

In this part of the course, we give you some examples of techno-economic studies of renewable energy installations carried out by us and the doctoral students with the help of the students in Master and License. Of course, if time allows, you are also given studies found in the literature.

1. MULTI-EFFECT STILL

1.1. DESIGN OF THE DESALINATION SYSTEM

1.1.1. System description

This distillation system consists of two different units: one is the source of heat (a solar collector is exposed to the sun) and the other is the distillation unit of four stages. This distiller is made by many masters (Boubekeur, Boublai, etc.) and the doctoral student Mrs. Abdessemed Amina. The distillation unit can work with:

(1) Electrical resistance

The electrical resistance is fed by a normal or solar power grid (photovoltaic panel). It is immersed in the basin of water where the electrical energy is converted directly into heat.

(2) Photo-thermal solar collector

In photothermal collectors the coolant circulates in tubes welded on a black plate called absorber.

(3) Vegetable or animal waste

The distiller has a drawer where you can remove and burn vegetable waste, cow dung (cow wood), horse dung, etc. to heat the water to be distilled.

The solar still is based on the construction of a frame consisting of more of any forms of trays stacked on top of each other.

The system in the present research consisted of a basin chamber whose role is to bring water and stages of the distiller. It acts as the evaporator of the water using the tube coil which conveys the coolant fluid of the solar collector (plane, parabolic, etc.). The basin also contains electrical resistance that runs on a normal or solar power grid (photovoltaic). The distiller tested has trays of circumflex accent type, a schema of the experimental set up is presented in Figures 1-2. As illustrated in these figures, the basin chamber was made of four separated stages which are located on the top of each other, based on the results in (2013). Trays are the most important elements for distillation which are made of galvanized iron; they form a barrier for water vapour to condense in contact with the cold walls of the trays containing cold water. The effective evaporation surface is 0.40 m².

Each stage can be equipped with a rectangular basin in the form of a circumflex accent. We became interested in the influence of the position of the stages on the amount of distilled water. The experiments were performed with well water.

The volume of the water in the basin is 17 l and the quantity of water carried by each stage is 6 l. The water depth of the first stage was about 3.5 cm and the equivalent depth of the trays was 2.5 cm.

The angle of the trays was experimentally determined at 5°, but an angle of 8° was considered to make sure all drops are collected. To prevent heat loss, the outer surface of the basin is covered with 3 to 6 cm layer of polystyrene. A side wall was performed (Plexiglas) for a second reason to see inside the distiller and the physical phenomenon of distillation. This wall is covered with a 6 cm layer of polystyrene.

1.1.2 Experimental procedure

The experiments were performed at the University of Batna 2, Algeria, in the winter and spring seasons, respectively. Batna is a city located 350 km south east of Algiers in an arid region, its geographical coordinates are: Latitude: 35° 45' North, Longitude: 6° 19' East. In each season, three experiments were conducted; we have done some testing in the months of January and some tests in February and last tests in March.

In the first tests, we used a single tray which is placed at the first stage (height of 15cm), second (height of 30cm), third (height of 45cm) and fourth stage (height of 60cm) successively. At each position of the plate, the temperature and the condensate flow rate are measured.

In the second experiments, we used two plates and we repeated the same procedure done in the first tests then we used three plates and finally four plates.

The experiments started sometimes from 8:00 and sometimes from 13.00 until the temperature stabilized. During the experiments the following measurements were taken:

The distillate production of every stage was measured every 15 minutes for 4 hours using measuring cylinders with the precision of 10 ml.

The temperatures of stages and ambient were recorded by thermometers with probe, Figure 1.

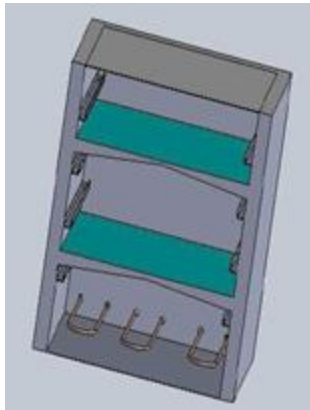




Figure 1. Experimental set-up

The measurement error is evaluated at ± 0.1 ° C and ± 5 ml for the temperature and quantity of the condensed water respectively.

