

DS 1 Spécialité 2012

ncé
pe

Étude simplifiée d'un distillateur solaire à effet de serre

Dans les régions ensoleillées, les distillateurs solaires permettent d'obtenir de l'eau douce à partir d'eau de mer ou d'eaux saumâtres (fortement salées).

Ce procédé consiste à chauffer de l'eau directement par le rayonnement solaire, dans une enceinte fermée recouverte de vitrage (verre ou matière plastique).

L'eau se réchauffe et produit de la vapeur d'eau. Cette vapeur, qui se condense sur le vitrage plus froid et légèrement incliné, est recueillie sous forme de condensat (d'eau douce) dans des gouttières. Le principe est très simple, fiable et nécessite peu d'entretien.



rayonnement infrarouge et ultraviolet.

- Comprendre un bilan énergétique.
- Identifier des transferts thermiques.

Données. Tout corps chaud émet un rayonnement infrarouge (IR) ; le verre est opaque aux IR.
Énergie massique de vaporisation de l'eau de mer à la pression atmosphérique : $L_{\text{vap}} = 2,3 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.
Masse volumique de l'eau : $\rho(\text{eau}) = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

- 1. a.** Quelle est la nature du rayonnement solaire ? Préciser les domaines de longueurs d'onde du spectre de la lumière visible.
b. Expliquer rapidement le principe de l'effet de serre, c'est-à-dire pourquoi l'eau se réchauffe dans le distillateur solaire.

On désire installer un distillateur solaire destiné à produire 20 m^3 d'eau potable par jour, dans une région où l'énergie solaire incidente globale est en moyenne de $16 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. Le rendement thermique de ce distillateur est de 45 %. Pour simplifier, on considérera que la condensation de la vapeur d'eau produite par l'évaporation de 20 m^3 d'eau salée liquide donne 20 m^3 d'eau douce liquide.

- 2. a.** Calculer l'énergie solaire incidente ΔE réellement utilisée par ce distillateur. Exprimer le résultat en $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$.
b. Calculer la quantité d'énergie Q nécessaire pour la transformation journalière de 20 m^3 d'eau liquide à l'état de vapeur.
c. En déduire la valeur de la surface S que doit avoir le distillateur solaire. On supposera que toute l'énergie incidente ΔE sert à la vaporisation de l'eau.
d. Calculer le rendement en litre d'eau douce par jour et par m^2 ($\text{L} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$).
- 3.** Pourquoi le rendement thermique de ce distillateur n'est-il pas de 100 % ?

► Coups de pouce

- 1. a.** La nature de la lumière et les longueurs d'onde du visible sont à connaître.
b. Tout corps chaud émet un rayonnement infrarouge.
- 2. a.** Utiliser le rendement.
b. L'énergie de changement d'état $Q = m \cdot L$ s'exprime en J, la masse m étant en kg et l'énergie massique de changement d'état en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.
On rappelle que $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$.
c. Faire attention aux unités.
- 3.** Que devient toute l'énergie solaire incidente ?

Aide question 2.a : _____

EXEMPLE DE RÉSOLUTION

1. a. Le rayonnement solaire est composé de radiations électromagnétiques : les ultraviolets (UV) ($\lambda < 400 \text{ nm}$), la lumière visible ($400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$) et les infrarouges (IR) ($\lambda > 800 \text{ nm}$).

b. Le rayonnement UV solaire traverse le toit de verre et est absorbé en grande partie par l'eau et le fond du bac, pour être converti en énergie thermique. L'intérieur de la serre s'échauffe et émet un rayonnement IR. Le verre étant opaque aux IR, ce rayonnement ne peut pas sortir et son énergie fait monter la température à l'intérieur de la serre.

2. a. $\Delta E = (45/100) \times 16 = 7,2 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

En multipliant par 24×60 : $\Delta E = 1,0 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$

b. $Q = m(\text{eau}) \cdot L_{\text{vap}} = \rho(\text{eau}) \cdot V(\text{eau}) \cdot L_{\text{vap}}$

A.N. : $Q = 1,0 \times 20 \times 10^3 \times 2,3 \times 10^6$

soit $Q = 4,6 \times 10^{10} \text{ J}$

c. Chaque jour, par unité de surface :

$$\Delta E = 1,0 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} = 1,0 \times 10^7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

Où, pour produire 20 m^3 d'eau douce, il faut $4,6 \times 10^{10} \text{ J}$, donc la surface du distillateur sera :

$$S = Q/\Delta E = 4,6 \times 10^{10} / (1,0 \times 10^7); \quad S = 4,6 \times 10^3 \text{ m}^2$$

d. Chaque jour, la surface S fournit un volume $V_j = 20 \text{ m}^3 = 20 \times 10^3 \text{ L}$.

Le rendement en litre d'eau douce par jour et par m^2 sera donc :

$$R = V_j/S.$$

A.N. : $R = 20 \times 10^3 / (4,6 \times 10^3); \quad R = 4,3 \text{ L} \cdot \text{jour}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

3. Toute l'énergie fournie par le Soleil ne traverse pas la vitre : une partie est réfléchiée. La partie qui traverse la vitre ne sert pas uniquement à la formation de la vapeur d'eau (elle permet aussi l'élévation de température du bassin, des vitres...). De plus, il y a nécessairement des pertes d'énergie vers l'extérieur de la serre.