

Pourquoi utiliser des échangeurs Platulaire® en sucrerie de canne ?

JP. Gilfaut, C. Bruyère

Barriquand Technologies Thermiques, 9-13 Rue Saint Claude, 42334 Roanne Cedex, France

jean-pierre.gilfaut@barriquand.com, christophe.bruyere@barriquand.com

Résumé

Les économies d'énergies dans les sucreries de canne sont maintenant indispensables compte tenu du contexte énergétique global et de la nécessité permanente de réduire les coûts d'exploitation face à la volatilité des cours du sucre. La récupération de l'énergie disponible dans les condensats, les vapeurs de basse pression, les vapeurs de flash, grâce à la technologie des échangeurs de chaleur à plaques soudées Platulaire®, inventée par Barriquand, permet une optimisation des consommations et une réduction des coûts de maintenance.

Ces échangeurs Platulaire® peuvent de la même façon être utilisés pour les nouveaux procédés d'utilisation de la canne à sucre (bioéthanol à partir de canne hydrolysée, chimie verte).

Mots clés: Platulaire®, échangeur de chaleur à plaques soudées, économies d'énergie, réchauffeur

Contexte

Généralités

Les industries sucrières, qu'elles soient issues de la canne ou de la betterave, sont très gourmandes en énergie. En effet la richesse en sucre des matières premières (canne ou betterave) varie de 10 à 20%, ce qui signifie que le reste est constitué essentiellement d'eau qu'il faut éliminer par évaporation, sans compter les matières solides qui peuvent représenter 15% par exemple en canne.

Par ailleurs, les usines utilisent également beaucoup d'énergie mécanique compte tenu de l'importance des installations et des volumes à traiter.

C'est pourquoi, la plupart des usines sucrières sont productrices de leur énergie, qu'elle soit électrique ou thermique (vapeur) dont l'économie devient un facteur important.

Procédé

Le procédé d'extraction du sucre de canne met en œuvre des fluides extrêmement chargés de matières en suspension et très encrassants :

- les jus sont obtenus par broyage ou diffusion de la canne d'où la présence de fibres (bagasse) dans les jus ;
- les jus sont pollués par des matières organiques provenant de la canne elle-même et par des apports extérieurs (feuilles, terre, sable..), Ces matières occasionnent des dépôts incrustants et peuvent se combiner chimiquement et former des précipités de sels ;
- Le jus extrait à température ambiante doit être réchauffé pour les phases d'épuration, de clarification jusqu'à l'entrée dans l'évaporation.



Figure 1. Les jus sont très chargés et encrassants

Energie

Les sucreries de canne sont conçues pour être auto-suffisantes en énergie. En effet, les résidus de broyage (bagasse) sont brûlés et produisent l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'usine (vapeur et électricité).

Pendant très longtemps (et encore aujourd'hui), le seul objectif était que les besoins énergétiques soient couverts par la combustion de la bagasse. Aucune autre optimisation de l'énergie n'était prise en compte.

Des premières installations de cogénération énergétique ont été réalisées (par exemple ici à La Réunion à Bois Rouge et au Gol, après l'ancienne usine de Beaufonds qui a fermé depuis). et ont permis de brûler la bagasse excédentaire afin de produire un excès d'électricité qui sera exporté vers le réseau.

Aujourd'hui, la cogénération est de plus en plus intégrée dans les sucreries du monde entier pour aider à satisfaire les besoins croissants en électricité.



**Figure 2. La centrale thermique du Gol (Réunion)
La bagasse est brûlée dans une centrale électrique**

Nouveaux procédés/nouveaux marchés : « la chimie verte »

Les besoins croissants en énergie, la diminution des ressources d'énergie fossiles, les nouvelles normes environnementales (prise en compte des rejets carbone), génèrent de nouveaux procédés valorisant les sous-produits d'origine agricole, par exemple la transformation de la bagasse pour en faire :

- de la cellulose ;
- des phénols (industrie des plastiques) ;
- de l'éthanol d'origine biomasse.



Figure 3. Projet d'usine CIMV destinée à transformer la paille et la bagasse en cellulose, phénol, éthanol...

Coûts d'exploitation

Les cours du sucre dans le monde sont extrêmement volatils et varient selon les conditions climatiques, les stocks, le cours du baril, etc. Les coûts de production constituent une préoccupation constante des fabricants soumis à ces règles fluctuantes des marchés.

