

The cover features a dark background with a photograph of a person in a laboratory setting, illuminated by a bright light source. The text is overlaid on this image.

**UPMC**  
UNIVERSITÉ PARIS VI  
PARIS UNIVERSITAS

Unité d'Ergonomie  
Faculté de Médecine  
Pitié-Salpêtrière  
91, bd de l'Hôpital  
75 634 Paris cedex 13  
[www.ergonomie.chups.jussieu.fr](http://www.ergonomie.chups.jussieu.fr)

**DIPLÔME D'ERGONOMIE ET DE PHYSIOLOGIE DU TRAVAIL**  
**option 2**  
**Ergonomie de l'ambiance physique et psychosociale**

Directeur du diplôme  
Docteur  
Bronislaw KAPITANIAK

**ambiance thermique**  
**1**

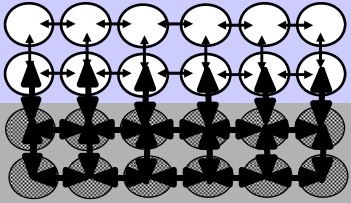
The cover features a dark background with a photograph of a person in a laboratory setting, illuminated by a bright light source. The text is overlaid on this image.

**physique de climat**  
**conduction, convection,**  
**rayonnement, évaporation**

7 2 2000  
13 23 16

**conduction**  
K (W m<sup>-2</sup>)

solide



**K = k (T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>)**  
où :  
k = conductance thermique du corps solide (W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>)  
T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub> = différence de température des 2 faces (K)

**conductibilité thermique du matériau**  
 $\lambda$  (W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

**$\lambda = k e$**   
où :  
k = conductance thermique du corps solide (W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>)  
e = épaisseur du matériau (m)

## diffusivité thermique du matériau

**D (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)**

$$D = \lambda / \rho c$$

où :

$\lambda$  = conductibilité thermique (W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

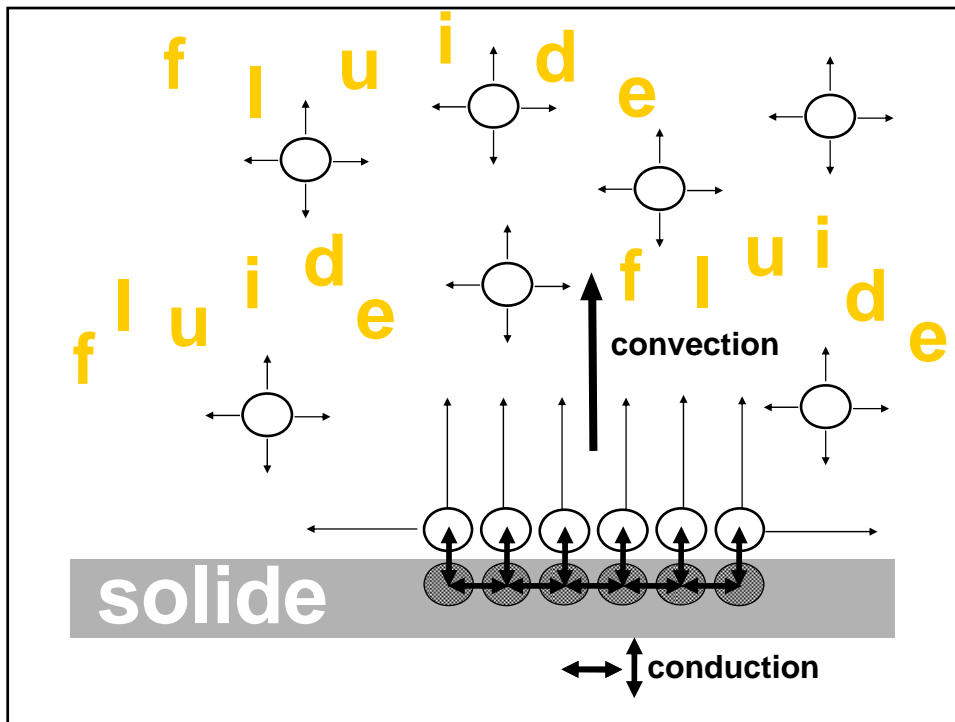
$\rho$  = densité (kg m<sup>-3</sup>)

