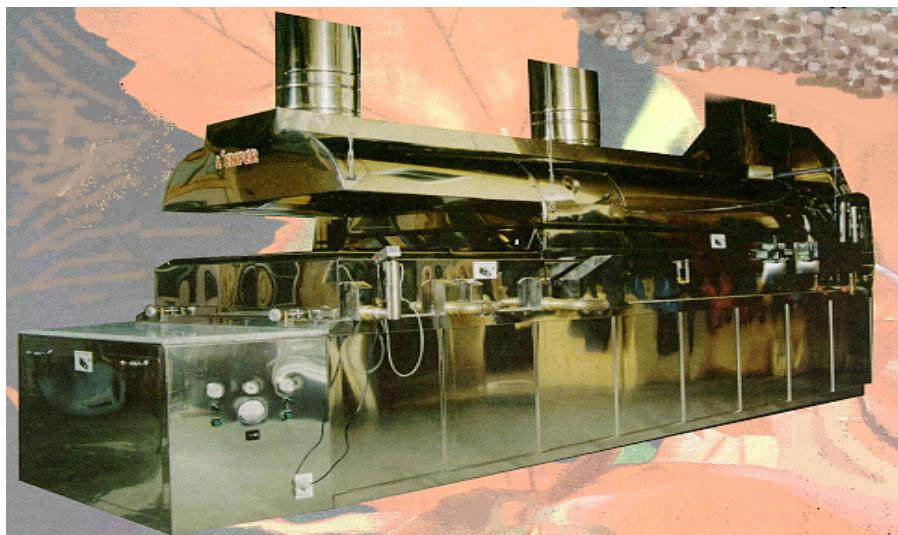




CARACTÉRISTIQUES DES Systèmes d'évaporation



Saint-Georges-de-Beauce
Conférences au Salon acéricole
25 - 26 - 27 septembre 1998

CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES D'ÉVAPORATION

| | |
|--------------------------|----------|
| INTRODUCTION..... | 1 |
|--------------------------|----------|

1. CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES D'ÉVAPORATION

| | |
|---|----------|
| 1.1 MATÉRIAUX | 1 |
| 1.2 Soudures | 2 |
| 1.3 HAUTEUR DES CASSEROLES..... | 3 |
| 1.4 ARRANGEMENT ET PROFONDEUR DES PLIS | |
| 1.4.1 Taux d'évaporation pour les casseroles à fond plat et à plis..... | 3 |
| 1.4.2 Plis dans le feu ou dans la casserole (dans l'eau)..... | 4 |
| 1.4.3 Arrangement des casseroles (plat vs plis) | 6 |
| 1.5 LE PRÉCHAUFFEUR | |
| 1.5.1 Préchauffeur sur la casserole à plis vs dans la cheminée | 7 |
| 1.5.2 La casserole superposée | 8 |
| 1.6 CONTRÔLE D'ALIMENTATION | 8 |

2. IMPORTANCE DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION DANS LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DU SIROP

| | |
|---|----------|
| 2.1 RYTHME D'ÉBULLITION VS TAUX D'ÉVAPORATION | 9 |
| 2.2 TEMPS DE TRANSIT DE LA SOLUTION DANS L'ÉVAPORATEUR | 9 |

3. CHOIX DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION

| | |
|---|-----------|
| 3.1 BESOIN D'ÉVAPORATION | 9 |
| 3.2 CALCUL DU COMBUSTIBLE REQUIS | 10 |

INTRODUCTION

L'évaporateur est le réacteur pour développer la saveur. Plusieurs facteurs interviennent dans le processus de la formation de la saveur et des arômes du sirop d'érable. Ainsi, à partir d'une sève trop dégradée par les bactéries, il devient difficile d'obtenir des sirops de bonne qualité.

C'est au cours du processus de l'évaporation de la sève que les réactions favorisant la saveur d'érable se produisent. Il est donc essentiel de travailler rapidement pour la récolte, l'entreposage et la concentration de la sève, mais cela n'est pas nécessairement vrai pour l'évaporation.

On dispose maintenant d'équipements très performants qui réduisent, de beaucoup, le temps d'évaporation. De tels systèmes d'évaporation peuvent donner des sirops ayant une bonne transmission de lumière, mais avec des saveurs d'érable et des arômes peu développés. À ce moment, il est plus facile de percevoir des saveurs désagréables puisqu'elles masquent facilement la saveur d'érable peu prononcée.

1. CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES D'ÉVAPORATION

1.1 MATERIAUX

- Diverses nuances d'acier inoxydable

Dans l'acier inoxydable, les molécules de nickel prennent toute la place et empêchent l'oxygène de s'y loger; il n'y a donc pas de rouille possible. Toutefois, s'il y en a, c'est le résultat de contaminations, d'impuretés, lors des manipulations.

Nuance 304 :

Excellent résistance à la corrosion, compatible avec les produits alimentaires, très utilisé en acériculture;
Bonne conductivité thermique;
Bonne résistance à la fracture lorsque courbé.

Nuance 316 :

Il est utilisé pour les réservoirs laitiers;
Beaucoup plus dispendieux;
Très très résistant à la corrosion, durable, facilité de lavage;
Moins bonne conductivité thermique;
Résiste moins bien à la fracture lorsque courbé.

Nuance 430 :

Bonne résistance à la corrosion;
Moins cher, plus difficile à laver;
Utilisé surtout pour des garnitures architecturales comme l'extérieur du foyer;
Type poli : effet miroir, les défauts sont plus apparents et facile d'entretien;
Type brossé : les défauts ne paraissent pas, difficile à nettoyer, plus poreux.

- Épaisseur de l'acier

Le fond de la casserole est plus mince (calibre 22) pour un meilleur transfert de chaleur (10%) et doit être résistant à l'effondrement. La résistance structurale est assurée par les côtés et supports plus épais (calibre 20).

- Résistance au solution de lavage

L'acier doit résister aux acides faibles et biodégradables, à des pH de 5 à 7, lors du travail en évaporation. Le temps de contact et la température élevée activent l'oxydation. Il en va de même pour les produits de lavage qui sont à des pH très bas, de 3 à 4 : ils agressent les matériaux.

- Matériau de grade alimentaire

Au Canada, c'est la Direction générale de la protection de la santé qui peut statuer si un matériau peut être utilisé dans un procédé où il risque d'être en contact avec un produit alimentaire. Dans les faits, cet organisme applique sensiblement les mêmes normes que celles appliquées par la Food and Drugs Administration (FDA) du gouvernement des États-Unis.

Au Québec, on doit respecter l'article 2.1.4 du règlement sur les aliments :

Les surfaces du matériel, de l'équipement, des ustensiles et des contenants qui entrent en contact direct avec les produits, à l'exception des fruits et légumes frais entiers qui ne font pas l'objet de préparation, doivent être faites d'un matériau :

- 1° qui ne peut être corrodé;
- 2° résistant aux opérations de lavage, de nettoyage ou de désinfection;
- 3° non toxique et non en état ou en voie de putréfaction;
- 4° non absorbant et imperméable;
- 5° inaltérable par les produits et fabriqué de façon à ne pas altérer les produits.

Ces surfaces doivent être exemptes de particules détachables, d'aspérités ou de fissures.

1.2 SOUDURE

Le matériel utilisé doit être celui qui est le moins susceptible de contaminer le produit final, soit le sirop. L'association des manufacturiers établit présentement des normes. Alors, faites affaires avec des entreprises professionnelles qui tiendront compte de ces normes.

Historiquement, l'étain était utilisé avec un autre métal comme alliage pour relier diverses composantes qui entrent dans la fabrication de l'évaporateur. On peut donc rencontrer l'étain avec le plomb, l'argent, le cuivre, etc.

La sève, contenant des acides organiques et des sucres réducteurs, peut être légèrement acide et corroder les soudures et les matériaux. Les produits qui en résultent peuvent être toxiques ou, tout au moins, donner un arrière-goût fort désagréable.

Présentement, un élément, le plomb, est pointé du doigt et fait l'objet d'un consensus mondial sur la qualité des aliments; la norme dicte une concentration inférieure à 0,5 PPM dans le produit final. Un sirop ne rencontrant pas cette norme est impropre à la consommation humaine. L'an dernier les États-Unis parlaient d'abaisser leur norme à 0,35 PPM.

