



## (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 38234 A1** (51) Cl. internationale : **B01D 5/00; E03B 3/28; C02F 1/14**
- (43) Date de publication : **31.01.2017**

- 
- (21) N° Dépôt : **38234**
- (22) Date de Dépôt : **03.07.2015**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE INTERNATIONALE DE RABAT, PARC TECHNOPOLIS RABAT-SHORE, CAMPUS UNIVERSITAIRE UIR, ROCADE RABAT-SALE, 11100, (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **BOUYA MOHSINE ; BENABDELLAH ABDELLATIF ; DHIMDI SAID ; FAQIR MUSTAPHA ; EL MAAKOUL ANAS ; LAKNIZI AZZEDINE ; MEZIANE MOHAMED**
- (74) Mandataire : **BOUYA MOHSINE**

- 
- (54) Titre : **SYSTEME DE PRODUCTION D'EAU DOUCE PAR HUMIDIFICATION-DESUMIDIFICATION A EFFETS MULTIPLES**
- (57) Abrégé : Nous révélons ici une invention relative à un dispositif et un procédé de production d'eau douce par humidification-déshumidification à effets multiples. Le système utilise l'eau de mer, l'eau saumâtre, l'eau de rivière ou de puits pour refroidir l'air ambiant humidifié à l'intérieur d'un caisson de condensation qui produit de l'eau douce à partir de l'humidité qu'il contient. L'air ambiant est saturé en eau grâce à l'évaporation d'eau par chauffage solaire. Un deuxième effet utilise la température élevée de sortie de l'eau douce pour relancer le procédé dans les unités suivantes.

**Abrégé**

Nous révélons ici une invention relative à un dispositif et un procédé de production d'eau douce par humidification-déshumidification à effets multiples. Le système utilise l'eau de mer, l'eau saumâtre, l'eau de rivière ou de puits pour refroidir l'air ambiant humidifié à l'intérieur d'un caisson de condensation qui produit de l'eau douce à partir de l'humidité qu'il contient. L'air ambiant est saturé en eau grâce à l'évaporation d'eau par chauffage solaire. Un deuxième effet utilise la température élevée de sortie de l'eau douce pour relancer le procédé dans les unités suivantes.

# Systeme de production d'eau douce par humidification-déshumidification à effets multiples

---

## Description

L'invention est un système de production d'eau douce par condensation de l'air ambiant humidifié par évaporation.

Il est communément observé que le manque local d'eau potable est une source de crises géopolitiques (moyen orient par exemple) et d'instabilités sociologiques.

Les ressources conventionnelles d'eau douce se limitent à l'eau coulante, aux réserves phréatiques ainsi qu'aux alternatives de dessalement : à savoir principalement la distillation et l'osmose inverse qui se développent davantage et qui restent encore énergivores.

Les deux premières sources (eau coulante et réserves phréatiques) restent les plus utilisées, mais sont limitées et dépendent de la pluviométrie. Leur utilisation présente quelques inconvénients tels que le post-traitement biologique et chimique, sans rappeler que tout excès d'extraction des eaux souterraines est accompagné irréversiblement d'un risque de pénurie.

La méthode de dessalement reste encore très énergivore, limitée aux régions côtières et parfois non écologiques à cause du rejet des eaux saumâtres, résidu de cette production.

Le défi actuel est le développement des méthodes de production d'eau douce d'une manière renouvelable, respectueuse pour l'environnement et économique.

Une méthode de production d'eau douce à petite échelle qui commence à être exploitée par des petites communautés est la condensation de la vapeur contenue dans l'air, principalement dans les zones à forte humidité, et notamment aux abords des mers et des océans, sachant que l'air humide est une source infinie d'eau douce.

Quel que soit l'origine de l'humidité de l'air : mers, forêts, eau douces... elle est condensable sur une surface froide. L'air est considéré alors comme un véhicule hydro-porteur dont la capacité dépend de son humidité.

Notre invention vise à résoudre une problématique réelle de pénurie de l'eau douce au voisinage des plages et des côtes principalement, et surtout dans les petits centres touristiques, bungalows de vacances, cafés et restaurants et serres de cultures sans oublier les bateaux et navires.

Notre invention concerne un système de production d'eau par humidification-déshumidification (HD) qui reprend le cycle naturel de production d'eau (pluie). Le système HD implique deux procédés :

- L'eau d'entrée préchauffée est transformée en vapeur d'eau dans l'air (humidité) par évaporation dans l'humidificateur (humidification). L'humidificateur est une colonne à garnissage.
- La vapeur d'eau portée par l'air est ensuite condensée par l'eau d'entrée froide dans un déshumidificateur (condensation) pour produire de l'eau douce (déshumidification). Le déshumidificateur est un échangeur à plaques.

