

Des procédés et des produits innovants pour une sucrerie plus efficace

Irma Geyer, Steffen Kaufmann
BMA, Braunschweig, Allemagne

ABSTRACT

Energy savings and reduced CO₂ emissions, in addition to process optimisation and enhanced process reliability, are issues every sugar factory will take into consideration when it comes to increasing efficiency. This objective can be achieved with new plants and processes, but also - as a short-term measure - by integrating innovative components into existing plants. This article is to present two options. In the first part of the paper, we are going to take a closer look at the advantages fluidised-bed steam dryers offer in comparison with conventional drum dryers for pulp drying. This is a project that can be implemented in the medium to long term and has a considerable influence on energy consumption. In the second part of the paper we are going to show how the latest developments in continuous centrifugation can be used to very quickly improve sugar quality, while at the same time increasing the throughput and making the production process more reliable.

RÉSUMÉ

Réduire la consommation énergétique et l'empreinte carbone, améliorer la production, augmenter la fiabilité en exploitation sont quelques unes des préoccupations de toutes les sucreries qui cherchent à être plus efficaces. Ces aspects peuvent être abordés de différentes manières avec des solutions plus ou moins importantes qui nécessitent une révision complète du procédé de production ou encore des solutions qui sont plus immédiates. Dans cet article, nous vous proposons de voir deux aspects pour arriver à ces objectifs. Tout d'abord nous allons vous présenter l'intérêt et les avantages du séchage à vapeur à lit fluidisé des pulpes pressées par rapport à un séchage conventionnel. Une telle installation est un projet à long terme qui a une grande incidence sur la consommation d'énergie. En opposition, nous allons vous présenter les dernières innovations en matière de centrifugation continue qui permettent aux sucreries de bénéficier à très court terme d'une amélioration de la qualité du sucre tout en augmentant la capacité de traitement et en fiabilisant la production.

Réduire la consommation énergétique et l'empreinte carbone, améliorer la production, augmenter la fiabilité en exploitation sont quelques unes des préoccupations de toutes les sucreries qui cherchent à être plus efficaces. Ces aspects peuvent être abordés de différentes manières avec des solutions plus ou moins importantes qui nécessitent une révision complète du procédé de production ou encore des solutions qui sont plus immédiates. Dans cet article, nous vous proposons de voir deux aspects pour arriver à ces objectifs. Tout d'abord nous allons vous présenter l'intérêt et les avantages du séchage à vapeur à lit fluidisé des pulpes pressées par rapport à un séchage conventionnel. Une telle installation est un projet à long terme qui a une grande incidence sur la consommation d'énergie. A l'inverse, nous allons vous présenter les dernières innovations en matière de centrifugation continue qui permettent aux sucreries de bénéficier à très court terme d'une amélioration de la qualité du sucre tout en augmentant la capacité de traitement et en fiabilisant la production.

1 - INTÉGRATION D'UN SÉCHEUR À VAPEUR À LIT FLUIDISÉ CSD™

a. Présentation comparative des consommations énergétiques d'un sécheur à pulpes conventionnel et d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé

Le séchage des pulpes joue un rôle important dans une sucrerie de betteraves, en particulier pour sa consommation énergétique. Un atelier de séchage des pulpes conventionnel (équipé d'un sécheur à tambour comme on les trouve dans la plupart des sucreries de betteraves) consomme environ 30% de l'énergie primaire globale de l'usine. Énergétiquement parlant, il est ici tiré très peu profit du séchage conventionnel des pulpes dans le processus de production de sucre.

On se contente d'utiliser les vapeurs de la chaufferie pour sécher les pulpes ce qui permet de couvrir environ 10% du besoin en énergie nécessaire au chauffage du tambour du sécheur. Mais les 90% restants sont fournis par des combustibles fossiles.

L'utilisation d'un sécheur à pulpes conventionnel s'accompagne également des inconvénients suivants :

- L'enthalpie de condensation des vapeurs produites dans le sécheur n'est pas économiquement réutilisable ;
- Les pulpes séchées sont polluées par des particules provenant des vapeurs de la chaufferie ;
- Le niveau assez élevé de la consommation énergétique globale de la sucrerie, qui est attribuable à la non-exploitation énergétique du séchage des pulpes dans le processus, se traduit par une émission de CO₂ relativement importante ;
- Forte émission d'odeurs dans les environs de la sucrerie due aux gaz de rejet.