$c$  = capacité calorifique (J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

## conductance thermique

en W • m<sup>-2</sup> • K<sup>-1</sup>

Argent	à 0°C	417,000
Cuivre	à 0°C	388,000
Acier inox	à 0°C	16,000
Os	à 0°C	2,150
Peau humaine	à 36°C	0,630
Sang	à 37°C	0,624
Eau	à 0°C	0,550
Alcool	à 20°C	0,180
Air	à 0°C et 760Torr	0,024
O2 et CO2	à 0°C et 760Torr	0,015



**convection thermique**  
C (W m<sup>-2</sup>)

**C = h<sub>c</sub> (T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>)**  
où :

- h<sub>c</sub> = coefficient de convection de fluide (W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>)
- T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub> = différence de température entre solide et fluide (K)

7 2 2000  
13:23:16

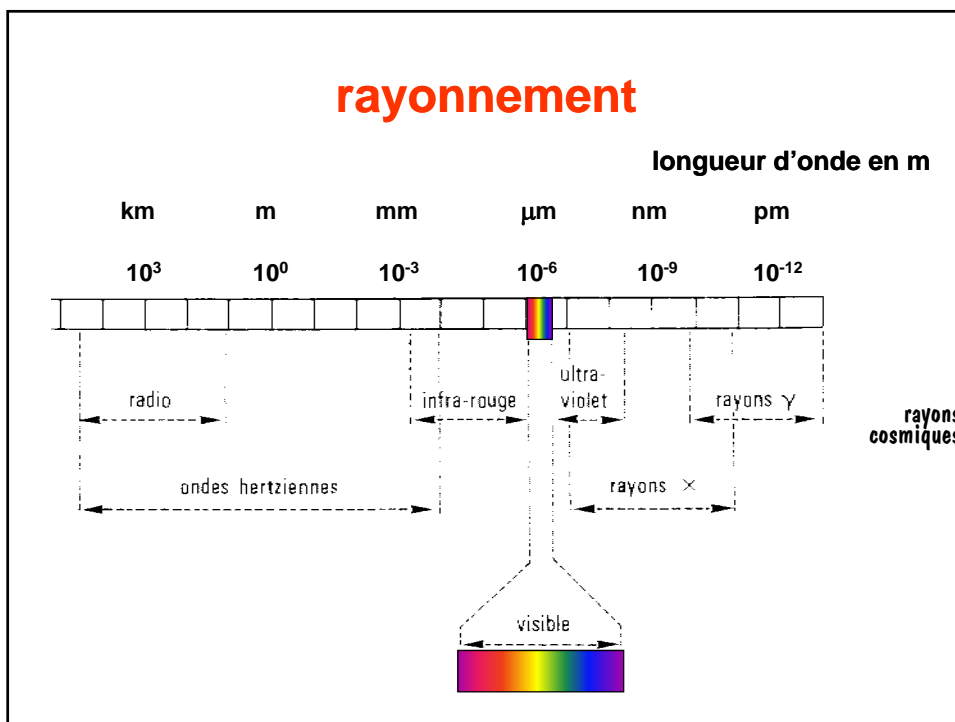
## convection thermique

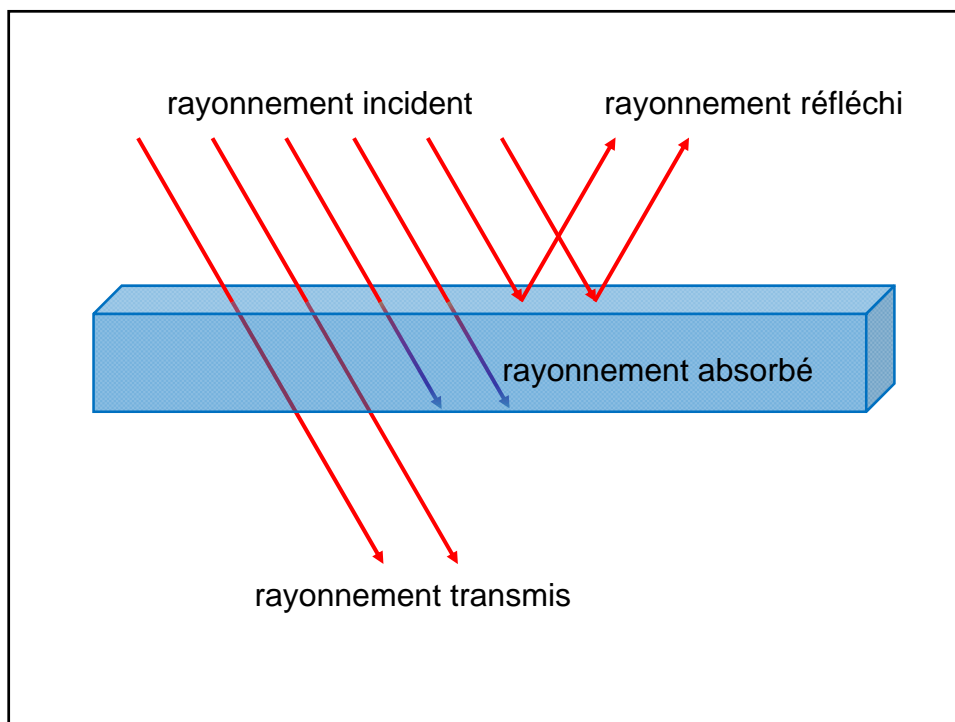
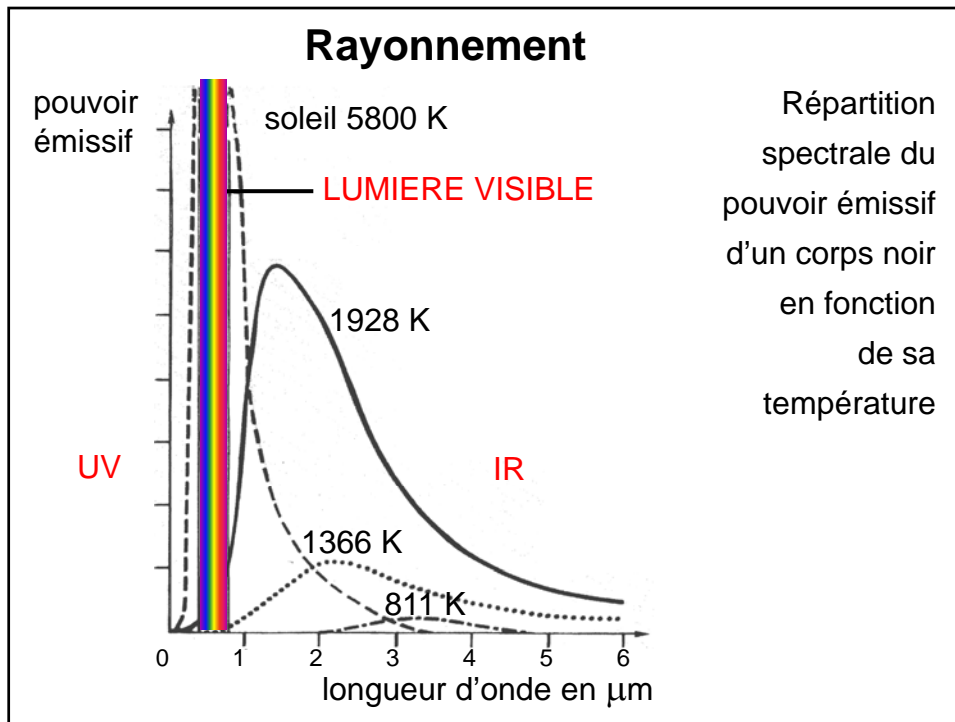
$C \text{ (W m}^{-2}\text{)}$