Un premier circuit hydraulique de chauffage est composé de panneaux solaires (1) qui chauffent un fluide caloporteur qui traverse un échangeur (3) grâce à une pompe (2).

L'échangeur (3) transfère la chaleur à de l'eau aspirée de la source grâce à une deuxième pompe (7) qui génère un débit dans sa canalisation. Cette eau ainsi chauffée est diffusée dans le caisson d'humidification (4) qui augmente l'humidité de l'air dans le caisson par évaporation grâce à une colonne de garnissage. Avant d'être chauffée par l'échangeur, l'eau de source passe par un caisson de déshumidification (5) à travers un échangeur à plaque pour y refroidir l'air.

Une troisième pompe (6) installée entre les deux caissons y fait circuler l'air ambiant pour forcer un cycle d'humidification-déshumidification. L'air refroidit dans le caisson de déshumidification se condense et coule vers un réservoir de stockage (8) d'eau douce auquel il est relié.

Pour une installation typique, le dimensionnement suivant peut être utilisé :

- Production d'eau (en 7 heures) : 1000 litres/j
- Puissance fournie par les panneaux : 21.2 kW
- Débit d'air : 0.0743 kg/s
- Débit d'eau d'entrée : 0,3882 kg/s
- Débit d'eau douce produite : 0.04 kg/s

Les propriétés physiques du système obtenu sont ainsi :

Le déshumidificateur :

	Température d'entrée	Enthalpie d'entrée	Température de sortie	Enthalpie de sortie
-Circuit d'air	80 °C	1527,1 kJ/kg	18 °C	50,89 kJ/kg
-Circuit d'eau d'entrée	15 °C	59,93 kJ/kg	78,48 °C	314,19 kJ/kg
-Eau produite			66,08 °C	276,61 kJ/kg
-Entropie générée	0,0031 KJ/K			
-Efficacité	0,97			

Côté échangeur

-Circuit d'eau d'entrée	78,48 °C	314,19 kJ/kg	92 °C	368,84 kJ/kg
-Entropie générée	0,0159 KJ/K			

Côté Humidificateur

-Circuit d'air	18 °C	50,89 kJ/kg	80 °C	1527,1 kJ/kg
-Circuit d'eau d'entrée	92 °C	368,84 kJ/kg	24,08 °C	96,13 kJ/kg
-Entropie générée	2,4360e-06 KJ/K			
-Efficacité	0,93			

Pour une durée de fonctionnement de 7 heures, la production est de 1000 litres, la puissance à fournir par les panneaux est 21.2 kW, donc une énergie de 148.4 kWh, les débits d'eau d'entrée et d'air sont respectivement 0.39 kg/s et 0.07 kg/s, ce qui permet un gain de sortie de  $GOR = 4.2$ .

Dans le cas où on veut maintenir une production continue de 24 heures par jour, il est impératif de prévoir un réservoir de stockage thermique (9) qui permettra de stocker l'énergie nécessaire pour les 17 heures d'indisponibilité du rayonnement solaire.

Le choix d'adopter un système avec stockage ou non affecte seulement la surface des panneaux solaires, l'échangeur de chaleur et l'ajout d'un réservoir de stockage d'énergie thermique.

Etant donné que l'eau douce sort avec une température élevée. Une deuxième unité peut être utilisée pour ajouter un effet pour améliorer la qualité de l'eau douce en l'utilisant comme entrée ou pour augmenter la production du système en utilisant l'eau de source en entrée.

L'eau douce produite sort à une température de 66 C° et un débit  $\dot{m}_{pw} = 0.04 \text{ kg/s}$  . Pour récupérer cette énergie, une deuxième unité de production (10) humidification-déshumidification de petite taille peut être installée. Sa source de chaleur est l'eau douce produite par l'unité de production principale. Nous nous retrouvons ainsi avec une humidification-déshumidification à effets multiples.

L'échangeur de la deuxième unité est ainsi relié directement en entrée à l'eau douce produite par l'unité de production principale qui a une température élevée. Les panneaux solaires et la pompe du circuit de chauffage ne sont pas nécessaires pour cette deuxième unité.

Grâce au deuxième effet, la production peut augmenter de 42% rien qu'en ajoutant 8% en terme de surface des panneaux solaires.

La figure 1 fournit une vue synoptique du système de base de production d'eau douce par condensation objet de notre invention.