Depuis plus de 20 ans, les sécheurs à vapeur à lit fluidisé sont utilisés dans l'industrie sucrière comme alternative au séchage des pulpes conventionnel. Ces sécheurs se distinguent par les atouts suivants :

- Plus de 90% de l'énergie utilisée pour sécher les pulpes est mise à profit pour le processus de production de sucre ;
- Cette double utilisation d'énergie permet de réduire nettement l'empreinte carbone ;
- Le séchage des pulpes indirect ne produit ni des particules de poussière polluant l'air ni des mauvaises odeurs ;
- La qualité des pulpes séchées est bien meilleure grâce au séchage indirect car il évite le processus d'oxydation et de contamination par des gaz de fumée.

b. Intégration d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé dans le système énergétique

La figure 1.1 montre de manière simplifiée l'intégration d'un séchage conventionnel à haute température dans le système énergétique d'une sucrerie. 2 flux massiques parallèles de combustibles arrivent à l'usine. On y trouve également 2 flux massiques parallèles de chaleur non valorisée qui quittent l'usine avec les gaz de rejet.

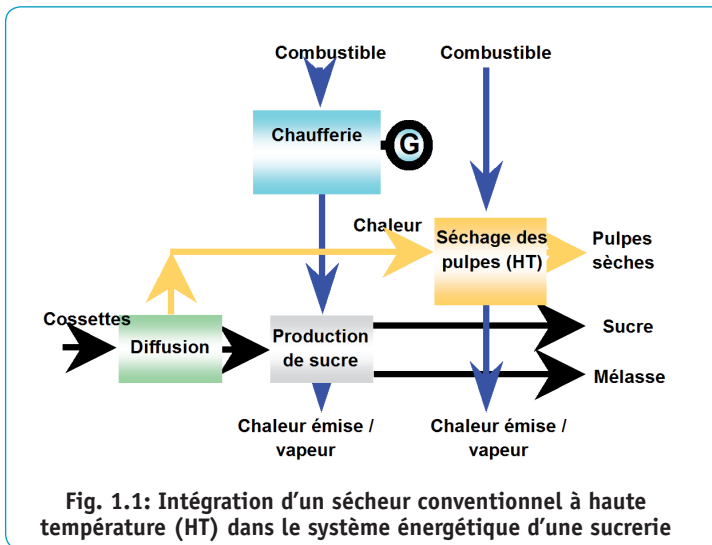


Fig. 1.1: Intégration d'un sécheur conventionnel à haute température (HT) dans le système énergétique d'une sucrerie

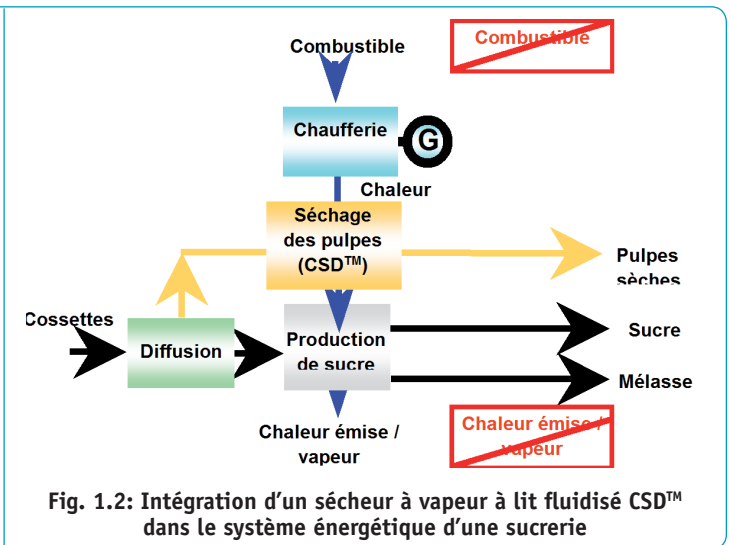


Fig. 1.2: Intégration d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé CSD™ dans le système énergétique d'une sucrerie

La figure 1.2 est la représentation simplifiée de l'intégration d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé. Pour se chauffer, le sécheur à vapeur à lit fluidisé n'a pas besoin de porteurs d'énergie fossile mais utilise de la vapeur d'échappement de la chaudière ou de la vapeur de pression réduite sortant des turbines. Les vapeurs produites au cours du séchage dans le sécheur à vapeur sont envoyées dans un bouilleur. Les vapeurs du bouilleur sont utilisées à leur tour et (en totalité) dans leur intégralité pour le processus de production de sucre.