Une des composantes est liée à la bonne utilisation et gestion de l'énergie. Une usine (co-générée) qui revend de l'énergie, améliore ses coûts d'exploitation donc sa rentabilité.

Une autre des composantes des coûts d'exploitation est liée à la qualité des matériels mis en œuvre :

- Des arrêts pour maintenance en cours de campagne sont extrêmement préjudiciables ;
- Les coûts d'entretien (pièces détachées, temps passé) pendant et post campagne renchérissent les coûts de production.

Conséquences

Ces nouveaux schémas énergétiques, ces nouveaux procédés et marchés impliquent de revoir l'utilisation de l'énergie dans les usines, en particulier de prendre en compte l'énergie des condensats ainsi que des vapeurs basse pression (vapeur de cuite, vapeur de 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} effets voir 6^{ème} effet comme ici à la Réunion).

Quelles réponses apporter à l'ensemble de ces contraintes ?

- Contraintes hydrauliques (nature des fluides à traiter) ;
- Contraintes thermiques et énergétiques ;
- Contraintes de coûts d'exploitation.

Les échangeurs PLATULAIRE® ont été imaginés et développés spécialement pour tenir compte de l'ensemble de ces contraintes aussi bien en échangeur (condensats/jus) qu'en réchauffeur (vapeur/jus).

Les échangeurs PLATULAIRE®

Généralités

Le nom PLATULAIRE® (PLATULAR® en anglais) concerne l'ensemble des échangeurs à plaques soudées développés par BARRIQUAND. PLATULAIRE® et PLATULAR® sont des marques déposées par BARRIQUAND.

Dans la famille des échangeurs PLATULAIRE® il existe une typologie d'échangeurs spécialement adaptée aux fluides chargés et encrassants : les échangeurs PLATULAIRE® type X.

Les échangeurs PLATULAIRE® type X sont des échangeurs étudiés spécialement sur mesure et permettent ainsi une adaptabilité totale aux paramètres d'entrée client :

- Choix des écartements entre plaques pour tenir compte de la qualité des fluides ;
- Choix des largeurs et longueurs de plaques ;
- Choix du nombre de passes sur les 2 circuits.

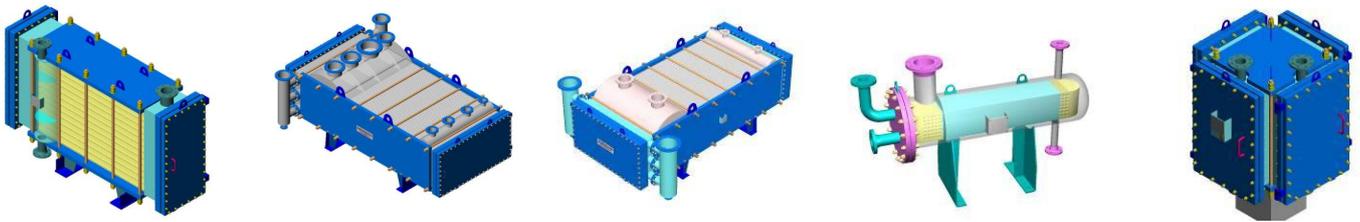


Figure 4. Tous différents, mais tous des échangeurs PLATULAIRE®

Conception

Les échangeurs PLATULAIRE® type X sont constitués d'un assemblage de tôles embouties définissant :

- Un circuit interne, constitué de tôles embouties, réservé aux fluides caloporteurs (eau, vapeur). Ce circuit est généralement tout soudé et ne comporte donc pas de joint. Il peut être équipé de portes ouvrables pour l'inspection du circuit et son nettoyage éventuel ;
- Un circuit extérieur à l'emboutissage à canal large sans point de contact réservé au côté jus. Ce circuit est entièrement soudé et ne comporte aucun joint au niveau de la surface d'échange mais il est totalement accessible grâce à ses portes montées sur charnières. Il est ainsi possible d'accéder facilement à la surface d'échange pour effectuer toutes opérations d'inspection et de nettoyage mécanique. Les seuls joints sont ceux des portes.