La figure 2 fournit une vue synoptique du système alternatif muni d'un réservoir de stockage thermique.

La figure 3 fournit une vue synoptique du système alternatif muni d'une deuxième unité de production avec un deuxième effet.

## Revendications

1- Un système de production d'eau douce par condensation caractérisé par un premier circuit hydraulique de chauffage composé de panneaux solaires (1), un échangeur (3) et une pompe (2). L'échangeur (3) est en contact avec la canalisation de l'eau de la source équipée d'une pompe (7). Cette canalisation passe par un caisson de déshumidification (5) équipé d'un échangeur à plaques, puis par un caisson d'humidification (4) équipé d'une colonne de garnissage. Une troisième pompe (6) d'air est installée entre les deux caissons pour y forcer un circuit d'air. Le caisson de déshumidification est relié à un réservoir de stockage (8) d'eau douce.

2- Un système de production d'eau douce par condensation selon la revendication 1 caractérisé par l'utilisation d'un réservoir de stockage thermique (9) dans le premier circuit hydraulique de chauffage.

3- Un système de production d'eau douce par condensation selon la revendication 1 caractérisé par une deuxième unité de production (10). Son échangeur est relié directement en entrée à l'eau douce produite par l'unité de production principale. Les panneaux solaires et la pompe du circuit de chauffage ne sont pas nécessaires pour cette deuxième unité.

4- Un procédé de production d'eau douce par condensation caractérisé par le pompage d'eau source à purifier à travers deux caissons, respectivement un déshumidificateur(5) équipé d'un échangeur à plaques et un humidificateur (4) équipé d'une colonne de garnissage. Au passage du déshumidificateur à l'humidificateur, l'eau est chauffée grâce à un circuit de chauffage solaire. En même temps un pompage d'air est effectué en sens inverse se saturant d'eau dans le caisson d'humidification par évaporation puis se condensant dans le caisson de déshumidification. L'eau condensé et purifiée est ensuite déversée dans un réservoir d'eau douce.

5- Un procédé de production d'eau douce par condensation selon la revendication 1 caractérisé par un deuxième effet qui utilise la température élevée de l'eau douce générée par le premier effet pour chauffer une deuxième unité à la place du circuit de chauffage solaire.