L'exemple ci-dessous montre l'intégration d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé dans une sucrerie de betteraves d'une capacité de 12.000 t/j (figure 1.3). Dans l'exemple donné, un sécheur à pulpes conventionnel consomme 13,8 t/h de fioul tandis que l'utilisation d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé permet une économie potentielle de fioul de 2,7 t/h. Ceci correspond à une économie de 5,4 kg de fioul par tonne de betteraves traitée.

Fig. 1.3: Exemple d'un séchage à vapeur à lit fluidisé intégré

Capacité	12.000 t/j
Combustible	fioul
Pulpes pressées	82 t/h et 30% MS
Pulpes séchées	27 t/h et 90% MS
Consommation de combustible	
1) Séchage conventionnel à haute température :	
Production:	9,6 t/h
Séchage des pulpes conventionnel :	4,2 t/h
Total :	13,8 t/h
2) Séchage à vapeur à lit fluidisé avec CSD™	
Total :	11,1 t/h
Potentiel d'économie	2,7 t/h
correspond à	environ 5,4 kg/t betteraves

c. Séchage des pulpes dans le sécheur à vapeur cylindrique à lit fluidisé CSD™

S'il offre de nets avantages, le sécheur à vapeur à lit fluidisé classique implique aussi toutefois de par sa taille et sa forme de construction un investissement important et des dépenses élevées en charpente métallique et en montage. BMA s'est fixé pour objectif de perfectionner le sécheur à vapeur à lit fluidisé en se concentrant en particulier sur les points suivants :

- Conception plus compacte ;
- Réduction de l'encombrement spécifique ;
- Réduction des coûts d'investissement à capacité égale ;
- Simplification des travaux de charpente métallique et de montage.

Le fruit de ces travaux de développement est le sécheur à vapeur cylindrique à lit fluidisé CSD™ qui fait l'objet d'un brevet. La figure 1.4 montre la différence entre la forme de construction d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé classique (à gauche) et celle d'un sécheur à vapeur cylindrique CSD™.

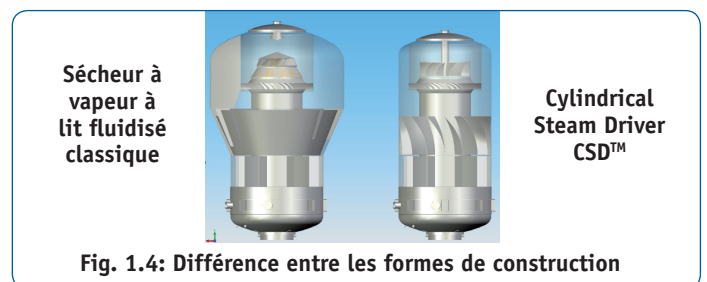


Fig. 1.4: Différence entre les formes de construction

Le principe de fonctionnement du CSD™ correspond à celui du sécheur à vapeur à lit fluidisé classique (voir figure 1.5).