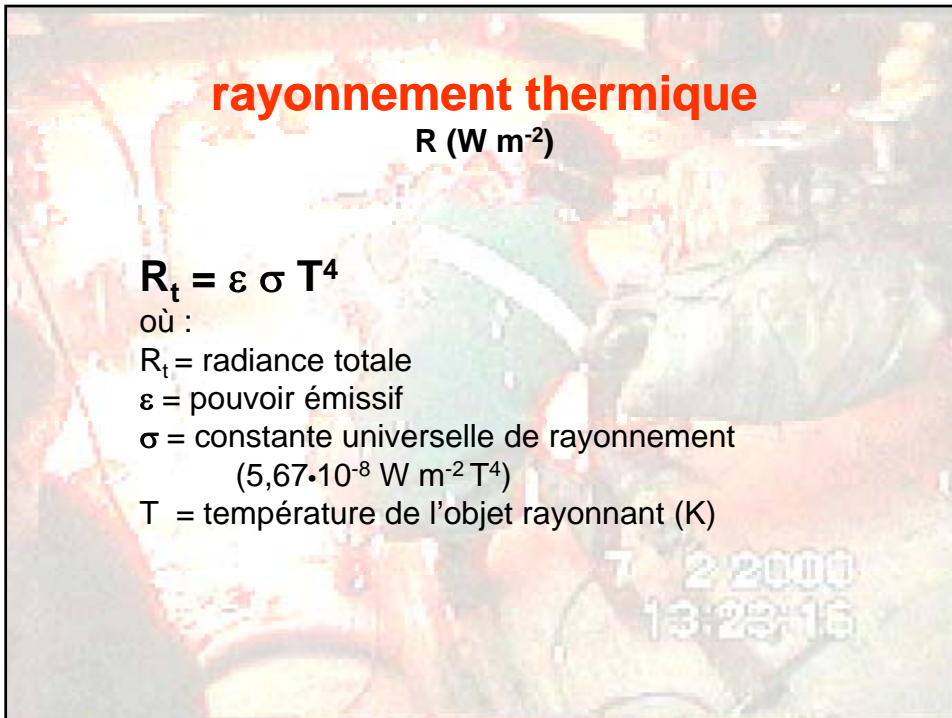
$h_c \rightarrow (T_1 - T_2) \text{ (K)}$

$V_a \text{ (m s}^{-1}\text{)}$   
 diffusivité de fluide  
 forme, dimension, surface du solide

convection naturelle       $V_a < 0,25 \text{ m s}^{-1}$   
 convection forcée       $V_a > 0,25 \text{ m s}^{-1}$