Dessins

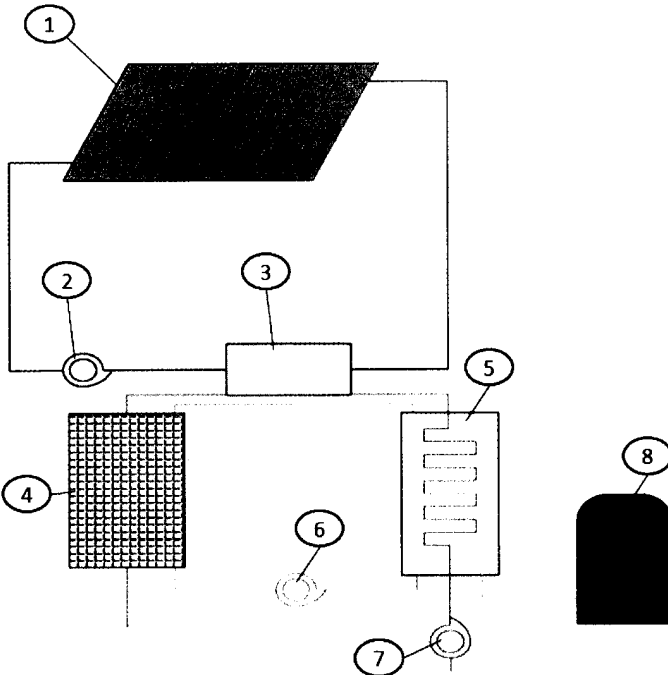


Figure 1

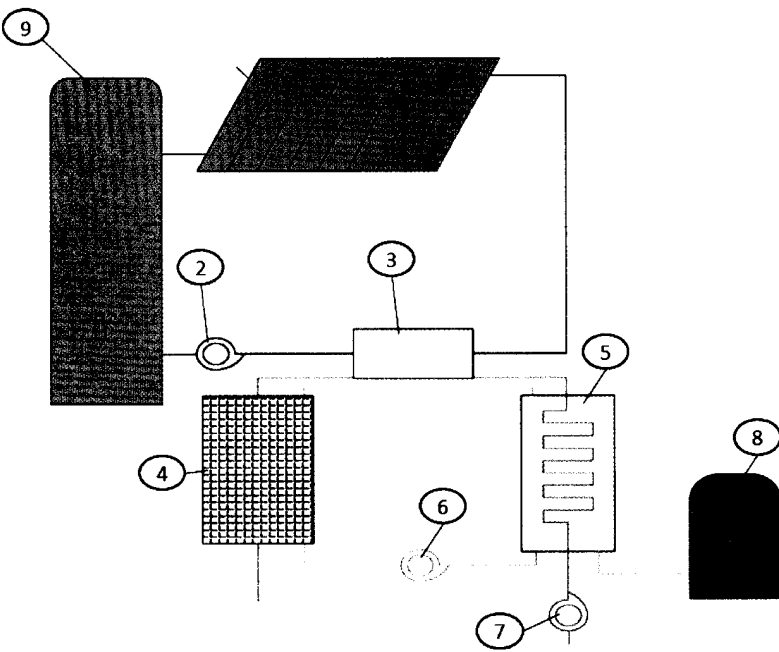


Figure 2



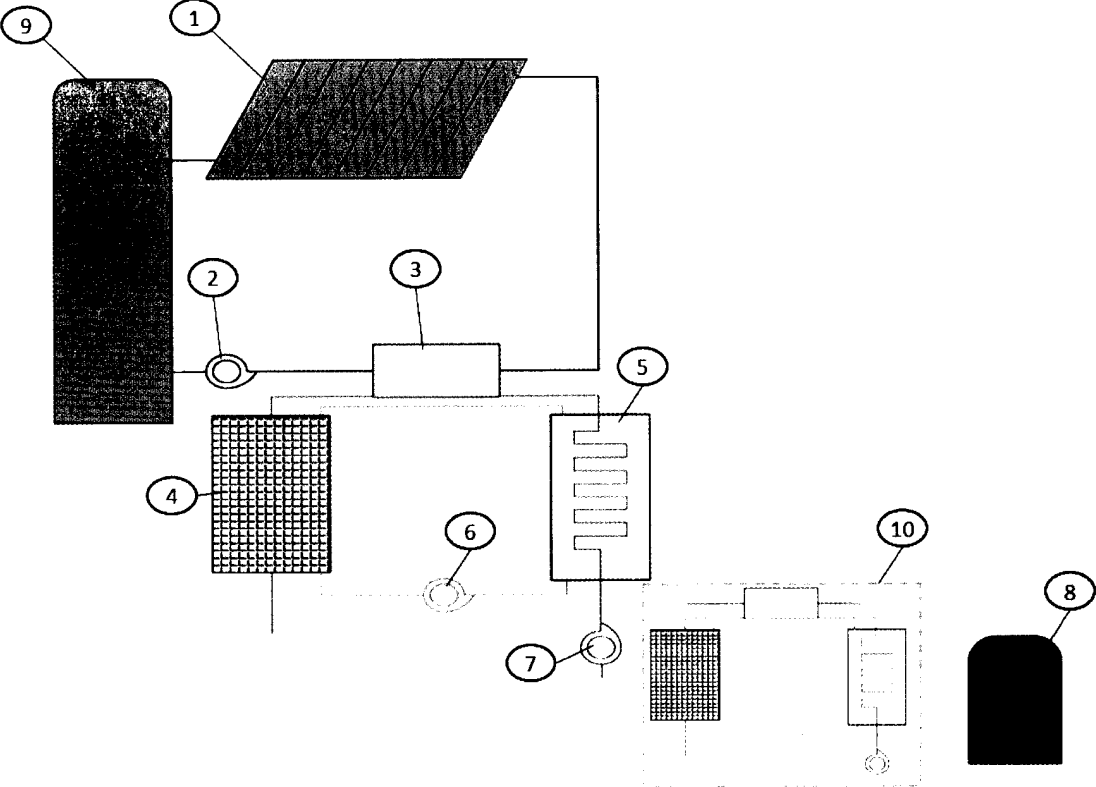


Figure 3



**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97  
relative à la protection de la propriété industrielle telle que  
modifiée et complétée par la loi 23-13)**

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 38234	Date de dépôt : 03/07/2015
Déposant : Université Internationale de Rabat (UIR)	
Intitulé de l'invention : Système de production d'eau douce par humidification-déshumidification à effets multiples	
<p>Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.</p> <p>Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a>, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.</p>	
<p>Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :</p> <p>Partie 1 : Considérations générales</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés</p> <p>Partie 2 : Rapport de recherche</p> <p>Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention</p>	
Examineur: BRINI Abdelaziz	Date d'établissement du rapport : 24/07/2015
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