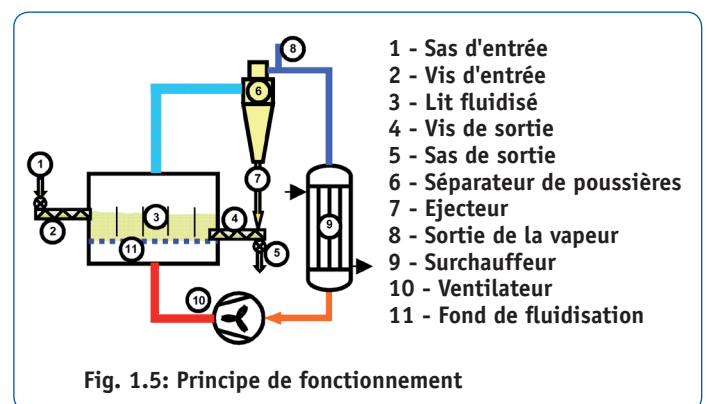


Fig. 1.5: Principe de fonctionnement

La différence essentielle réside dans la partie haute du CSD™. Les particules de pulpes entraînées par les vapeurs sortant du lit fluidisé sont déviées par des aubes génératrices de tourbillon spéciales faisant retomber la plupart de ces particules dans le lit fluidisé. Le flux massique des vapeurs est ensuite envoyé sur des aubes génératrices de tourbillon supplémentaires et des aubes de retour améliorant ainsi la séparation des particules de la poussière (voir 1.6, page suivante).

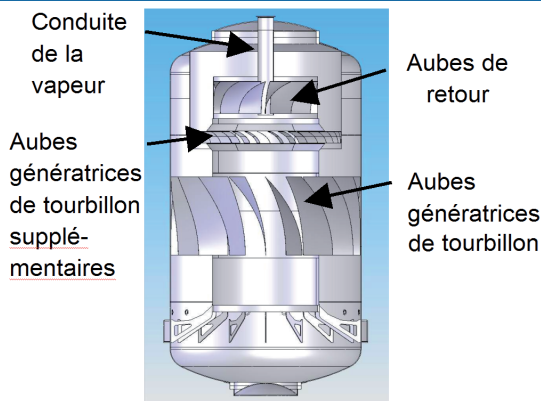


Fig. 1.6 : Caractéristiques innovantes du CSD™

La séparation des particules de pulpes dans les aubes génératrices de tourbillon permet de faire fonctionner l'appareil à des vitesses plus élevées et de renoncer à l'évasement du diamètre en partie haute du CSD™.

Au cours du développement du CSD™, des calculs détaillés ont été effectués, leurs résultats servant de base à la mise au point d'une installation d'essai. L'aptitude pratique du système des aubes génératrices de tourbillon a été prouvée par les essais réalisés.

BMA a mis au point pour l'industrie sucrière une gamme d'appareils CSD™ déclinée en 4 tailles. La figure 1.7 reprend ces tailles avec leur diamètre, leur capacité d'évaporation d'eau et le tonnage de traitement de betteraves correspondant.

Comparé à un sécheur à vapeur à lit fluidisé classique, un appareil de capacité équivalente du nouveau type permet de réaliser une évaporation d'eau nettement supérieure et donc de traiter un flux massique de pulpes plus important.

Fig. 1.7: Tableau synoptique des tailles de construction CSD™

Taille CSD™	Diamètre	Capacité d'évaporation d'eau (indications environ)	Tonnage betteraves (indications environ)
7	7 m	32 t/h	7.200 t/d
8	8 m	46 t/h	10.200 t/d
9	9 m	61 t/h	13.400 t/d
10	10 m	80 t/h	17.700 t/d

Autres avantages importants du sécheur à vapeur à lit fluidisé cylindrique CSD™ :

- Coûts d'investissement réduits grâce à la forme de construction plus compacte ;
- Encombrement spécifique réduit ;
- Travaux de charpente simplifiés et réduits ;
- Réduction de la complexité du montage
- Réduction des longueurs des convoyeurs à vis des pulpes pressées et des pulpes sèches situés directement en amont et en aval et suppression de paliers intermédiaires
- Maintenance simplifiée grâce à sa bonne accessibilité, en particulier celle des sas alvéolaires rotatives et des convoyeurs à vis ;
- Bonne intégration dans l'ensemble du système énergétique de la sucrerie ;
- Suppression de pertes de produit ;
- Disponibilité élevée ;
- Faible niveau d'émission de bruits ;
- Suppression du risque d'incendie.

Résumé

Sous des conditions comparables, l'utilisation d'un sécheur à vapeur à lit fluidisé permet de réduire la consommation énergétique d'une sucrerie d'environ 20%. L'empreinte carbone diminue en conséquence. Le séchage indirect améliore la qualité des pulpes et évite la pollution de l'air par de la poussière et les mauvaises odeurs.

