

FASCICULE DE BREVET D'INVENTION

21 Numéro de dépôt : 1201600257

22 Date de dépôt : 08/06/2016

30 Priorité(s) :

24 Délivré le : 30/03/2018

45 Publié le : 17.08.2018

73 Titulaire(s) :

-UNIVERSITÉ FÉLIX HOUPHOUËT-BOIGNY

-INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE
HOUPHOUËT- BOIGNY,
22 B.P. 582, ABIDJAN 22 (CI)

72 Inventeur(s) :

Mrs N'GORAN Yao (CI)
KOFFI Aka Stéphane (CI)

74 Mandataire :

54 Titre : Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao.

57 Abrégé :

L'invention est un dispositif (figure 1) pour fermenter et sécher les fèves de cacao à l'aide d'une source d'énergie renouvelable en l'occurrence le solaire thermique (1). Ce dispositif est composé de trois parties : un fermenteur (7) et figures 2,3 et 4, un séchoir (2), (3) et figures 5, 6, 7 et 8) et un dispositif de mesures numériques (1), (4), (5), (8), (9). Le fermenteur de forme cylindrique dont le fond est percé d'un trou, comportant un mécanisme de basculement (11), (12), deux grilles tissées en rotin (14), deux couvercles étanches en bois (15) et un mécanisme de compression (10), (13), permet de faciliter le processus de fermentation par compression/décompression en phase alcoolique et brassage des fèves. Le séchoir (figure 5) se divise en deux grandes parties : un collecteur (17) pour le chauffage de l'air et une chambre de séchage (18) pour l'exposition des fèves de cacao fermentées à la chaleur. Le dispositif de mesures est un ensemble d'instruments (1), (4), (5), (8), (9) qui permet d'effectuer des mesures aussi bien sur le fermenteur que sur le séchoir.

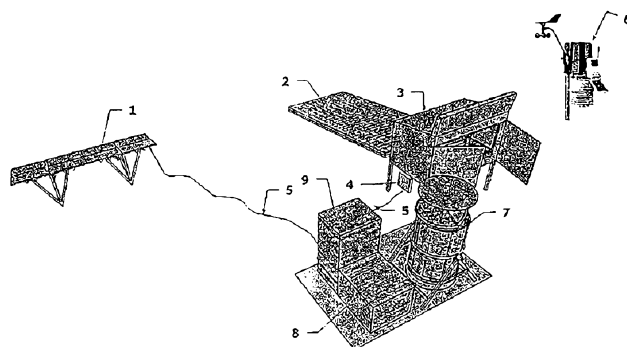


Fig. 1



DESCRIPTION DE L'INVENTION

Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao

L'invention concerne un dispositif amélioré de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao afin de procurer un revenu additionnel aux producteurs à travers les bonnes
5 pratiques de fermentation et de séchage des fèves.

Il existe plusieurs variétés de cacaoyers (forastero, criollo, trinitario) dont les fèves seront sélectionnées par les chocolatiers pour leurs qualités gustatives variables suivant la variété et le lieu de production.

- Le forastero (80-90 % de la production mondiale) originaire d'Amazonie mais
10 principalement cultivé en Afrique, Brésil et Équateur, le plus rustique.
- Le criollo (1-5 % de la production mondiale), originaire du Venezuela, cultivé en Amérique latine (Caraïbes, Antilles, Mexique, Venezuela, Colombie), le plus fin et aromatique, doux et légèrement amer.
- Le trinitario (10-20 % de la production mondiale), issu du croisement des deux
15 précédents, apparu au XVIII^e siècle sur l'île Trinidad pour pallier les pertes importantes causées par les ouragans dans les cultures de criollo, plus fragile. Cultivé en Amérique hispanophone, Trinidad, en Afrique principalement au Cameroun et en Asie, arômes fins mais moins intenses que le criollo.
- Le nacional, forastero produit en Équateur, avec des arômes plus fins qu'un
20 forastero courant.

La production de cacao était en 2006 selon FAOstat de 4,06 millions de tonnes, en hausse constante depuis 2003 après avoir stagné entre 3 et 2,2 millions de tonnes de 1995 à 2002. Elle est pour la plus grande part issue de petits planteurs (95 %, soit 6,5 millions de producteurs) : en Afrique, ces planteurs représentent l'essentiel de la production (90 %
25 des plantations font moins de 10 ha, en Asie ils côtoient les grandes plantations, ces dernières dominant au Brésil. Les pays émergents (comme le Brésil et la Malaisie) ou les pays grands producteurs traditionnels (Côte D'Ivoire, Ghana) délaissent peu à peu cette



culture, jugée pas assez rentable par rapport à l'hévéaculture qui tend à la supplanter. Ainsi, parasites et maladies font perdre selon une estimation de 1999 environ 30 % de la production mondiale.