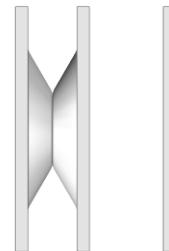
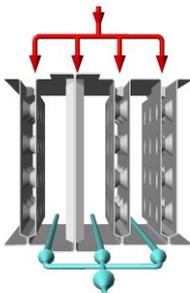


Figure 5. Un circuit caloporteur, un circuit jus à canaux extra larges

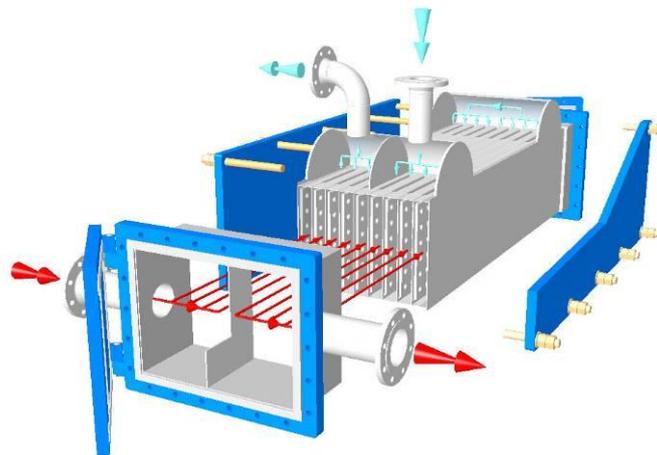


Figure 6. Vue éclatée d'un échangeur PLATULAIRE® type X

Particularités

Contrairement à d'autres types d'échangeurs à plaques, les échangeurs PLATULAIRE® type X :

- n'ont pas de zone de distribution à l'entrée des plaques, par conséquent pas de risque d'obstruction à l'entrée des canaux par accumulation de bagasse, sont généralement montés horizontalement, position optimum pour une exploitation facile. (Ouverture des portes très simple dans cette configuration) Mais il est aussi possible de les installer en position verticale (comme les réchauffeurs tubulaires traditionnels). Dans ce cas ils sont équipés d'un système de couplage des portes permettant l'ouverture de la porte haute par la porte basse ;
- peuvent être multi-passes sur chaque circuit, ce qui permet le croisement des températures entre les fluides ;
- Les échangeurs PLATULAIRE® type X peuvent facilement intégrer plusieurs fluides caloporteurs dans le même échangeur (échangeurs multi-circuits) ce qui permet de faire des économies substantielles au niveau raccordement et place utilisée.

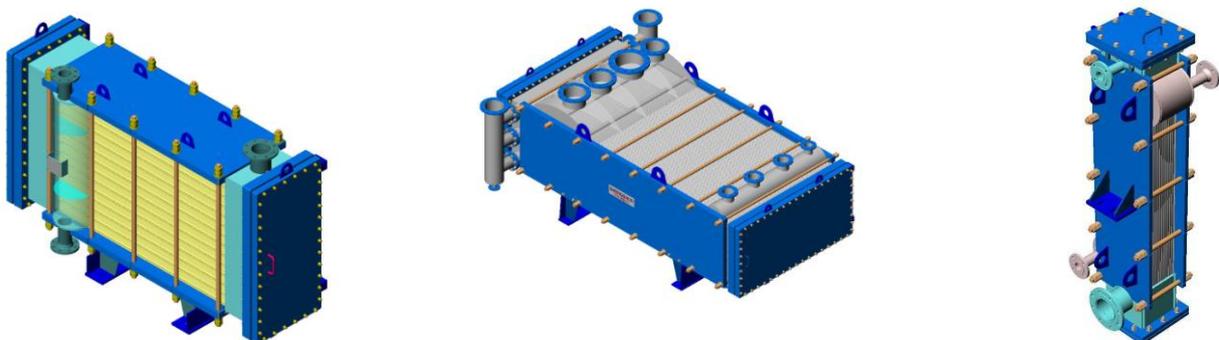


Figure 7. Echangeur Condensat /jus / Réchauffeur multi circuits V4V3-V2-V1 / Réchauffeur vertical condensat /jus

Les applications

Les applications sont nombreuses, en particulier :

