

Modélisation de la puissance latente liée à l'humidité

Juin 2025

1. Puissance latente

On souhaite modéliser une puissance thermique associée à la condensation ou à l'évaporation de la vapeur d'eau.

Elle s'écrit :

$$\Phi = L_v \cdot \phi$$

où :

- L_v est la chaleur latente de vaporisation (ou de condensation) de l'eau, en J/kg,
- ϕ est le flux massique d'eau par unité de surface et de temps, en kg/m²/s.

Ordre de grandeur :

Prenons $L_v = 2.26 \times 10^6$ J/kg.

Si 1 mm d'eau s'évapore par jour, cela correspond à une masse de $\phi = 1$ kg/m²/jour $\approx 1.157 \times 10^{-5}$ kg/m²/s.

La puissance surfacique correspondante est :

$$\Phi = 2.26 \times 10^6 \cdot 1.157 \times 10^{-5} \approx 26.2 \text{ W/m}^2$$

2. Signe de la puissance latente selon les conditions

La puissance latente peut être :

- **positive** : lors de l'évaporation (énergie prélevée à la surface),
- **négative** : lors de la condensation (énergie libérée vers la surface).

Ordres de grandeur du flux massique d'évaporation selon la surface

Voici quelques valeurs moyennes calculés de ϕ , en kg/m²/s, pour différentes zones géographiques :

Type de surface	Flux massique ϕ (kg/m ² /s)
Océan / mer	$\approx 1.3 \times 10^{-5}$
Neige / glace	$\approx 1.0 \times 10^{-6}$
Forêt tropicale	$\approx 2.0 \times 10^{-5}$
Sol nu (terre battue)	$\approx 5.0 \times 10^{-6}$
Désert chaud	$\approx 2.0 \times 10^{-6}$
Zone enneigée froide	$\approx 0.5 \times 10^{-6}$

source :

<https://www.mdpi.com/>

Hypothèse jour/nuit :

- **Le jour**, le sol est chauffé par le rayonnement solaire et devient plus chaud que l'air ambiant. Il y a donc évaporation d'eau à la surface, ce qui correspond à une **puissance latente positive** :

$$\Phi = +L_v \cdot \phi_{\text{évaporation}}$$

- **La nuit**, le sol se refroidit plus vite que l'air (par rayonnement infrarouge). L'air devient alors plus chaud que le sol, ce qui favorise la condensation de la vapeur d'eau. Il y a alors libération d'énergie sous forme de chaleur latente, ce qui correspond à une **puissance latente négative** :

$$\Phi = -L_v \cdot \phi_{\text{condensation}}$$

On peut donc approximer la puissance latente dans un modèle thermique en inversant son signe entre le jour et la nuit.