La capacité d'évaporation d'eau du sécheur à vapeur à lit fluidisé cylindrique CSD™ développé par BMA, est plus importante que celle d'un appareil comparable conventionnel. La forme de construction plus compacte réduit les coûts d'investissement pour l'atelier de séchage de pulpes ainsi que les dépenses de montage et de maintenance.

2. GAIN DE PRODUCTIVITÉ GRÂCE À DES INNOVATIONS EN CENTRIFUGATION CONTINUE

Par ailleurs, des gains de productivité sont également facilement réalisables à court terme avec des équipements standard comme les centrifugeuses continues. En effet de récentes innovations en centrifugation continue ont permis d'augmenter de manière significative la qualité de séparation, la capacité de traitement et la fiabilité en exploitation.

a. Amélioration de la qualité du sucre et augmentation de la capacité de traitement grâce à une nouvelle conception de séparation

Les travaux de développement d'une nouvelle centrifugeuse aux performances améliorées visaient à obtenir d'excellents résultats technologiques ainsi qu'une augmentation du débit. Les caractéristiques particulièrement innovantes de la nouvelle centrifugeuse continue pour le processus de séparation sont le panier à deux étages doté d'ouvertures de sortie brevetées, l'alimentation en eau de clairçage bien ciblée et la répartition optimisée de la masse cuite.

Le tout nouveau panier (voir fig. 2.1) dispose d'un premier étage de pré-séparation et d'un second étage de séparation principal. Sur la base d'une solide expérience industrielle dans le domaine, les inclinaisons des étages ont été définies à 14° et 30°. Le diamètre supérieur du panier est de 1300 mm. Dans l'étage de pré-séparation, une grande partie de l'eau mère est déjà séparée des cristaux et évacuée du panier. Ceci permet d'établir une couche de sucre régulière au niveau de l'étage de séparation principal. De plus, la totalité de l'enveloppe du panier est pourvue d'un nombre optimal d'ouvertures spéciales brevetées visant à assurer une évacuation rapide de l'eau mère. Même en cas de débits relativement faibles, le panier à 2 étages se distingue par une pureté de sucre nettement améliorée. L'accélération inutile de l'eau mère pouvant être évitée, la réduction de la consommation d'énergie peut atteindre 25% en fonction de la qualité de la masse cuite. Ce nouveau panier permet donc de réaliser des débits nettement supérieurs par rapport à des modèles conventionnels.



Fig. 2.1: Panier à 2 étages nouvellement développé

Etant donné que les centrifugeuses continues s'utilisent pour l'essorage de masses cuites à viscosité élevée, il est primordial de préparer la masse cuite de manière efficace. La nouvelle centrifugeuse BMA est équipée du répartiteur de produit Turbo3. Ce dispositif permet de mélanger la masse cuite directement à de la vapeur pour réduire ainsi la viscosité de la masse cuite, la répartition du produit et la séparation de l'eau mère s'en trouvant alors améliorées. L'utilisation de ce répartiteur de produit et l'alimentation d'une petite quantité de vapeur (p. ex. 0,2% M.C.) permet de réchauffer la masse cuite de jusqu'à 15K sans risquer la dissolution de sucre. Par ailleurs, les pales optimisées assurent un traitement encore plus efficace et une répartition plus régulière de la masse cuite.

Une étude réalisée à la sucrerie de cannes Ingenio La Unión S.A. au Guatemala a comparé les résultats obtenus sur une masse cuite C traitée avec différents répartiteurs de produit. La pureté de masse cuite se situait entre 59,5 et 61,5% et le brix était de 96-97. La masse cuite était traitée à une température entre 60 et 62°C. Avec le nouveau répartiteur de produit Turbo3, la nouvelle centrifugeuse continue K3300 à déchargement à sec a atteint des débits qui, à une pureté de sucre de 85,4%, étaient de 10% supérieurs à ceux réalisés avec un répartiteur de produit standard (voir fig. 2.2).