Traitement

- 5 Le traitement post-récolte du cacao est de plus en plus souvent réalisé par des groupements de petits planteurs ou dans des plantations industrielles. Ce traitement comporte deux opérations principales qui conditionnent la qualité du produit : la fermentation, puis le séchage.

a. La fermentation

- 10 Différentes techniques de fermentation sont utilisées. Au niveau traditionnel, la fermentation est effectuée de façon empirique et aléatoire et dépend souvent du savoir-faire du producteur soit en tas, soit dans des caisses tapissées et recouvertes de feuilles de bananiers. Cette technique facilite le brassage et offre un bon déroulement de la fermentation, mais la qualité du cacao n'est pas reproductible.

- 15 D'autres techniques de fermentation plus améliorées existent :

- en caisse T60 avec 3 compartiments ou plateaux, sur plateforme de séchage (très pratique pour les fermentations à courte durée ~ 4 jours, mais les fèves obtenue seront peu fermentées et le risque de moisissure est plus grand),
- en fût inox cylindrique (le brassage se fait par rotation du fermenteur et injection d'air, la
20 mise en œuvre est couteuse) ou
- sur plateaux, les uns sur les autres de 10 cm de profondeur chacun (l'espace entre les plateaux permet à l'air de passer ce qui dispense de brassage, 4 jours suffisent, mais, son coût de fabrication empêche les petits producteurs de l'utiliser).

b. Le séchage.

- 25 Il existe deux méthodes principales : le séchage solaire passif (circulation naturelle de l'air) et le séchage actif ou artificiel (circulation forcée de l'air).



Le séchage solaire naturel, utilisé surtout dans les petites plantations, est la technique la plus ancienne et la plus répandue. Il donne, dans la plupart des cas, de bons résultats, mais nécessite de grandes surfaces. Les fèves sont étalées sur des nattes, soit posées sur le sol, soit surélevées à 1 m environ et chargées à raison de 15 à 25 kg/m². Certains planteurs utilisent des aires en ciment. Cela présente le risque de surchauffer la coque et de la faire éclater. De plus, le ciment, même bien fait, se fissure et permet aux moisissures de s'y fixer. La nuit, le cacao peut être rassemblé de façon à éviter des reprises trop importantes en eau surtout en fin de séchage. Les nattes traditionnelles peuvent être remplacées par des bâches de séchage en polyéthylène noir traitées contre les rayons UV. Dans les grandes plantations, des dispositifs mécaniques simples facilitent les manutentions. De grandes claies roulantes montées sur rails et à différents niveaux sont utilisées («séchoirs autobus»). Dans d'autres cas, ce sont des toits mobiles qui viennent recouvrir les claies ou plates-formes fixes.

Le séchage artificiel devient nécessaire, lorsque la période de récolte correspond avec celle de la saison des pluies (il est difficile d'arriver à une teneur en eau finale de 7,5 %) ou dès que les quantités à traiter sont importantes. Il faut distinguer le séchage artificiel intégral du séchage artificiel intervenant après un pré-séchage ou un séchage solaire, conduisant à différents types de séchoirs directs, indirects ou mixtes. Dans les séchoirs directs, le produit se trouve directement sous la surface de captation avec les risques de surchauffe. Dans les indirects, l'air est chauffé dans un compartiment puis convoyé sur le produit se trouvant dans un autre et dans les mixtes, l'air est en plus réchauffé au niveau du produit. Ces séchoirs peuvent être réalisés en boîte, en armoire (à différents niveaux ou casiers) ou en tunnel (comme une serre). Ils se répartissent en séchoirs non mécaniques et séchoirs mécaniques qui comprennent : les séchoirs statiques; les séchoirs rotatifs et les séchoirs verticaux ou séchoir à grains.

1) Séchoirs statiques, plateformes constituées par un treillis métallique ou une tôle perforée sous laquelle est pulsé de l'air chaud provenant d'un générateur à échangeur, sont alimentés soit au fuel, soit au bois. Le fuel est de plus en plus utilisé pour des raisons



de commodités d'emploi et de réglage de température, d'un coût peu élevé à l'achat, mais peu économiques à l'usage. Néanmoins ce type de séchoir est surtout utile lorsque le produit à sécher sort de fermentation, en complément au séchage solaire ;

2) Séchoirs rotatifs se composent d'un cylindre (en aluminium) perforé et compartimenté, monté sur un châssis, et animé d'un mouvement de rotation. Le séchage complet dure environ 30 heures, cependant il est conseillé de procéder à un pré-séchage solaire des fèves pendant 24 heures pour éviter de colmater les perforations des grilles. Le séchage final en séchoir rotatif sera alors achevé en 20 heures. On leur reproche : un investissement élevé pour la capacité de séchage, un rendement calorifique faible, une puissance installée élevée/kg de cacao traité et un remplissage et une vidange malaisés.