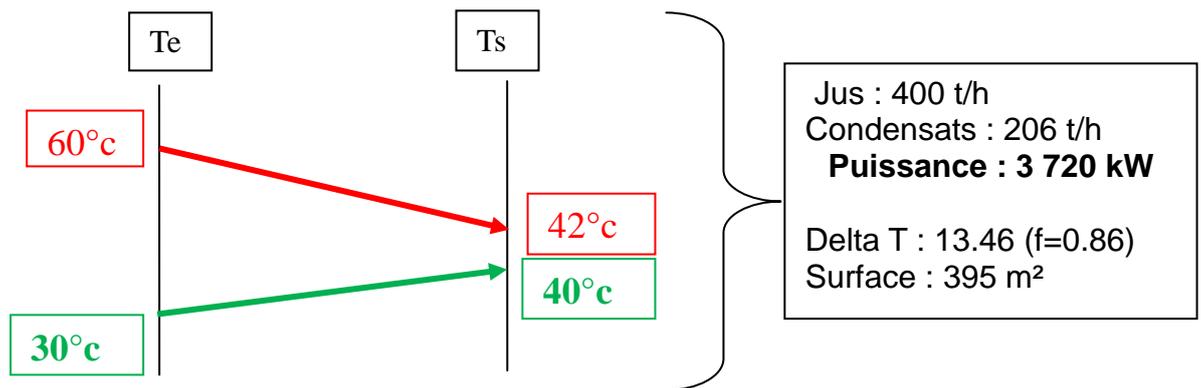
Réchauffage des jus bruts et mélangés à l'aide de condensats

Les échangeurs PLATULAIRE® type X sont conçus pour refroidir les condensats à une température très proche de la température d'entrée des jus, en croisant les températures, ce qui permet d'en retirer l'essentiel de l'énergie.

Exemple :