In Algeria the prices of electricity, distilled water, distiller and solar panel are 0.025 €/kWh, 0.025 €/l, 250€ and 600 € respectively. Distilled water is sold at 0.1 €/l.

By neglecting the other costs: maintenance, manpower, interest rates, price updates, etc., the amortization of the distiller, which operates with an electrical resistance supplied with power from the electricity grid, is:

$$-250 = -0.1 x + 0.025 x = -0.075 x$$

let

$$x = 250 / 0.075 = 3333 \text{ liters}$$

In the case where the distiller produces 0.4 l/h, we need:

$$t = 3333 / (0.4 \times 24 \times 365) = 0.9 \text{ year}$$

If the distiller operates by solar energy, in case the solar panel operates on average 12h/d, the amortization time of the installation is:

$$850 = 0.1 x$$

Let

$$x = 850 / 0.1 = 8500 \text{ liters}$$

That is,

$$t = 8500 / (0.4 \times 12 \times 365) = 4.9 \text{ years.}$$

In the case where the distiller operates with animal waste, the amortization of the installation is:

$$250 = 0.1 x$$

$$x = 2500 \text{ liters}$$

$$t = 7500 / (0.4 \times 24 \times 365) = 0.7 \text{ years}$$

The real time of the installation amortization is higher because the solar collectors do not work all the day, it is necessary to multiply the time at least by 3 in that it concerns the solar energy. The production of distilled water from the distiller operating on the public electricity grid and the one with a solar panel will be equivalent only after at least 14 years, i.e. after the lifetime of the installation, Figure 2.

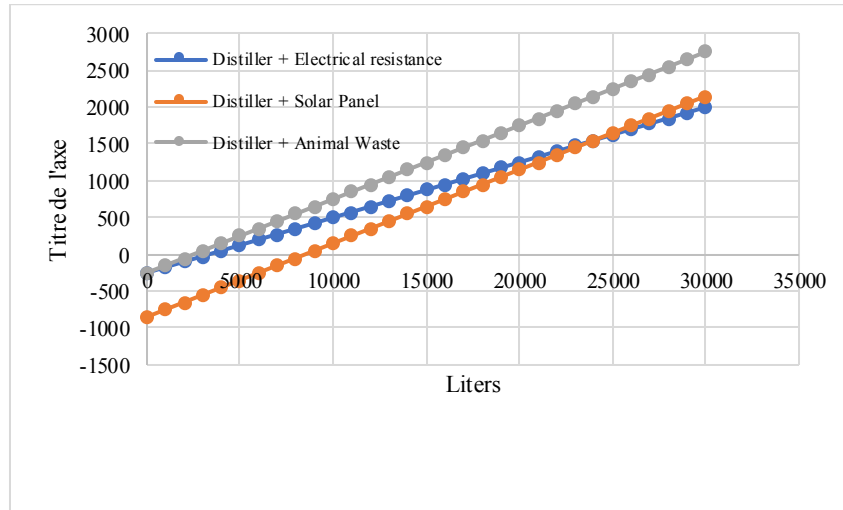


Figure 2. Installation cost versus distillation water production

Dans cette partie du cours, nous vous donnons quelques exemples d'études techno-économiques d'installations d'énergies renouvelables réalisées par nous et les doctorants avec l'aide des étudiants en Master et Licence. Bien sûr, le temps le permet, on vous donne également des études trouvées dans la littérature.

1. ENCORE MULTI-EFFETS

1.1. CONCEPTION DU SYSTÈME DE DESSALEMENT

1.1.1. Description du système

Ce système de distillation se compose de deux unités différentes: l'une est la source de chaleur (un capteur solaire est exposé au soleil) et l'autre est l'unité de distillation à quatre étages. Ce distillateur est réalisé par de nombreux masters (Boubekour, Boublai, etc.) et la doctorante Mme Abdessamed Amina. L'unité de distillation peut travailler avec :

(1) Résistance électrique

La résistance électrique est alimentée par un réseau électrique normal ou solaire (panneau photovoltaïque). Il est immergé dans le bassin d'eau où l'énergie électrique est directement convertie en chaleur.