3) Séchoirs verticaux, ou séchoir à grains, sont souvent intéressants dans les ateliers de reconditionnement et dans les entrepôts, car ils permettent : un débit important, un rendement thermodynamique généralement plus élevé, un travail en continu, une homogénéisation plus grande du produit, un contrôle plus aisé des températures et une possibilité de recyclage de l'air. Il faut cependant noter à son désavantage : un montant élevé de l'investissement, un risque de corrosion rapide et des risques d'incendie.

Dans certains cas, les fèves sont lavées avant d'être séchées, afin de les débarrasser de restes de mucilage.

En somme, la qualité des fèves dépend des processus de fermentation et de séchage. Cependant, il ressort des investigations de terrain que nos producteurs actuels ne disposent pas d'outils pour réaliser ces deux opérations qui soient identiques et reproductibles.

La présente invention a pour but de produire un dispositif pour fermenter et sécher les fèves de cacao à l'aide d'une source d'énergie renouvelable en l'occurrence le solaire thermique qui soit efficace et qui n'entrave pas les réactions chimiques présentes durant la fermentation et permette une reproductibilité et une répétabilité de ces opérations.



Conformément à l'invention ce but est atteint avec un dispositif composé de trois parties : un fermenteur, un séchoir et un dispositif de mesures numériques.

LE FERMENTEUR

Il se compose d'un tronc (a) de forme cylindrique (réalisé avec deux contreplaqués en bois
5 séparés par de la fibre de coco utilisée comme isolant), de deux couvercles tissés en rotin, de deux couvercles étanches en contreplaqué, d'un dispositif de compression des fèves en contreplaqué avec manche, d'un râteau et d'un mécanisme de basculement.

Le fermenteur (en position verticale) est rempli jusqu'à sa mi-hauteur de fèves de cacao. Une compression est faite pour chasser les poches d'air ainsi qu'une partie de l'eau
10 présent dans la pulpe. Après 24h, la compression est enlevée et une rotation du fermenteur permet d'effectuer un brassage. Une autre compression est réalisée de la même manière durant 24h. Après cette phase, le fermenteur est mis en position horizontale et les couvercles étanches du haut et du bas sont retirés, une rotation (brassage) est faite et les couvercles étanches sont remis. Il reste dans cette position
15 horizontale et, chaque 24h, les couvercles étanches sont retirés et une rotation est faite et ceci durant 4 jours. Chaque rotation correspond à un brassage de sorte à une bonne répartition de l'air et ainsi permettre une homogénéisation des réactions chimiques en cours.

LE SÉCHOIR

20 Il se divise en deux grandes parties : un collecteur pour le chauffage de l'air et une chambre de séchage pour l'exposition des fèves de cacao fermentées à la chaleur.

Le collecteur dont la réalisation est classique est constitué au-dessus d'un vitrage en verre, en dessous de feuilles de contreplaqué et à mi-hauteur de feuilles de tôles en aluminium. De même, la chambre de séchage est un séchoir indirect vertical ou séchoir à grains
25 équipé d'une cheminée. À ce dispositif classique s'ajoutent des déflecteurs situés sous les claies dans la cage de séchage qui oriente l'air chauffé venant du collecteur et des ventilateurs placés dans la cheminée réalisée en feuille de tôle. Cet air passe sous les



claies chargées de fèves fermentées pour ressortir par la cheminée selon une convection naturelle ou une ventilation forcée. Au cours de la convection naturelle, la face extérieure de la cheminée (peinte en noir), exposée au soleil, va créer une dépression thermique au-dessus de la dernière claie. Ainsi donc, l'air dans la cheminée atteignant des températures
 5 supérieures à celles au-dessus de la claie va sortir par le haut de la cheminée. La ventilation forcée consiste à faire tourner les ventilateurs qui assurent le débit d'air nécessaire au séchage.

Le fermenteur et le séchoir sont montés l'un proche de l'autre de sorte à faciliter le transvasement des fèves du fermenteur vers les claies de la chambre de séchage sans
 10 trop se déplacer.