Condensats :	206 t/h	60°C à 35°C
Jus	400 t/h	30°C à 43.9°C

SCHEMA THERMIQUE TRADITIONNEL EN TUBULAIRE



SCHEMA THERMIQUE TRADITIONNEL EN PLATULAIRE

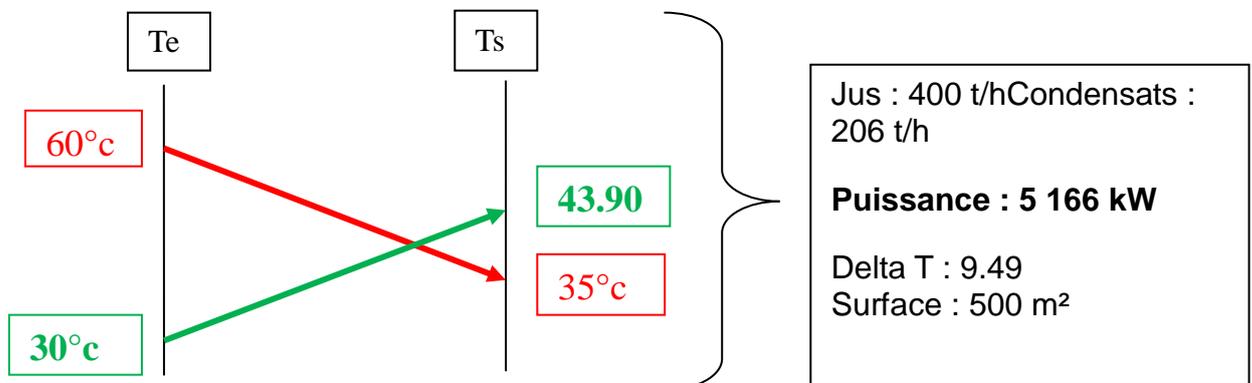


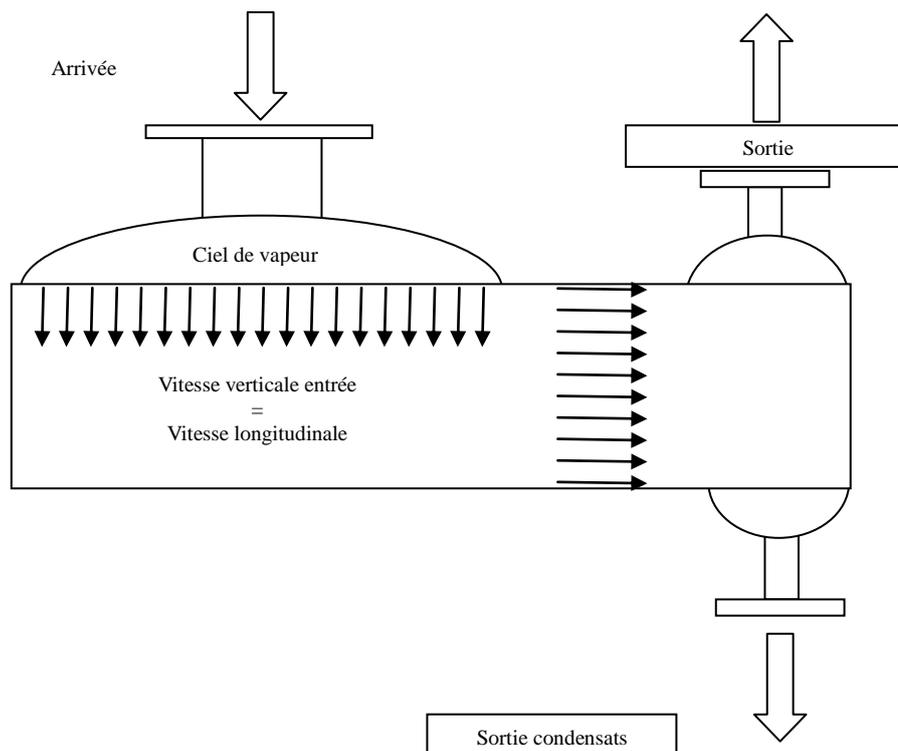


Figure 8. Réchauffeur de jus mélangés à l'aide de condensats à 60°C

Réchauffage des jus bruts et mélangés à l'aide de vapeur très basse pression (vapeur de dernier effet d'évaporation, vapeur de cuite...)

De part leur conception, les échangeurs PLATULAIRE® type X sont particulièrement bien adaptés à la condensation de vapeurs basse pression comportant des gaz incondensables.

En effet le circuit embouti permet la circulation de la vapeur en deux temps (d'abord perpendiculairement puis ensuite horizontalement) donc de garantir une vitesse constante. Il n'y a pas besoin de chicane. La vapeur est parfaitement optimisée.

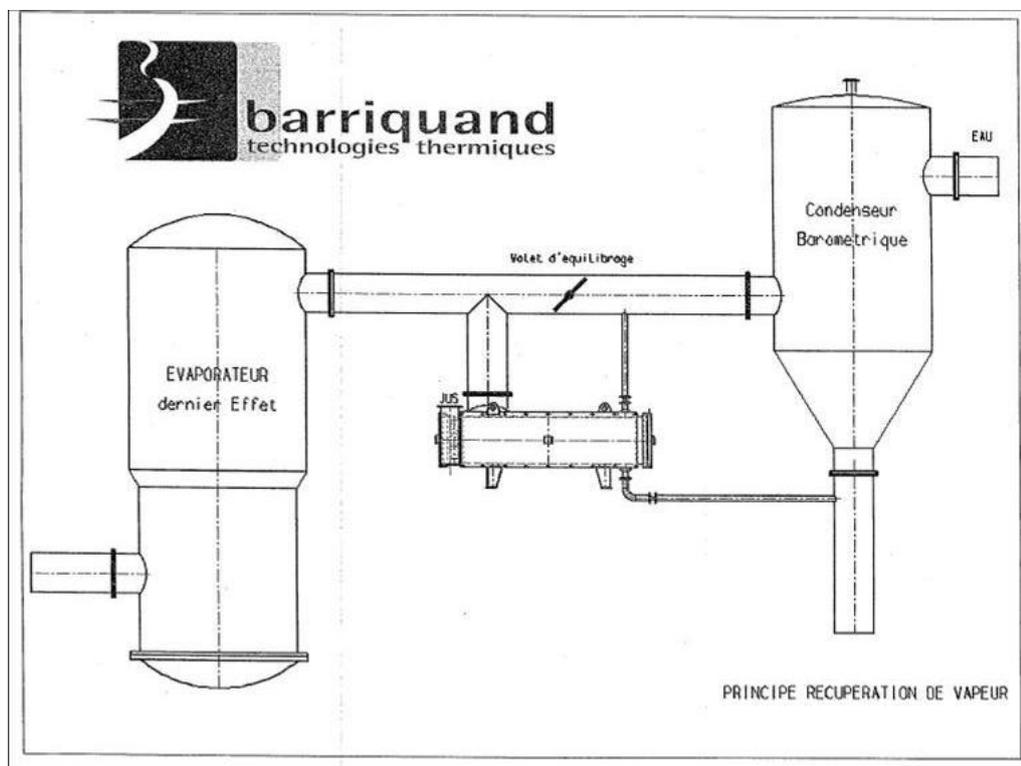


Ces réchauffeurs peuvent aussi se monter soit en dérivation, soit directement en condenseur partiel sur la tubulure de vapeur avant le condenseur barométrique.

Outre les économies d'énergie importantes que cette solution génère, elle induit par ailleurs des économies d'eau et de coût de fonctionnement du condenseur barométrique.