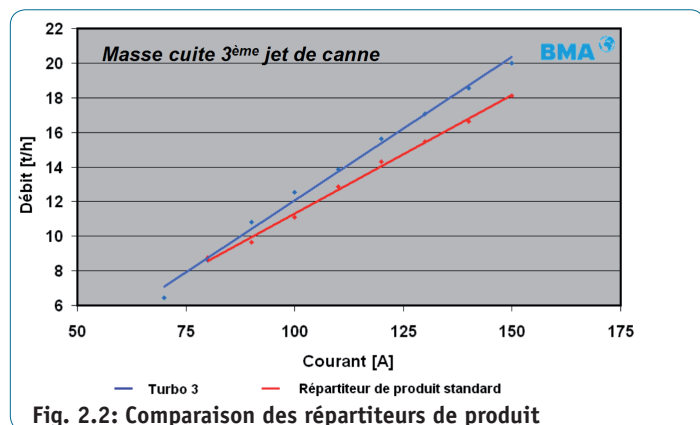


Fig. 2.2: Comparaison des répartiteurs de produit

La nouvelle rampe de clairçage divisée améliore la qualité de la centrifugation. Elle comporte 2 buses dans la partie basse du panier et 5 buses dans la partie haute. Cette rampe permet l'application bien dirigée de l'eau de clairçage à la zone du bas et/ou la zone du haut du panier en fonction de la qualité du sucre. La consommation d'eau totale est ainsi réduite et la qualité du sucre optimisée, les pertes de cristaux étant minimisées en même temps.

b. Standard d'hygiène élevé grâce à une conception innovante

Le design innovant de la nouvelle centrifugeuse continue non seulement saute aux yeux, mais est aussi le garant d'un haut standard d'hygiène. Il est ainsi possible d'installer les centrifugeuses l'une contre l'autre sans interstice. De plus, les composants en contact avec les cristaux sont dès la version standard réalisée en acier inoxydable. Une variante réalisée entièrement en acier inoxydable est également disponible (voir fig. 2.3). Avec sa faible hauteur d'environ 1000 mm, la centrifugeuse est facilement accessible sans marchepieds et sa forme compacte facilite le remplacement de vieilles machines.



Fig. 2.3: Design compact en acier inoxydable



Fig. 2.4 : Design compact, accès facile

La K3300 est disponible avec un déchargement à sec ou avec un dispositif intégré d'empâtage ou de refonte. C'est une solution particulièrement intéressante du point de vue des coûts puisqu'elle permet de supprimer les convoyeurs à vis et les citernes de refonte en aval. Lors du développement de cette centrifugeuse, une attention toute particulière a été portée à la sécurité et la fiabilité en exploitation. Tous les sous-ensembles pertinents ont été soumis à des calculs selon la méthode des éléments finis pour

assurer une sécurité de fonctionnement élevée. Les raccords d'eau et de vapeur sont disposés au centre de la face arrière de la centrifugeuse et sont clairement étiquetés pour éviter des erreurs de raccordement et pour faciliter une installation rapide. Par ailleurs, les robinets à boisseau sphérique pour la répartition d'eau et de vapeur sont protégés contre les contacts accidentels et sont eux également étiquetés. Les flexibles à eau et à vapeur ont été remplacés par des tuyaux en acier inox pour augmenter encore plus la disponibilité de la centrifugeuse.

c. Haut degré d'automatisation pour une sécurité de fonctionnement accrue :

Le renforcement de l'automatisation se traduit par une réduction de coûts et par une fiabilité de fonctionnement accrue. La K3300 bénéficie d'une approche « plug & produce » (raccorder et produire) qui a été intégrée dans toute la centrifugeuse. La masse cuite, l'eau de clairçage et le fluide d'empâtage ou de refonte sont commandés soit par voie électropneumatique soit par débitmètre inductif. De plus, la machine dispose de sondes surveillant la vibration et la tension des courroies trapézoïdales. Celles-ci sont affichées sur le pupitre opérateur local. La technique sensorielle peut se compléter par un raccordement sur un système de conduite centralisée. Avant d'être expédiée, la machine est pré-câblée et testée dans les ateliers BMA.

d. Longévité accrue et maintenance réduite



Fig. 2.4 : Installation du tamis à fente

La nouvelle conception de la centrifugeuse continue K3300 offre une grande fiabilité en exploitation grâce à l'allongement de la durée de vie des pièces d'usure, à la diminution de leur nombre et la réduction du temps d'immobilisation en cas de remplacement.