LE DISPOSITIF DE MESURES

Le dispositif de mesures est un ensemble d'instruments qui permet d'effectuer des mesures aussi bien sur le fermenteur que sur le séchoir. Il comprend des capteurs de température, un pH-mètre, et une balance de 60 kg pour des mesures dans le fermenteur
 15 ; un anémomètre à fils chaud pour la mesure de la vitesse de l'air circulant dans le séchoir et collecteur, un thermo-hygromètre pour la mesure de la température et de l'hygrométrie de l'air circulant dans le séchoir et collecteur, des thermocouples de type K pour la mesure de la température de la vitre et de la tôle de la cheminée, un dessiccateur pour la mesure de la teneur en eau d'un échantillon de fèves à chacune des étapes et une balance de
 20 250 kg fixée sous les claies pour la mesure de la perte de poids durant le séchage. Des prélèvements de fèves sont effectués à des intervalles de temps réguliers entre 6h et 144h pour suivre l'activité pendant la fermentation et le séchage. Des cut-tests et des mesures de la vitesse de l'air et de pertes de poids sont également faits durant la phase de séchage.

Alimentation du dispositif

25 Tous les équipements électriques (ventilateurs, appareils de mesure, ordinateur d'acquisition de données, lampes pour éclairer la salle de travail et durant les manipulations de nuit) sont alimentés par un générateur solaire composé de 6 panneaux



solaires (100 Wc), 6 batteries (100 Ah chacune) et 1 convertisseur 12-24Vcc/220Vac avec un disjoncteur pour la sécurité.

Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao, conformément à l'invention présente les avantages suivants :

- 5 • Contribution à l'amélioration de la qualité du cacao par un suivi contrôlé de tous les paramètres intervenant dans l'application de bonnes pratiques agricoles et de traitement post-récolte (traçabilité).
- Mise à disposition de données fiables en vue de contribuer à l'élaboration et à la mise en œuvre d'une norme pour la durabilité du cacao.
- 10 • Contribution à la valorisation des sous-produits issus du traitement post-récolte du cacao tel que le cortex de cacao et les jus de fermentation des fèves de cacao, qui ne font pas encore l'objet de valorisation commerciale.
- Contribution à la réduction de la pénibilité du travail trop encore manuel des producteurs et à la lutte contre l'exploitation des enfants dans les champs.
- 15 L'invention est décrite selon les schémas joints à cet effet selon lesquels :
 - La figure 1 représente une vue globale de l'installation du dispositif
 - La figure 2 est une vue d'ensemble du fermenteur
 - La figure 3 représente la coupe longitudinale du fermenteur
 - La figure 4 est une vue du fermenteur en position horizontale
 - 20 - La figure 5 représente une vue d'ensemble du séchoir (collecteur et chambre de séchage)
 - La figure 6 est la chambre de séchage
 - La figure 7 représente les déflecteurs vus de dessus
 - La figure 8 représente les déflecteurs vus de dessous

25 Préparation :



Les cabosses sont ouvertes une à une pour en extraire les fèves (opération d'écabossage). Un tri est effectué pour enlever les fèves gâtées, pas mûres ou endommagées ainsi que les impuretés qui se sont glissées lors de l'écabossage.

Prétraitement :

- 5 Les fèves sont soumises à un prétraitement qui consiste à les introduire avec des morceaux de feuilles de bananier dans le fermenteur qui se trouve incliné à 45°.

Fermentation :

- 10 Le processus de fermentation démarre une fois les fèves dans le fermenteur (7) et figures 2, 3 et 4 et les couvercles (14), (15) mis en place. Une compression est alors faite à l'aide du dispositif (10), (13) prévu pour chasser l'air et l'eau présent à l'intérieur. Après 24h, la compression est desserrée et on procède à deux rotations du fermenteur (une dans chaque sens) pour brasser les fèves. Ensuite, une seconde compression est faite durant 24h avant de la retirer totalement. Le fermenteur mis alors en position horizontale (figure 4), les couvercles étanches (15) de chaque extrémité sont retirés pour ne laisser que les
- 15 couvercles tissés en rotin (14), on effectue encore deux rotations du fermenteur pour le brassage. Cette dernière opération se répètera une fois par jour durant trois jours. Les fèves ainsi fermentées sont retirées du fermenteur par l'opérateur, transvasées et étalées sur les claies (21) du séchoir dans une couche d'environ 2 cm à l'aide du râteau, pour le séchage.