(2) Capteur solaire photo-thermique

Dans les collecteurs photothermiques, le fluide caloporteur circule dans des tubes soudés sur une plaque noire appelée absorbeur.

(3) Déchets végétaux ou animaux

Le distillateur a un tiroir où vous pouvez mettre et brûler les déchets végétaux, la bouse de vache, la bouse de cheval, etc. pour chauffer l'eau à distiller.

L'alambic solaire est basé sur la construction d'un cadre constitué de plusieurs formes de plateaux empilés les uns sur les autres.

Le système dans la présente recherche consistait en une chambre de bassin dont le rôle est d'amener l'eau et les étages du distillateur. Il joue le rôle d'évaporateur de l'eau à l'aide du serpentin tubulaire qui transporte le fluide caloporteur du capteur solaire (plan, parabolique, etc.). Le bassin contient également une résistance électrique qui fonctionne sur un réseau électrique normal ou solaire (photovoltaïque). Les distillateurs testés ont des plateaux de type accent circonflexe, un schéma du montage expérimental est présenté sur les figures 1-2. Comme l'illustrent ces figures, la chambre du bassin était constituée de quatre étages séparés qui sont situés les uns sur les autres, sur la base des résultats de (2013). Les plateaux sont les éléments les plus importants pour la distillation qui sont en fer galvanisé; ils forment une barrière à la condensation de la vapeur d'eau au contact des parois froides des plateaux contenant de l'eau froide. La surface d'évaporation effective est de 0,40 m².

Chaque scène peut être équipée d'un bassin rectangulaire en forme d'accent circonflexe. Nous nous sommes intéressés à l'influence de la position des étages sur la quantité d'eau distillée. Les expériences ont été réalisées avec de l'eau de puits.

Le volume d'eau dans le bassin est de 17 l et la quantité d'eau transportée par chaque étage est de 6 l. La profondeur de l'eau du premier étage était d'environ 3,5 cm et la profondeur équivalente des plateaux était de 2,5 cm.

L'angle des plateaux a été déterminé expérimentalement à 5° , mais un angle de 8° a été considéré pour s'assurer que toutes les gouttes sont collectées. Pour éviter les déperditions de chaleur, la surface extérieure du bassin est recouverte d'une couche de polystyrène de 3 à 6 cm. Une paroi latérale a été réalisée (plexiglas) pour une seconde raison de voir l'intérieur du distillateur et le phénomène physique de la distillation. Ce mur est recouvert d'une couche de polystyrène de 6 cm.

1.1.2 Procédure expérimentale

Les expériences ont été réalisées à l'Université de Batna 2, en Algérie, respectivement en hiver et au printemps. Batna est une ville située à 350 km au sud-est d'Alger dans une région aride, ses coordonnées géographiques sont : Latitude: $35^\circ 45'$ Nord, Longitude: $6^\circ 19'$ Est. À chaque saison, trois expériences ont été menées; nous avons fait des tests au cours des mois de janvier et des tests en février et les derniers tests en mars.

Dans les premiers tests, nous avons utilisé un seul plateau qui est placé successivement au premier étage (hauteur de 15 cm), deuxième (hauteur de 30 cm), troisième (hauteur de 45 cm) et quatrième étage (hauteur de 60 cm). A chaque position de la plaque, la température et le débit de condensat sont mesurés.

Dans les secondes expériences, nous avons utilisé deux plaques et nous avons répété la même procédure que celle des premiers tests puis nous avons utilisé trois plaques et enfin quatre plaques.

Les expériences ont commencé parfois à partir de 8h00 et parfois à partir de 13h00 jusqu'à ce que la température se stabilise. Au cours des expériences, les mesures suivantes ont été prises :

La production de distillat de chaque étage a été mesurée toutes les 15 minutes pendant 4 heures en utilisant des éprouvettes de mesure avec une précision de 10 ml.