Figure 9. Réchauffeur de jus avec des vapeurs de cuite



Réchauffage des jus bruts et mélangés à l'aide de vapeurs de prélèvement (VP1- VP2 - VP3 - VP4) - Réchauffage des jus chaulés

Pour porter les jus à la température permettant de les flasher, il faut utiliser les vapeurs de prélèvement issues des différents corps d'évaporation.

Grâce à l'excellente efficacité thermique des échangeurs PLATULAIRE® type X, on peut réchauffer les jus à des températures très proches de la température des vapeurs disponibles et favoriser prioritairement les vapeurs de plus basses pressions.

On peut par ailleurs regrouper plusieurs étages de réchauffage dans le même réchauffeur multi-circuits permettant des économies de place et de raccordement substantielles.

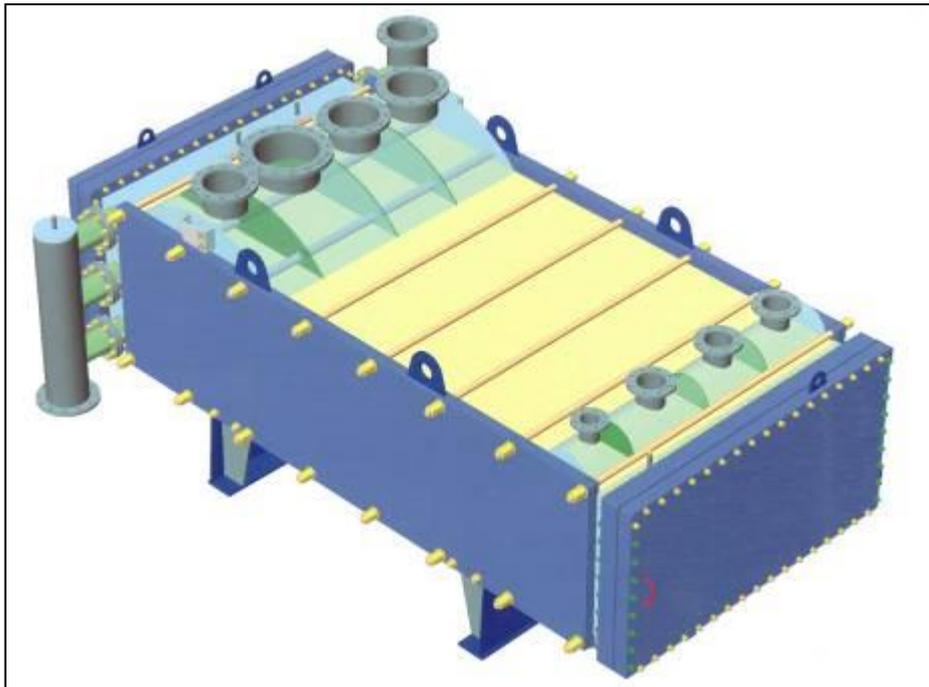


Figure 10. Réchauffeur multi-circuits à 4 circuits de vapeur indépendants

Réchauffage des jus clairs et JAE à l'aide des vapeurs de prélèvement

Il s'agit de réchauffer les jus qui ont été épurés, à une température aussi haute que possible pour entrer dans la ligne d'évaporation. Même si les jus sont dits clairs, ils peuvent comporter encore des fibres de bagasse. Par ailleurs la température à atteindre nécessite l'utilisation des vapeurs les plus chaudes (VP2 – VP1 et VE).

Les échangeurs PLATULAIRE® type X apportent pour cette application leur coefficient d'échange élevé, l'absence de joint (particulièrement appréciable à ces températures élevées),

donc un coût de maintenance très faible et les canaux larges permettant la libre circulation des fibres de bagasses résiduelles.



Figure 11. Ligne de réchauffage de jus sur vapeurs de prélèvement

Réchauffage de jus ou d'eau à l'aide des vapeurs flash avant clarification

Les vapeurs de flash avant la clarification sont porteuses d'une quantité importante d'énergie. Elles sont le plus souvent rejetées à l'atmosphère. Les échangeurs PLATULAIRE® type X permettent une récupération importante de l'énergie libérée.