- 20 Séchage :

- Le processus de séchage démarre après avoir placé les claies (21) dans la chambre à sécher (18), fermé le séchoir et ouvert les entrée et sortie du collecteur (17). Les dispositifs d'aspiration (19) par ventilation (20) et d'orientation à l'aide des ailettes (22), (23), (24) de l'air chaud issu du collecteur permettent d'ajuster la température à l'intérieur du séchoir.
- 25 Afin d'éviter un endommagement des fèves, la température de l'air de séchage ne doit pas excéder les 65° C. Chaque 24h, l'opérateur remue les fèves avec l'arrière du râteau. Le processus de séchage est terminé une fois que la teneur en humidité finale d'équilibre 7%



est atteinte, ou lors d'une pression sur les fèves entre le pouce et l'index. Dans des conditions normales (ciel dégagé), le processus de séchage prend environ 3 à 4 jours. Les fèves séchées sont retirées pour être conditionnées dans des sacs en jute pour la vente.



REVENDECATIONS

- 1- Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao (figure 1), caractérisé en ce qu'il est composé de trois parties : un fermenteur (7) et figures 2, 3 et 4, un séchoir (2), (3) et figures 5, 6, 7 et 8 et un dispositif de mesures numériques (1), (4),
5 (5), (8), (9).
- 2- Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao (figure 1), selon la revendication 1 caractérisé en ce que le fermenteur se compose d'un tronc de forme cylindrique (figures 2 et 4) isolé de la température extérieure par de la fibre de coco, de deux paires de couvercles étanches et isolants (14), (15), d'un dispositif de compression
10 des fèves avec manche (10), (13), d'un râteau et d'un mécanisme de basculement (11), (12).
- 3- Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao (figure 1), selon la revendication 1 caractérisé en ce que le séchoir (figure 5) se divise en deux grandes parties : un collecteur (17) pour le chauffage de l'air et une chambre de séchage (18) pour
15 l'exposition des fèves de cacao fermentées à la chaleur.
- 4- Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao, selon la revendication 1 caractérisé en ce que le dispositif de mesures numériques est un ensemble d'instruments (1), (4), (5), (8), (9) qui permet d'effectuer des mesures aussi bien sur le fermenteur que sur le séchoir.



ABRÉGÉ DESCRIPTIF

Dispositif de fermentation et de séchage solaire de fèves de cacao

L'invention est un dispositif (figure 1) pour fermenter et sécher les fèves de cacao à l'aide d'une source d'énergie renouvelable en l'occurrence le solaire thermique (1).

- 5 Ce dispositif est composé de trois parties : un fermenteur (7) et figures 2, 3 et 4, un séchoir (2), (3) et figures 5, 6, 7 et 8) et un dispositif de mesures numériques (1), (4), (5), (8), (9).

Le fermenteur de forme cylindrique dont le fond est percé d'un trou, comportant un mécanisme de basculement (11), (12), deux grilles tissées en rotin (14), deux couvercles étanches en bois (15) et un mécanisme de compression (10), (13), permet de faciliter le
 10 processus de fermentation par compression/décompression en phase alcoolique et brassage des fèves.

Le séchoir (figure 5) se divise en deux grandes parties : un collecteur (17) pour le chauffage de l'air et une chambre de séchage (18) pour l'exposition des fèves de cacao fermentées à la chaleur.

- 15 Le dispositif de mesures est un ensemble d'instruments (1), (4), (5), (8), (9) qui permet d'effectuer des mesures aussi bien sur le fermenteur que sur le séchoir.