Les équipements, faits d'acier étamé, sont parfaitement compatibles avec l'industrie alimentaire. Ils ne sont pas plus responsables de la contamination du sirop d'érable par des métaux lourds que ceux, d'acier inoxydable, soudés avec les mêmes matériaux.

Le procédé de soudure par fusion sous jet d'argon (TIG et MIG) est nettement préférable en ce qui a trait aux résidus de plomb dans le sirop.

1.3 HAUTEUR DES CASSEROLES

Les molécules d'eau se retiennent ensemble, c'est ce qu'on appelle la tension superficielle qui, elle-même, varie selon la quantité de protéines dans l'eau, qui est en relation même avec la charge bactérienne. Jusqu'à quelle hauteur cette tension est-elle efficace pour garder la sève dans les casseroles ?

Par essai et erreur, il est recommandé d'avoir des côtés de 12 à 14 pouces de hauteur pour les casseroles à fond plat et la même chose pour les casseroles à plis, soit de 12 à 14 pouces au-dessus des plis. Comme il faut garder la solution le plus bas possible dans la casserole, il ne servirait à rien d'utiliser côtés très hauts si cela ne contribuerait qu'à augmenter le prix. On recommande plutôt l'utilisation des antimousses, ou ce qui est encore mieux, la diminution de l'intensité du feu.

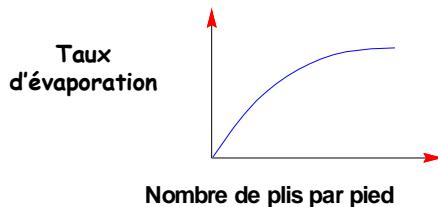
1.4 ARRANGEMENT ET PROFONDEUR DES PLIS

1.4.1 Taux d'évaporation pour les casseroles à fond plat et à plis

- Casserole à fond plat : 0,85 gallon/pi²/heure
- Casserole à plis de 7 pouces de profondeur :
 - standard (5 plis/pied) combustible au bois : 3,25 gallon/pi²
 - haute performance (6 plis/pied) combustible au bois : 3,81 gallon/pi²
 - standard (5 plis/pied) combustible à l'huile : 3,82 gallon/ pi²
 - haute performance (6 plis/pied) combustible à l'huile : 4,36 gallon/ pi²

Note :

Chaque taux d'évaporation peut varier selon la consommation horaire d'huile ou de bois utilisé. Il y aura un plus grand taux d'évaporation s'il y a plus de plis. On augmente ainsi la surface de contact de la solution avec la chaleur. À l'extrême, plus il y a de plis, plus ils seront étroits et moins la solution restera dans la casserole. On devra alors utiliser énormément d'antimousse et cela altèrera inévitablement le goût du sirop.



Idéalement, une caserole devrait avoir de 5 à 6 plis/pied

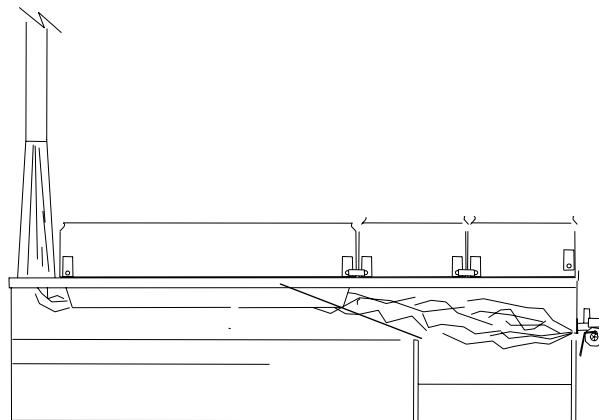
1.4.2 Plis dans la casserole ou dans le feu

Le transfert de chaleur se fait de trois principales façons : par radiation (près de la flamme), par convection (plus loin, par les gaz de combustion) et par conduction (par la conductivité du matériel).

Certaines casseroles à plis ont les plis dans l'eau, d'autres dans le feu. Pourquoi? Sont-elles aussi efficaces l'une que l'autre?

