filtrat :

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Poids MES}_{\text{écumes}}}{\text{Poids MES}_{\text{écumes}} + \text{Poids MES}_{\text{filtrat}}}$$

L'efficacité des filtres à bandes de Bois Rouge et des filtres rotatifs du Gol (**tableau 1**) a été calculée sur la base des données usines de la campagne 2011 et sur les différents bilans réalisés par eRcane.

L'efficacité des filtres rotatifs est légèrement en retrait. Ce résultat est accentué par les faibles teneurs en MES de la boue (< 5g/100g) occasionnant un volume important à traiter par les filtres.

La faible teneur en MES du filtrat issu des filtres à bandes pose légitimement la question d'un éventuel renvoi vers le bac à jus clair. Une mesure de turbidité en ligne est à l'étude pour justement orienter le filtrat vers le bac à jus brut ou vers le bac à jus clair. L'économie de vapeur porterait sur le réchauffage de ce filtrat 70 °C à 105°C lorsqu'il est mélangé au jus brut.

Tableau 1. Efficacité des filtres à bandes de Bois Rouge et des filtres rotatifs du Gol

Technologie	Poids écumes (kT)	MES écumes (g/100g)	Poids filtrat (kT)	MES filtrat (g/100g)	Efficacité (%)
Filtres à bandes	35,6	22,6	224,5	0,05	98,6
Filtres rotatifs	47,4	22,6	298,6	0,60	85,7

Le second critère, qui reste le plus visible aux yeux des sucriers, correspond au pol écume. Sur ce point là, les performances des filtres ont été, en moyenne, très proches en 2011 à 1,1 g/100g. Dans des conditions optimales de fonctionnement des stations de filtration, des pols écumes de 0,5-0,7 g/100g ont été observés. Les pertes écumes sont au final plus importantes au Gol qu'à Bois Rouge mais ceci est à mettre en lien avec le poids d'écumes.

Au Gol, la chute de pureté entre le jus clair et le filtrat est très faible mais s'explique en partie par un faible temps de séjour des boues dans le décanteur, ce qui est d'ailleurs à l'origine de leurs faibles MES. Cette chute de pureté est de 0,56 point (min : 0,09 – max : 1,05). A Bois Rouge, la configuration de l'épuration et de la filtration rend impossible ce suivi du fait de l'épuration des eaux de presse et du mélange avec les boues de décantation du jus mélangé. Or, depuis la mi-campagne 2011, les boues de décantation des eaux de presse sont envoyées avant le dernier moulin de repression et ne sont plus filtrées. Les chutes de puretés constatées entre le jus clair et le filtrat sont alors de 2,0 points alors que les chutes de pureté entre la boue sortie décanteurs et le filtrat sont de 0,14 point (rapports internes eRcane) : 93 % de la chute de pureté est donc imputable à la décantation (temps de séjour de la boue) et 7% à la filtration.

Consommation d'auxiliaires de filtration

En plus de l'ajout de bagacillo, la filtration sur filtre rotatif peut être significativement améliorée (efficacité, MES dans le filtrat, pol écume) par chaulage à un pH cible de 7,5 et par

ajout de floculant. Ces alternatives n'ont pas été retenues par l'usine du Gol et seul l'ajout de bagacillo prélevées par filtration / aspiration au niveau du convoyeur à bagasse est utilisé.

La technologie filtre à bandes nécessite impérativement du floculant et un chaulage à un pH de 8,5 afin de préserver le polymère. Par contre l'ajout de bagacillo est inutile et représente un gain non négligeable sur le poids final d'écume.

Pour une usine neuve, le choix du filtre à bandes permet de s'affranchir des investissements liés au collecteur de bagacillo et au patouilleur mais aussi au coût de leur maintenance. De plus le non ajout de bagacillo diminue le poids d'écumes d'au moins 5,2 kg/T canne, si cette bagacillo est considérée à 50% d'humidité dans l'écume, et cela réduit la perte écumes. Par contre il faut prévoir un coût de fonctionnement du fait de l'utilisation de chaux et de floculant (Tableau 2).