PLANCHE 1/4

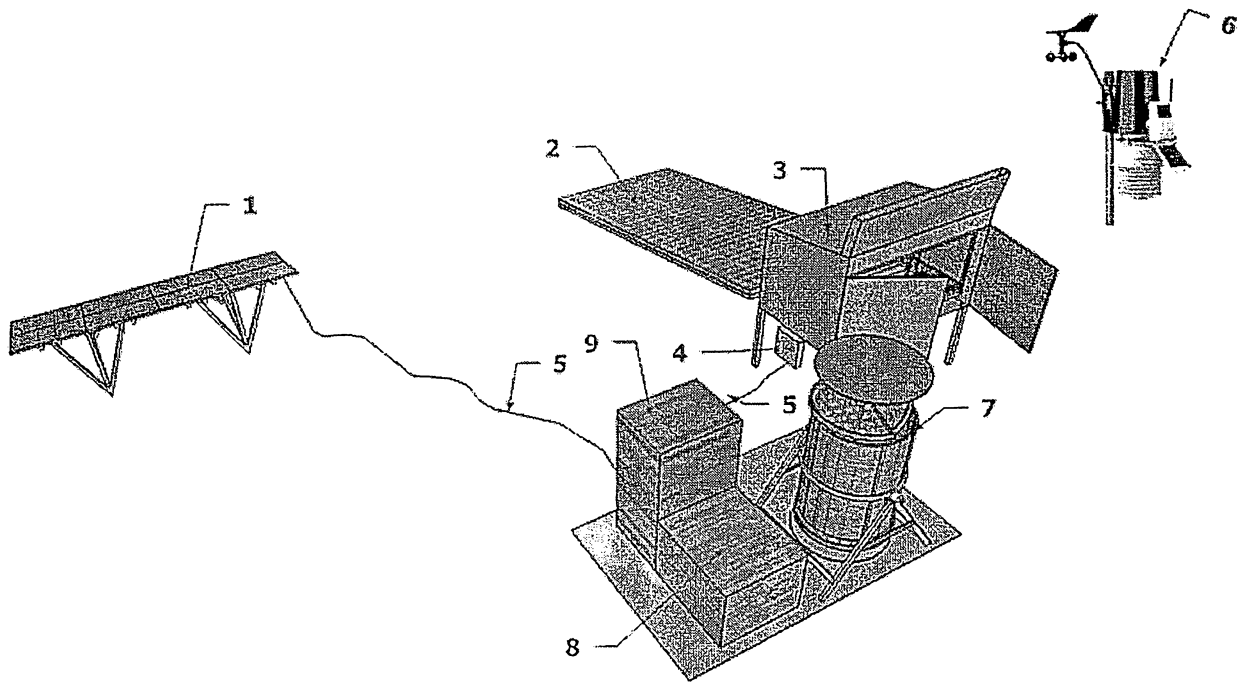


Figure 1



PLANCHE 2/4

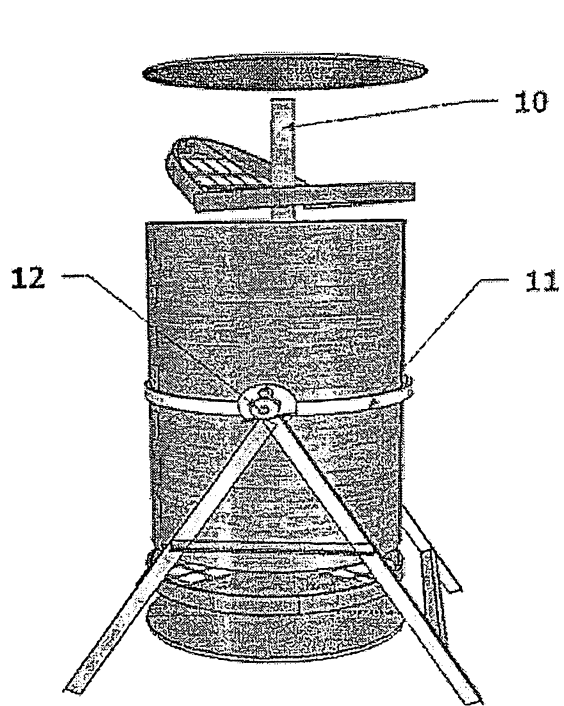


Figure 2

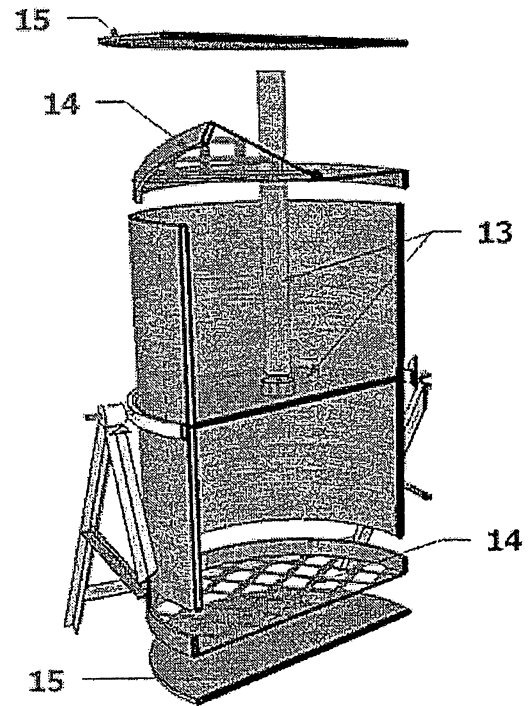