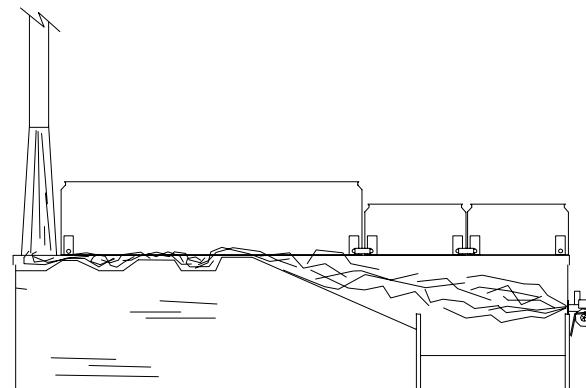
Modèle à plis dans le feu

Le modèle à plis dans le feu a été conçu pour fonctionner sans flottes de transfert à l'intérieur de l'évaporateur, ce qui fait qu'on a un même niveau à la grandeur de l'évaporateur. L'inconvénient de ce modèle, c'est que les températures des gaz dans la cheminée sont plus élevées, car il n'y a pas de restriction dans la chambre à combustion, voir schéma. De plus, la manipulation de la casserole à plis est plus difficile.



Modèle à plis dans l'eau

Elle permet d'augmenter l'efficacité à cause des étapes de décompression et compression des gaz pour que l'échange de chaleur soit augmenté. L'inconvénient du modèle à plis dans l'eau c'est une flotte de transfert pour casserole à fond plat. Aussi, il est plus difficile de voir à l'intérieur de la casserole à plis parce qu'elle est plus haute que celle avant.



Différence d'efficacité entre les deux modèles pour un même évaporateur :

Plis dans l'eau :

| | |
|-------------------|-------|
| CO ₂ | 11 |
| Fumée | 0 |
| Température gaz | 500°F |
| Température pièce | 50°F |
| Efficacité | 82% |

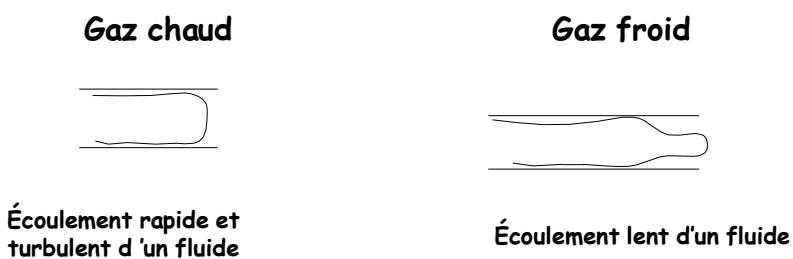
Plis dans le feu :

| | |
|-------------------|-------|
| CO ₂ | 11 |
| Fumée | 0 |
| Température gaz | 750°F |
| Température pièce | 50°F |
| Efficacité | 74,6% |

Qu'une casserole soit à plis dans l'eau ou à plis dans le feu, l'une peut être aussi bonne que l'autre, à condition que la forme du foyer permette que la masse de gaz se déplace en un mouvement rapide et turbulent.

Plus les gaz s'éloignent de leur source d'origine, plus ils sont froids. Comme tout fluide en périphérie, ils sont lents. Pour garder une grande vitesse et une turbulence, le parcours doit être diminué (en entonnoir) en se dirigeant vers la cheminée et rencontrer des obstacles, ce qui permettra à la cheminée de rester plus froide.

TURBULENCE DES GAZ



1.4.3 Arrangement des casseroles (plat vs plis)

Relation entre la performance énergétique et la saveur du sirop d'érable

- Plus l'évaporateur est performant, moins le goût du sirop est développé;
- Plus on diminue le rapport de casserole à fond plat, par rapport à la casserole à plis, moins le goût du sirop est développé.

Note :

Les affirmations ci-haut ne sont que des hypothèses car aucun test concret n'a été effectué jusqu'à maintenant. Pour obtenir des résultats vérifiables, nous devrions faire des tests dans des conditions identiques avec différents types d'évaporateurs consommant la même sève.

Par contre, il y a plusieurs observations sur le terrain qui démontrent que l'on devrait avoir entre 25 et 35% de surface de casserole à fond plat. Ceci est pour une surface projetée, par exemple, un évaporateur 5 pi x 14 pi avec deux casseroles à fond plat de 2 pi x 5 pi et à plis de 5 pi x 10 pi donne 29% de surface « plat » : $\frac{20 \text{ pi}^2 \times 100}{70 \text{ pi}^2}$

Cette méthode de calcul est rapide, mais elle ne doit pas être utilisée sans tenir compte de l'osmose inverse.