Tableau 2. Consommation et coût des auxiliaires de filtration

Technologie	Bagacillo sèche (kg/T canne)	Chaux (g/T canne)	Floculant (g/T canne)	Coût intrant (euro/100 T canne)
Filtre rotatif	2,6	0,0	0,0	0,0
Filtre à bandes	0,0	255	1,7	7,5

Consommation d'eau et impacts sur le bilan thermique de la sucrerie

La station de filtration du Gol est peu consommatrice d'eau avec 50 m³/h utilisée exclusivement en désucrage.

Au contraire, les filtres à bandes de Bois Rouge consomment de l'eau à plusieurs étapes :

- préparation du lait de chaux : 0,5 m³/h ;
- préparation du floculant : 5 m³/h ;
- dilution boue pour optimiser le mélange boue –floculant : 5 m³/h ;
- eau de désucrage : 32 m³/h ;
- eau de nettoyage de bandes : 23 m³/h ;
- soit un total de 65,5 m³/h.

Les filtres rotatifs ont donc une consommation d'eau ramenée à la tonne d'écumes produite de 2,77 m³/T alors que les filtres à bandes culminent à 5,09 m³/T. Bois Rouge a pour projet d'utiliser les filtrats presse pour effectuer la dilution de la boue et d'utiliser un système d'air comprimé pour nettoyer la bande à sec. Ceci pourrait alors ramener la consommation d'eau à 2,91 m³/T d'écumes, c'est-à-dire proche de la consommation des tamis rotatifs.

Cette eau supplémentaire à évaporer représente une consommation en vapeur d'échappement de 8,3 T/h pour Le Gol et 10,9 T/h pour Bois Rouge (évaporation 6 effets).

Consommation électrique

Sur le point de la consommation électrique, le filtre à bandes dispose de plusieurs atouts. L'élimination du ventilateur à bagacillo, de la vis à bagacillo et du patouilleur engendre une économie nette d'énergie (Tableau 3). De plus, cette technologie nécessitant un vide très peu poussé, une seule pompe à vide est alors utilisée alors que la technologie filtre rotatif nécessite une pompe par filtre. Enfin le filtre à bandes en lui-même est très peu consommateur

d'énergie (2,8 kW). Les points de consommations supplémentaires se situent au niveau de l'injection de chaux (par gravité à Bois Rouge) et l'injection de floculant (2,7 kW). La consommation supplémentaire des pompes à boue de Bois Rouge est plus liée à la configuration particulière de l'atelier de filtration.

Intrinsèquement, la station de filtration de Bois Rouge représente 37 % de la consommation électrique de la station du Gol. Si cette consommation est ramenée à la production d'écume, l'écart se réduit légèrement avec 18,4 kWh/T au Gol et 9,6kWh/T à Bois-Rouge.

Tableau 3. Consommation électriques des ateliers de filtration

Consommateurs	Filtres rotatifs du Gol (kW)	Filtres à bandess de Bois Rouge (kW)
Ventilateur bagacillo	49	-
Vis bagacillo	5	-
Patouilleur	5	-
Pompe à boue	-	20,2
Filtres	26	2,8
Pompes à vide	197	64
Pompe floculant	-	2,7
Pompe filtrats	40	18,4
Tapis écumes	10	15,2
Total	332	123,3

Impact sur le complexe sucrerie – centrale thermique

Pour une sucrerie traitant 1 million de tonnes cannes et avec une production d'écume de 4,5%canne (moyenne Le Gol – Bois Rouge), l'utilisation des filtres rotatifs permet un gain de 2,3%canne de vapeur d'échappement soit 23 000 tonnes de vapeur c'est-à-dire 2 000 MWh en considérant que l'étage basse pression de la turbine génère 87kwh/tonne de vapeur.