Figure 3

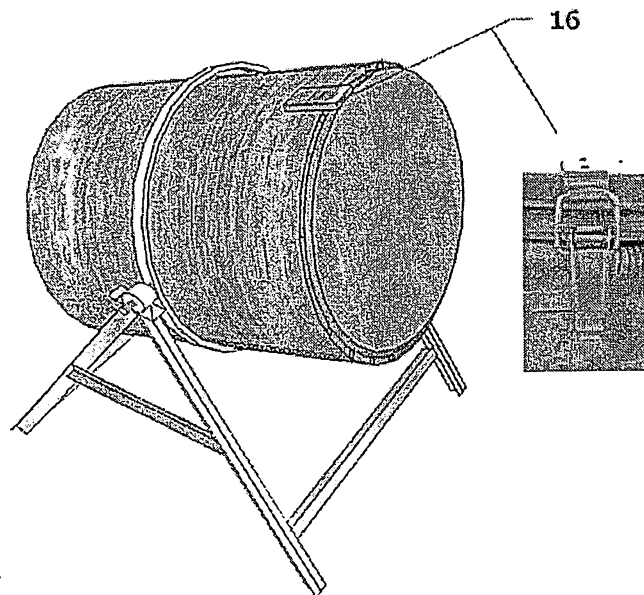


Figure 4

PLANCHE 3/4

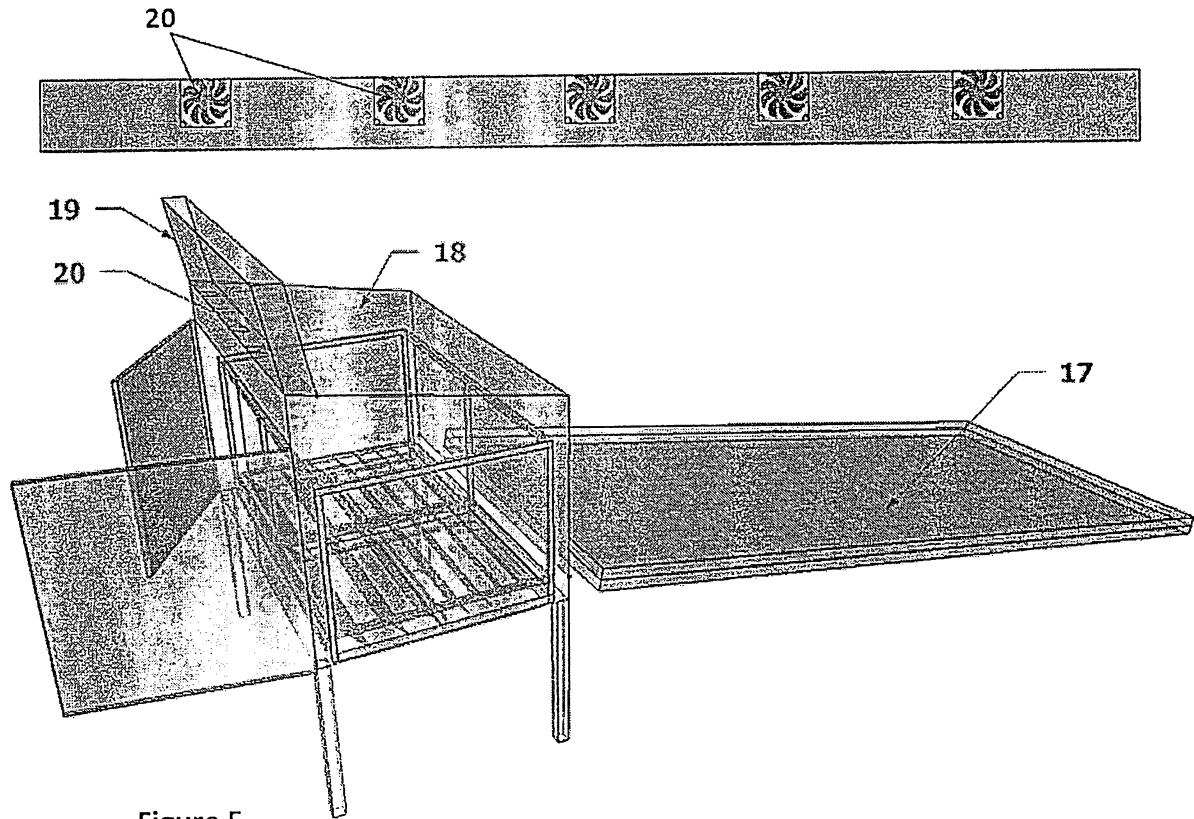


Figure 5