Les températures des étages et de l'ambiance ont été enregistrées par des thermomètres avec sonde, figure 1.



Figure 1. Montage expérimental

L'erreur de mesure est évaluée à $\pm 0,1$ °C et ± 5 ml respectivement pour la température et la quantité d'eau condensée.

En Algérie, les prix de l'électricité, de l'eau distillée, du distillateur et du panneau solaire sont respectivement de 0,025 €/kWh, 0,025 €/l, 250 € et 600 €. L'eau distillée est vendue à 0,1 €/l.

En négligeant les autres coûts : entretien, main-d'œuvre, taux d'intérêt, actualisation des prix, etc., l'amortissement du distillateur, qui fonctionne avec une résistance électrique alimentée par le réseau électrique, est:

$$\begin{aligned} -250 &= -0,1 x + 0,025 x = -0,075 x \\ \text{soit } x &= 250/0,075 = 3333 \text{ litres} \end{aligned}$$

Dans le cas où le distillateur produit 0,4 l/h, il faut:

$$t = 3333 / (0,4 \times 24 \times 365) = 0,9 \text{ année}$$

Si le distillateur fonctionne à l'énergie solaire, dans le cas où le panneau solaire fonctionne en moyenne 12h/j, le temps d'amortissement de l'installation est :

$$\begin{aligned} 850 &= 0,1 x \\ \text{Soit } x &= 850/0,1 = 8500 \text{ litres} \\ \text{Autrement dit, } t &= 8500 / (0,4 \times 12 \times 365) = 4,9 \text{ ans.} \end{aligned}$$

Dans le cas où le distillateur fonctionne avec des déchets animaux, l'amortissement de l'installation est de :

$$\begin{aligned} 250 &= 0,1 x \\ x &= 2500 \text{ litres} \\ t &= 2500 / (0,4 \times 24 \times 365) = 0,7 \text{ an} \end{aligned}$$

Le temps réel d'amortissement de l'installation est plus élevé car les capteurs solaires ne fonctionnent pas toute la journée, il faut multiplier le temps au moins par 3 dans la mesure où il s'agit de l'énergie solaire. La production d'eau distillée à partir du distillateur fonctionnant sur le réseau public d'électricité et de celui avec panneau solaire ne sera équivalente qu'après au moins 14 ans, c'est-à-dire après la durée de vie de l'installation, figure 2.

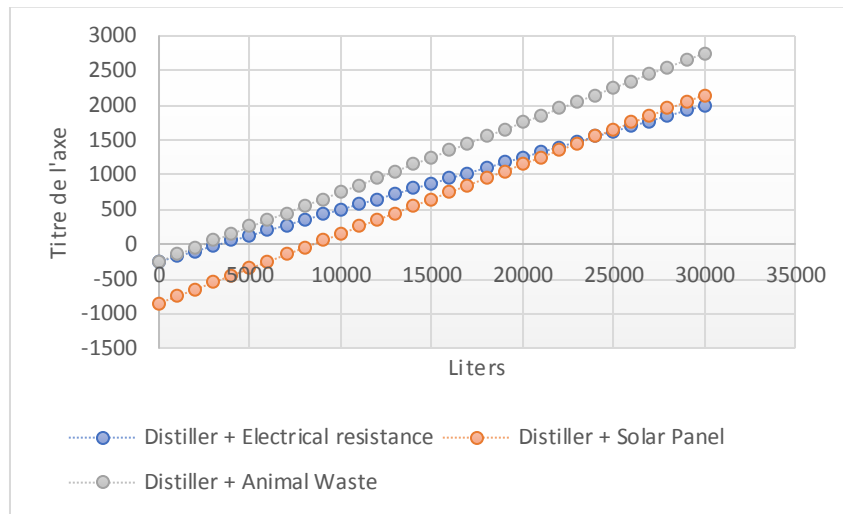


Figure 2. Coût de l'installation par rapport à la production d'eau de distillation