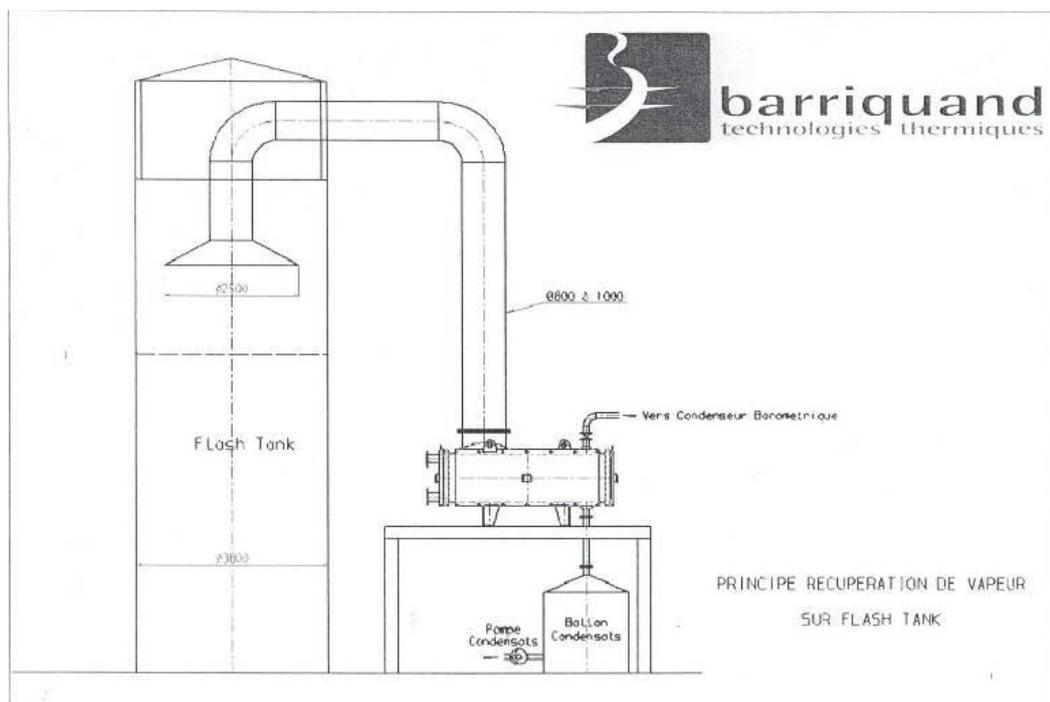




Figure 12. Condenseur Platulaire® sur vapeur de flash

Condenseurs à surface

Il s'agit de monter des condenseurs PLATULAIRE® type X à la place des condenseurs barométriques. En effet dans beaucoup d'installations, chaque cuite possède son propre condenseur pour évacuer les vapeurs basse pression et assurer le vide. Ces condenseurs barométriques sont généralement alimentés en eau d'aéro-réfrigérant. Ces eaux se polluent car il y a fréquemment des entraînements de sucre qui viennent alimenter des développements microbiens au niveau des aéro-réfrigérants, nécessitant un traitement permanent et coûteux de l'eau. L'utilisation de condenseurs PLATULAIRE® type X permet la séparation des circuits eau aéro-réfrigérant et eau condenseur et ainsi de récupérer l'eau condenseur avec le sucre qu'elle contient, d'où une économie d'eau et de sucre.



Figure 13. Condenseurs à surface en lieu et place de condenseurs barométriques

Refroidisseur de mélasses

Les mélasses de sucre présentent un brix élevé et sont donc très visqueuses. Leur refroidissement n'est pas facile. La possibilité d'adapter l'écartement entre plaques à la valeur idéale permet de réaliser un refroidissement homogène sans risque d'obstruction.

Réchauffeur de refonte

La refonte de sucre génère des sirops souvent chargés voir très chargés pouvant provoquer une obstruction partielle des échangeurs. En effet, les sirops de refonte comportent des quantités de cristaux non fondus pouvant constituer des amalgames, ainsi que des déchets divers provenant par exemple des emballages détériorés (sacs, cartons...).

Grâce à la possibilité d'adapter l'écartement entre plaques à la valeur souhaitée, les échangeurs PLATULAIRE® type sont bien adaptés à cet usage.

L'exploitation

Les coûts d'exploitation des matériels sont une composante non négligeable du prix de revient du sucre. Ce paramètre est à prendre en compte dans le choix des équipements.

Certains types d'échangeurs sont peu onéreux à l'acquisition mais présentent des coûts de maintenance élevés, tant au niveau des pièces détachées qu'au niveau du temps passé.