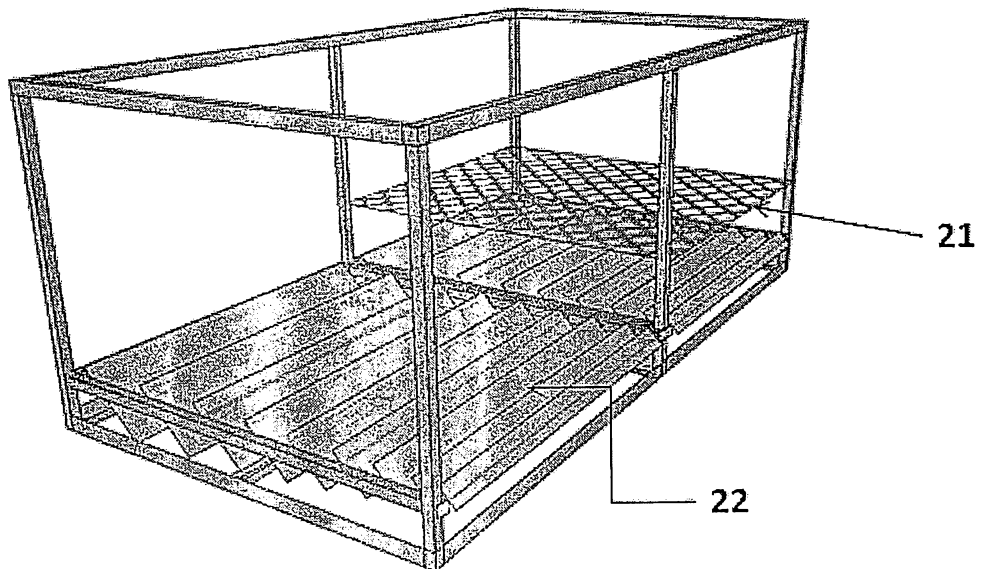


Figure 6



PLANCHE 4/4

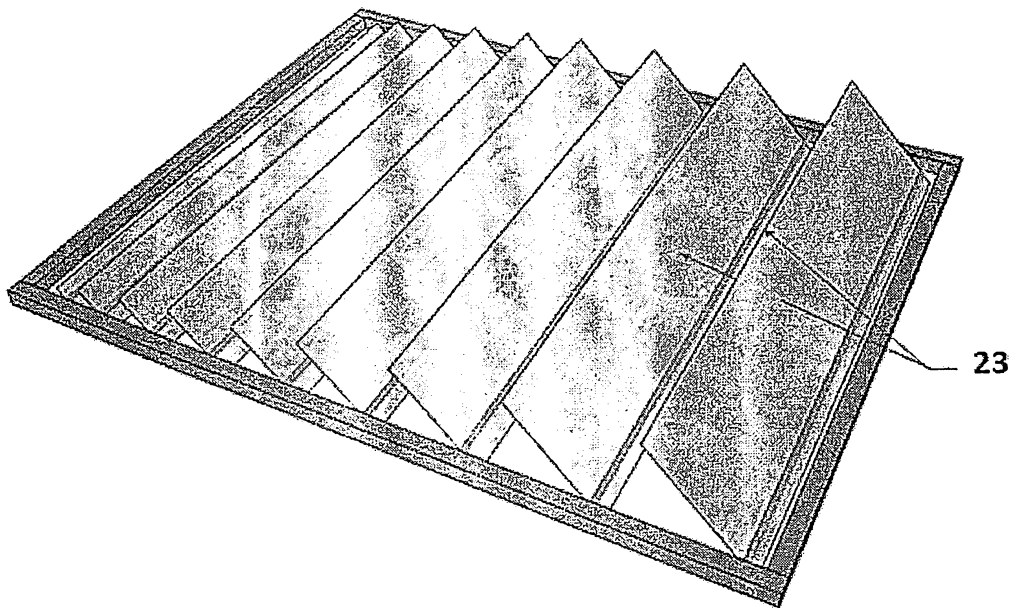


Figure 7

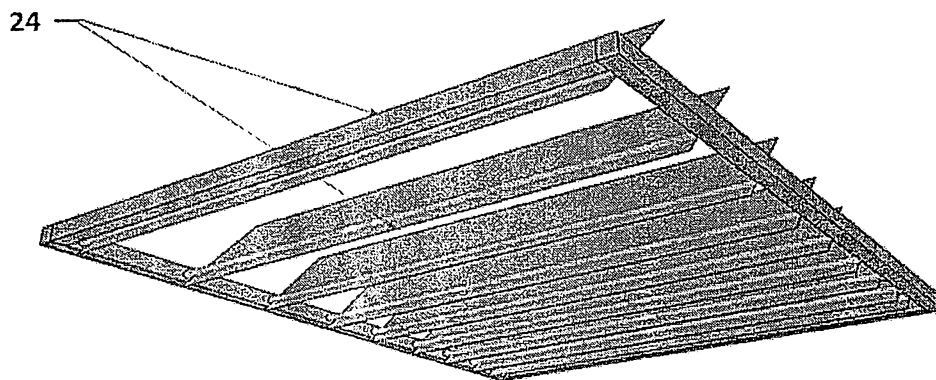


Figure 8