Or l'utilisation des filtres rotatifs nécessite la consommation de 5,2%canne de bagacillo (à 50% humidité) ce qui représente à l'année 52 000 tonnes de bagasse soit 114 400 tonnes de vapeur (rendement de chaudière de 2,2 kg de vapeur/kg de bagasse) c'est-à-dire 19 000 MWh (rendement turboalternateur de 168 kWh/tonne de vapeur).

La technologie filtre à bandes permet donc à la sucrerie de fournir l'intégralité de la bagasse de la sucrerie à la centrale thermique ce qui compense largement la demande supplémentaire en vapeur. Le gain d'électricité, à l'échelle de la campagne sucrière est de 17 000 MWh (17 kwh/tonne de canne).

Entretien et maintenance

Les deux technologies nécessitent une attention toute particulière portée aux buses d'aspersion qui doivent être régulièrement nettoyées, réorientées pour couvrir toute la surface du filtre ou de la bande et changées si nécessaires.

Les toiles du filtre à bandes doivent être soigneusement entretenues. En plus du nettoyage en ligne, les opérateurs complètent souvent le nettoyage au jet d'eau. L'alignement de la bande doit être aussi régulièrement vérifié pour ne pas endommager la périphérie de celle-ci. Malgré tout, les bandes doivent être changées toutes les deux campagnes.

Le réseau de vide des filtres rotatifs focalise l'attention de la maintenance notamment les pompes à vide, les condenseurs et les éventuelles fuites de vide au niveau du filtre.

Conclusion

	Filtre rotatif	Filtre à bandes
Efficacité	98 %	85,7 %
Pol écume (moyenne 2011 Réunion)	1,1 g%g	1,1 g%g
Chute de pureté entre le jus clair et les écumes	0,56 point (moyenne 2011)	2,0 points 0,14 point entre la boue et l'écume
Bagacillo (kg sec/T canne)	2,6	0
Poids écumes%canne	Si même extraction, le filtre à bandes occasionne une réduction du poids d'écumes	
Chaux (kg/T canne)	0	255
Floculant (kg/T canne)	0	1,7
Consommation électrique (kWh/T d'écumes)	18,4	9,6
Consommation d'eau (m ³ /T d'écumes)	2,1	5,2
Entretien / maintenance	Suivi de performances du réseau de vide	Suivi de l'intégrité de la bande

Le filtre rotatif est une technologie qui séduit grand nombre de sucriers car il permet d'atteindre un pol écumes bas tout en limitant la préparation de la boue, et l'introduction d'eau dans le process. Par contre, l'efficacité plus faible, qui reste cependant correcte à la lecture de la littérature, maintient en circulation entre le clarificateur et les filtrats une quantité de MES non négligeable qui peut diminuer la capacité des clarificateurs et augmenter le risque de voir les particules les plus fines passer en fabrication avec le jus clair.

Les filtres à bandes de Bois Rouge ont occasionné la réduction du pol écume depuis leur installation en 2009. Ils semblent donc être une alternative intéressante pour les usines disposant d'une diffusion pour l'extraction du jus de canne. De plus, la consommation électrique est quasiment divisée par deux à la tonne d'écume produite. Par contre la consommation d'eau est très nettement supérieure et vient dégrader les performances thermiques de la sucrerie. Des optimisations sont d'ailleurs en court d'étude : nettoyage à sec des bandes et recyclage du filtrat du compartiment de pressage pour la dilution de la boue. La technologie filtre à bandes reste cependant favorable au complexe « sucrerie – centrale thermique » avec une production électrique supplémentaire de 17kwh/tonne de canne.

Références bibliographiques

Kruger G.P.N. (1984). The application of horizontal vacuum belt filter to smuts dewatering and cane mud filtration. Proceedings of the South African Sugar Technologist's Association 34-38.

Lionnet G.R.E. (1984). Mud conditioning for good filter operation. Proceedings of the South African Sugar Technologist's Association 39-41.