**Partie 1 : Considérations générales**

*Cadre 1 : base du présent rapport*

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
1-4 Pages
- Revendications  
5
- Planches de dessin  
1-2 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

**Classement de l'objet de la demande :**

CIB : B01D5/00; C02F1/14; E03B3/28

CPC : B01D5/006; B01D5/0015; C02F1/14; E03B3/28

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

**EPOQUE, Espacenet, Orbit**

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	WO2011098478; 18-08-2011; BASF SE [DE] Page 2, lignes 14-33; Page 3, lignes 35-39 Page 4, lignes 5-39; Page 8, lignes 6-25 Page 9, lignes 8-39; Page 14 lignes 4-31 Page 17, lignes 4-37; Page 18 lignes 1-15 Page 20 lignes 19-39; Page 22 lignes 8-15 Revendications 1-17 Figures 1-4	1-5
A	US2011079504; 2011-04-07; UNIV KING FAHD PET [SA] & MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY MINERALS [US] Paragraphe [0002]-[0004] Paragraphe [0036]-[0039], paragraphes [0046] Figures 2-3,6-8	1-5
A	US2005189209; 2005-09-01; COMMON HERITAGE CORP [US] Document en entier	1-5

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
 -« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 2-3,5 Revendications 1,4	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-5	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1: WO20110984788

D2: US2011079504

D3: US2005189209

**1. Nouveauté (N):**

Le document D1 divulgue un procédé et un appareil pour la production de l'eau douce à partir de l'eau salée (par exemple l'eau de mer) en utilisant le système d'Humidification-Déshumidification. Ledit procédé pour produire de l'eau douce comprend les étapes suivantes :

- 1- L'eau salée alimente un condenseur à plaques via une pompe jouant le rôle d'un fluide pour condenser la vapeur d'eau contenue dans l'air saturée.
- 2- L'eau salée est ainsi chauffée dans un échangeur de chaleur (par énergie solaire)
- 3- l'eau salée chaude est introduit dans un évaporateur
- 4- l'eau salée chaude provenant de l'étape 3) est introduit dans une zone d'évaporation (colonne à garnissage), un gaz de porteur approprié (l'air) pour la vapeur d'eau est fournie, le gaz porteur est amené en contact avec l'eau salée chaude en écoulement à contre-courant dans la colonne d'évaporation, tout en saturant le gaz porteur par la vapeur de l'eau provenant de la de l'eau salée.
- 5- Le gaz porteur saturé en vapeur d'eau alimente le condenseur à plaques pour récupérer la vapeur d'eau sous forme condensée.

L'appareil pour la mise en place dudit procédé comprend les éléments suivants :

- Une pompe pour l'alimentation dudit appareil par de l'eau salée.
- Un condenseur à plaques dans lequel l'air saturé en vapeur d'eau est refroidis suite à un échange thermique avec de l'eau salée froide.
- Un échangeur de chaleur pour chauffer l'eau salée sortante du condenseur par de l'énergie solaire.
- Une colonne à garnissage dans laquelle l'eau salée chaude est mise en contact avec de l'air pour le saturer en vapeur d'eau.
- Un condenseur à plaques dans lequel l'air saturé en vapeur est condensé en produisant ainsi une eau douce.

Par conséquent, l'objet des revendications indépendantes 1 et 4 n'est pas nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Aucun des documents cités ci-dessus ne décrit l'utilisation d'un réservoir de stockage thermique (9) pour le fluide caloporteur ni d'une unité à effets multiples. D'où les revendications dépendantes 2-3 et 5 sont nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité Inventive (AI):**

Le document D1 est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de L'objet de la revendication 2.

L'objet de la revendication 2 diffère de D1 en ce que le fluide caloporteur alimente un réservoir de stockage thermique (9) après le passage dans l'échangeur de chaleur (3).

L'effet technique peut être considéré comme étant le stockage de l'énergie thermique du fluide caloporteur.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre est d'assurer la marche de l'unité de production 24h/jour.

La solution semble être évidente pour l'homme du métier, puisque D1 prévoit deux systèmes de chauffage à circuit fermé, le premier en utilisant un fluide caloporteur et le deuxième en utilisant de l'énergie solaire sans stockage d'énergie thermique.

L'objet des revendications 3 et 5 concerne l'ajout d'une deuxième unité identique à la première pour avoir un système à multiples effets. De tels systèmes sont bien connus dans l'art antérieur et font partie des connaissances générales de l'homme du métier, d'où son utilisation dans la présente demande ne présente pas un caractère inventif.

Par conséquent, les revendications 2-3 et 5 n'impliquent pas d'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

### **3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.