Les échangeurs PLATULAIRE® type X sont particulièrement faciles d'entretien :

- Le profil des plaques comporte des creux et des bosses provenant de l'emboutissage. Ces profils augmentent la turbulence et occasionnent des changements de vitesse diminuant la rapidité d'encrassement ;
- Ce même profil de plaques permet d'effectuer des nettoyages chimiques efficaces pendant les campagnes sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir les échangeurs ;
- Pas de joint au niveau de la surface d'échange, les seuls joints sont ceux des portes et sont prévus pour ne pas être changés à chaque ouverture ;
- Les appareils sont équipés de portes montées sur charnières permettant d'ouvrir très rapidement pour effectuer des nettoyages mécaniques à l'aide de nettoyeurs haute pression. Cette pratique est généralement utilisée en inter-campagne mais peut se faire à tout autre moment en cas de besoin ou de problème.

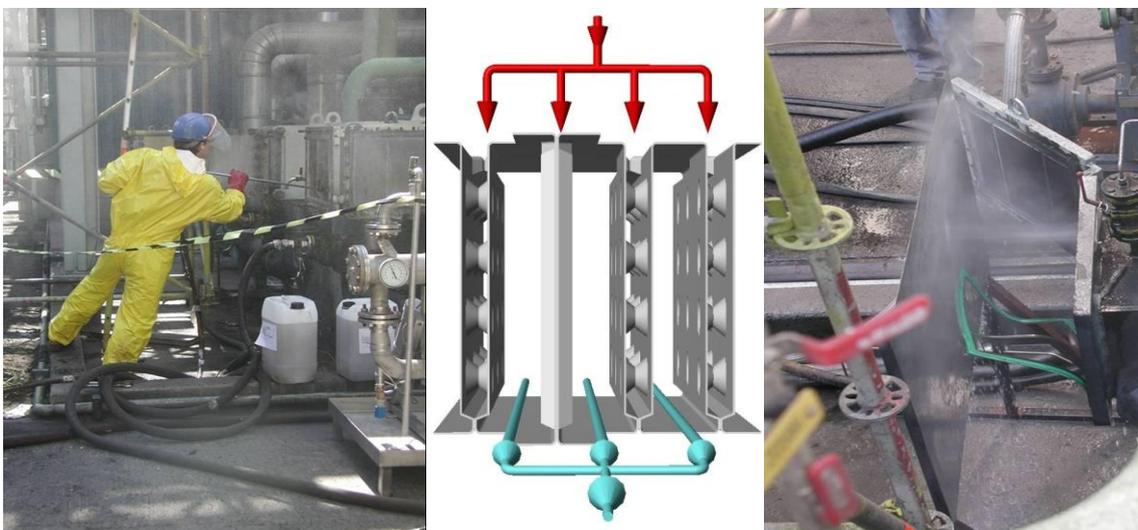


Figure 14. Nettoyage haute pression

Nouvelles applications – Nouveaux marchés

La transformation des produits d'origine agricole met souvent en œuvre des fluides chargés de matières en suspension, organiques ou minérales, ou de matières sèches dissoutes.

Cela peut des encrassements dans les échangeurs pouvant aller jusqu'à l'obstruction si les sections de passages et les profils de surface ne sont pas idéalement adaptés.

De nouveaux procédés apparaissent dans différents domaines :

- Energétiques (éthanol, ...)
- Chimiques (matières plastiques d'origine végétale, ...)
- Papetiers (cellulose d'origine biomasse, ...).

Beaucoup de ces procédés mettent en œuvre des fluides encrassants, souvent chargés ou visqueux dans des milieux pouvant être corrosifs.

Les échangeurs PLATULAIRE® sont adaptés sur les plans hydrauliques et métallurgiques, car réalisables dans de nombreux alliages (bases nickel, Duplex...).

Conclusion

Les économies d'énergies dans les sucreries de canne sont maintenant indispensables compte tenu du contexte énergétique global et de la nécessité permanente de réduire les coûts d'exploitation face à la volatilité des cours du sucre. La récupération de l'énergie disponible dans les condensats, les vapeurs de basse pression, les vapeurs de flash, grâce à la technologie des échangeurs de chaleur à plaques soudées Platulaire®, inventée par Barriquand, permet une optimisation des consommations et une réduction des coûts de maintenance.

Ces échangeurs Platulaire® peuvent de la même façon être utilisés pour les nouveaux procédés d'utilisation de la canne à sucre (bioéthanol à partir de canne hydrolysée, chimie verte).