L'étage de pré-séparation du panier est équipé d'un tamis à fentes résistant à l'usure. La majeure partie de l'eau mère étant déjà évacuée à ce niveau, les tamis de l'étage supérieur subissent moins d'usure

et leur durée de vie s'en trouve nettement allongée. Par ailleurs, en cas de maintenance, le remplacement des tamis est rapide et facile du fait de leur fixation avec une bague de serrage. Le nouveau concept intelligent des tampons amortisseurs permet de supprimer une autre opération de maintenance souvent coûteuse en temps. Ce concept prévoit moins de tampons qui, de plus, sont tous placés hors de la zone exposée à la chaleur. Ceci se traduit par une nette augmentation de la durée de vie des tampons ainsi que par une réduction importante du temps de remplacement qui s'effectueront dorénavant en une fraction du temps autrefois nécessaire étant donné qu'il n'est plus nécessaire d'attendre que la machine se refroidisse.

e. Résultats en exploitation

A la sucrerie de betteraves de Toury en France, le sucre essoré est mélangé directement dans la centrifugeuse avec du sirop (matière sèche de 66 à 68% et pureté de 93%) et il est partiellement refondu. La refonte finale se fait dans un fondoir situé en aval. La centrifugeuse est équipée d'un répartiteur de produit Turbo3. La séparation du 2^{ème} jet d'une pureté de 87 à 88% et d'une température d'environ 75°C dans le panier à 2 étages a donné

Fig. 2.4: Résultats d'essais faits en France et au Guatemala

	Toury, France	La Unión, Guatemala
Produit		
Masse cuite	2 ^{ème} jet, betteraves	3 ^{ème} jet, cannes
Brix	91.9	95.2
Pureté [%]	87.8	59.5
Conditions		
Température [°C]	75	60
Ampérage [A]	120	150
Eau [% masse cuite]	3.0	8.4
Vapeur [% masse cuite]	0.1	0.4
Résultats		
Débit [t/h]	40.9	18.9
Pureté sucre sec [%]	98.14	85.4
Coloration [420nm]	833	n.c.
Brix de l'égout	80.5	85.8
Pureté de l'égout [%]	76.41	41.3

d'excellents résultats : le débit réalisé était de 40,9 tonnes par heure et la pureté du sucre essoré de 98,14%.

Des résultats tout aussi prometteurs ont été obtenus au Guatemala où de la masse cuite C de cannes d'un brix de 95,2 et d'une pureté de 59,5% a été essorée. Le débit réalisé par la centrifugeuse était de 18,9 t/h à une pureté de 85,4% (voir fig. 2.4).

La figure 2.5 montre les débits en fonction de l'ampérage, valeurs issues d'une série d'essais réalisés à Toury en France. Il a été possible d'atteindre des débits de près de 41 t/h avec la centrifugeuse continue K3300 bien que le potentiel de la machine n'a pas été exploité à son maximum au cours de ces essais. A ampérage maximum, il est tout à fait réaliste d'atteindre des débits de jusqu'à 45 t/h.

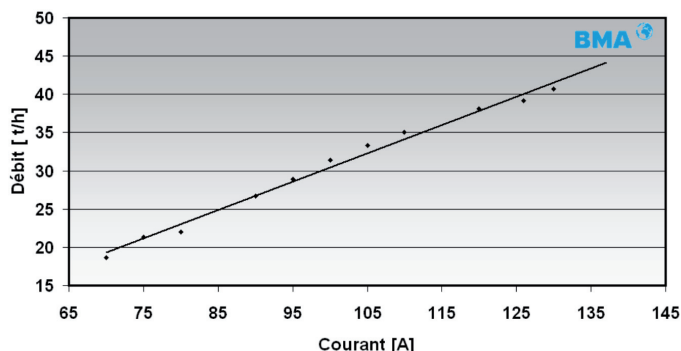


Fig. 2.5: Relation entre débit et ampérage, résultats obtenus à Toury, France

Résumé:

La BMA K3300 établit de nouveaux standards pour la centrifugation continue en termes de fiabilité, de sécurité de fonctionnement et d'efficacité. Ces résultats démontrent que la K3300 répond aux attentes en offrant à la fois des débits élevés et un produit d'excellente qualité. ■