La surface déployée de la casserole à plis est la surface de la casserole à plis qui serait toute déployée (c'est plus précis); on recommande d'avoir un minimum de 5% de fond plat par rapport au total.

Par exemple, une casserole de 5 pi x 10 pi avec 5 plis par pied de 7 pouces avec plis dans l'eau

$$S = Lo \times [La + (2N + 2) \times P/12]$$

$$S = \text{Surface (pi}^2\text{)}$$

$$Lo = \text{longueur (pi)}$$

$$N = \text{Nombre total de plis}$$

$$S = 342 \text{ pi}^2$$

$$P = \text{profondeur de plis (po)}$$

$$La = \text{largeur (pi)}$$

$$\frac{20 \text{ pi}^2}{342 \text{ pi}^2} \times 100 = 5,8\%$$

Le choix de la longueur et de la largeur de la casserole à plis résulte de connaissances empiriques issues de l'expérience de terrain pour concilier le strict besoin d'évaporation et le coût des équipements et de leur utilisation.

1.5 LE PRÉCHAUFFEUR

Le préchauffage de l'eau d'érable augmente d'environ 15% l'efficacité d'un évaporateur.

1.5.1 Préchauffeur sur la casserole à plis vs préchauffeur dans la cheminée

Préchauffeur sur la casserole à plis

Avantages :

- Permet d'augmenter la capacité d'évaporation sans affecter l'efficacité de l'évaporateur ;
- Permet d'augmenter l'évaporation dans la casserole à plis sans gaspiller d'énergie ;
- Utilise l'énergie perdue dans la vapeur ;
- Augmente la température de l'eau à l'entrée de la casserole de 160°F à 194°F ;
- Donne plus d'eau de condensation mais cette dernière n'est pas potable ;
- Transfert de chaleur facile de la vapeur au cuivre
218 B.T.U. / (hre) (pi²) (degré °F) (pi).

Inconvénients :

- Plus difficile de soulever le dôme pour faire le nettoyage de la grande casserole ;
- Doit-être fabriqué en cuivre pour donner un bon rendement ;
(Note : le cuivre n'est pas recommandé pour l'alimentation ; il est présentement toléré en acériculture)
- En acier inoxydable, devrait être 2 à 3 fois plus long ;
- Le préchauffeur en cuivre nécessite un soudage à l'étain ;
- Impossible de voir si les tuyaux sont propres ;
- Le préchauffeur apporte une restriction à l'eau d'érable ;
- Si l'eau sort trop chaude (194°F), il y a également des gaz et la flotte réagit mal; ceci peut être corrigé par une pente régulière du serpentin du préchauffeur.

Préchauffeur dans la cheminée

Avantages :

- Augmente la température de l'eau à l'entrée de la casserole à 160°F ;
- Diminue la température des gaz dans la cheminée de 40% à 70% ;
(Tests exécutés : au lieu d'avoir une température de 1 200 degrés dans la cheminée, le préchauffeur récupère cette chaleur normalement perdue et diminue la température des gaz à 450°F);
- Permet d'augmenter la capacité d'évaporation sans affecter l'efficacité de l'évaporateur ;
- Permet d'augmenter l'évaporation da la casserole à plis sans gaspiller d'énergie ;
- Nettoyage très facile (accès au nettoyage par les côtés amovibles) ;
- Possibilité de voir à l'intérieur du préchauffeur en tout temps ;
- Fabriqué en entier de stainless 304 et soudure à l'argon ;
- N'apporte aucune restriction à l'eau d'érable.

Inconvénients :

- Donne moins d'eau de condensation;
- Nécessite l'installation des réservoirs à un niveau plus élevé;
- Transfert de chaleur difficile des gaz de combustion au stainless
34 B.T.U. / (hre) (pi^2) (degré °F) (pi).

1.5.2 La casserole superposée

C'est une autre forme de préchauffeur qui augmente également le taux d'évaporation d'environ 15% et plus dans de bonnes conditions. Cette casserole pose cependant un problème alimentaire : l'air soufflé à l'intérieur de cette casserole est non-filtré (HAP, furane, dioxine soluble). De plus, ce type de casserole nécessite un bâtiment avec des murs, d'au moins 14 pieds de haut ; c'était populaire avant l'avènement de l'osmose et l'électrification plus grande des érablières.

Au cours des journées humides, cela fonctionne mal parce que l'air injectée dans la casserole est déjà très humide. On utilise le principe de diffusion : c'est un peu comme un humidificateur. On doit entrer beaucoup d'air « brisé » avec un compresseur, à l'intérieur de la sève.

1.6 CONTRÔLE D'ALIMENTATION

Les raccords, entre chaque casserole, doivent être de matériel compatible avec l'alimentaire dont l'assainissement est facile (en acier inoxydable et qui se démonte facilement).

Aujourd’hui, l’électronique remplace les boîtes à flottes et les siphons mais c’est plus dispendieux.

La boîte à flottes est une mécanique simple qui fonctionne bien si les composantes sont proportionnées à la dimension de l’évaporateur. Par exemple, souvent le flotteur n'est pas assez volumineux ou bien le bras qui relie le flotteur au mécanisme de fermeture est souvent trop court par rapport au diamètre du tuyau d’entrée d’eau.

2. IMPORTANCE DU SYSTÈME D’ÉVAPORATION DANS LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DU SIROP

2.1 RYTHME D’ÉBULLITION VS TAUX D’ÉVAPORATION

Feu à bois transformé en feu à l’huile.

En utilisant un finisseur, on améliore la situation parce que la transformation du grand évaporateur n'agrandit pas l'espace pour le feu sous les casseroles à fond plat. Habituellement, le finisseur consomme trop d'huile. Le rendement d'un évaporateur est quand même augmenté de 5 à 6%.

2.2 TEMPS DE TRANSIT DE LA SOLUTION DANS L’ÉVAPORATEUR

Un feu mal réparti favorise des points de surchauffe qui brûlent les sucres. Il y a également des points où la sève ne bouge presque pas; dans ces endroits, le malate de calcium et de magnésium ne reste pas en suspension, il tombe au fond et entartre la casserole.

- L’entartrage varie aussi avec le pH de la sève ;
- Pour optimiser la qualité du sirop ainsi que le rendement de l’évaporateur, il est recommandé d’avoir une hauteur d’eau d’érable dans la casserole à plis de $\frac{1}{2}$ à 1 pouce, par-dessus le plis ;
- En ce qui concerne les casseroles à fond plat, il est recommandé d’avoir une hauteur d’eau d’érable dans les casseroles de $1\frac{1}{2}$ à 2 pouces ;
- °Brix par rapport à la viscosité : concentration optimale dans les casseroles à plis de 40°B à la sortie.

3. CHOIX DU SYSTÈME D'ÉVAPORATION

3.1 BESOIN D'ÉVAPORATION

- Nombre réel d'entailles vs normalisée ;
- Coulée de pointe prévisible ;
- Présence d'osmose inversée.

3.2 CALCUL DU COMBUSTIBLE REQUIS

En supposant l'utilisation d'un préchauffeur sur la casserole à plis, son efficacité est fixée à 70% alors que la casserole à fond plat est limitée à 60%.

Caractéristiques d'une combustion utilisant l'huile no 2.

**Consommation annuelle d'huile à chauffage
en gallon par tranche de 1 000 entailles**

| Efficacité globale | °Brix de la solution à évaporer | | | |
|---------------------------|--|------------|----------|----------|
| | 2 | 2,5 | 6 | 8 |
| 50% | 1 079,1 | 856,5 | 337,2 | 244,5 |
| 56% | 963,5 | 764,8 | 301,1 | 218,3 |
| 60% | 899,2 | 713,8 | 281,0 | 203,7 |
| 64% | 843,0 | 669,2 | 263,4 | 191,0 |
| 70% | 770,8 | 611,8 | 240,9 | 174,6 |

Note : Ce tableau est pour une production normale de sirop fixée à 2,5 livres/entaille.

L'efficacité globale d'un évaporateur neuf à l'huile avec préchauffeur est de 70%. Un évaporateur plus ancien peut présenter une efficacité d'environ 64%. Aussi, de son côté, l'évaporateur au bois converti à l'huile pourra même avoir une efficacité encore plus réduite parce que la chambre de combustion est trop petite.