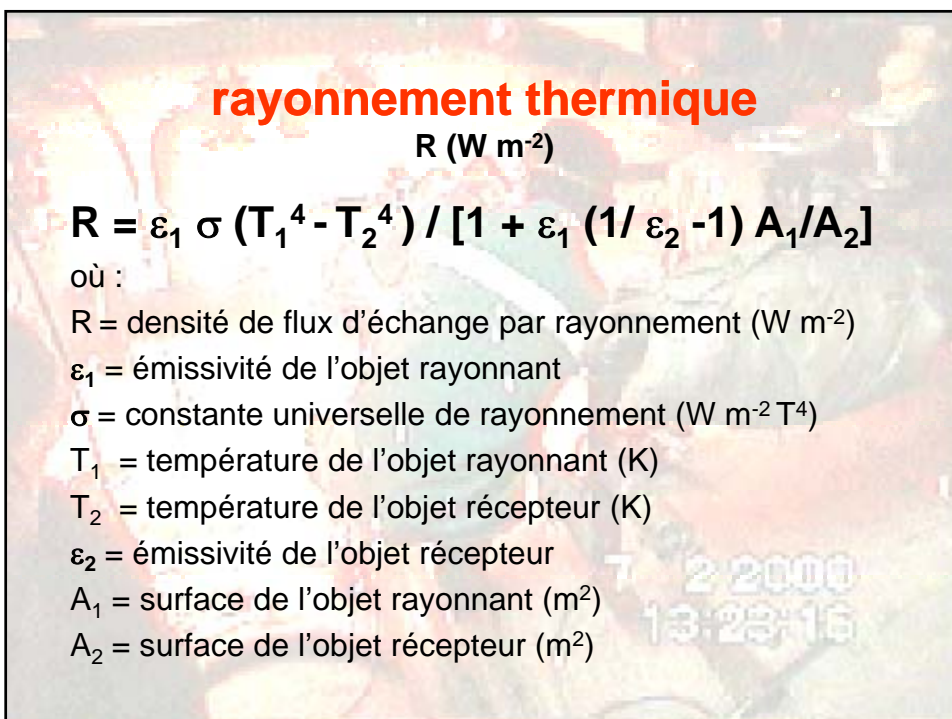


**rayonnement thermique**  
R (W m<sup>-2</sup>)

**$R_t = \epsilon \sigma T^4$**   
où :

- R<sub>t</sub> = radiance totale
- ε = pouvoir émissif
- σ = constante universelle de rayonnement  
(5,67·10<sup>-8</sup> W m<sup>-2</sup> T<sup>4</sup>)
- T = température de l'objet rayonnant (K)

7 2 2000  
13:23:16

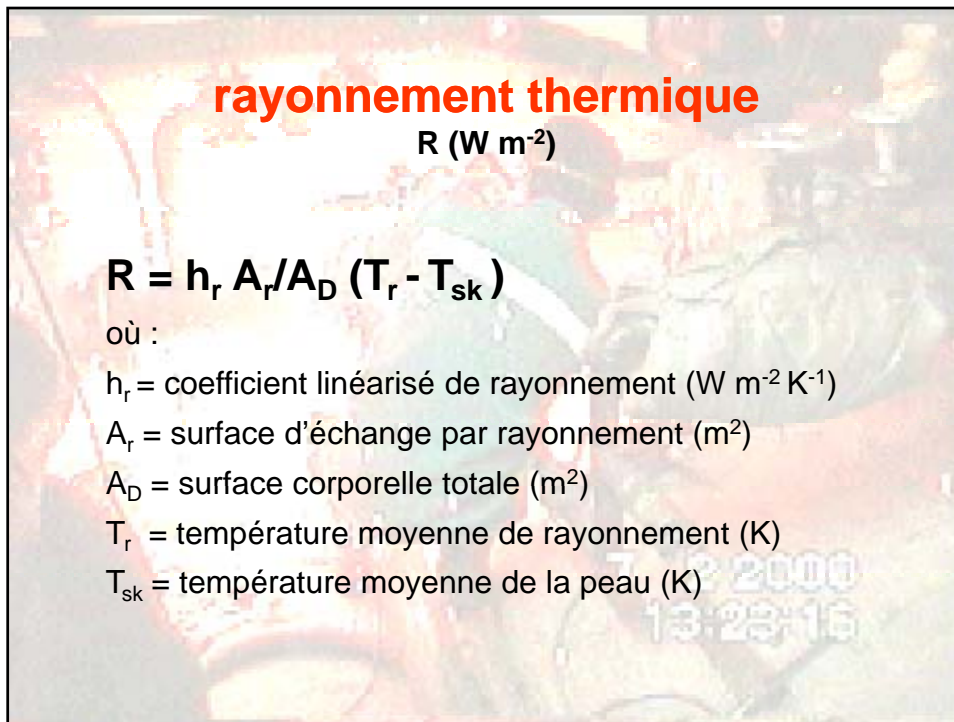


**rayonnement thermique**  
R (W m<sup>-2</sup>)

**$R = \epsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4) / [1 + \epsilon_1 (1/\epsilon_2 - 1) A_1/A_2]$**   
où :

- R = densité de flux d'échange par rayonnement (W m<sup>-2</sup>)
- ε<sub>1</sub> = émissivité de l'objet rayonnant
- σ = constante universelle de rayonnement (W m<sup>-2</sup> T<sup>4</sup>)
- T<sub>1</sub> = température de l'objet rayonnant (K)
- T<sub>2</sub> = température de l'objet récepteur (K)
- ε<sub>2</sub> = émissivité de l'objet récepteur
- A<sub>1</sub> = surface de l'objet rayonnant (m<sup>2</sup>)
- A<sub>2</sub> = surface de l'objet récepteur (m<sup>2</sup>)

7 2 2000  
13:23:16

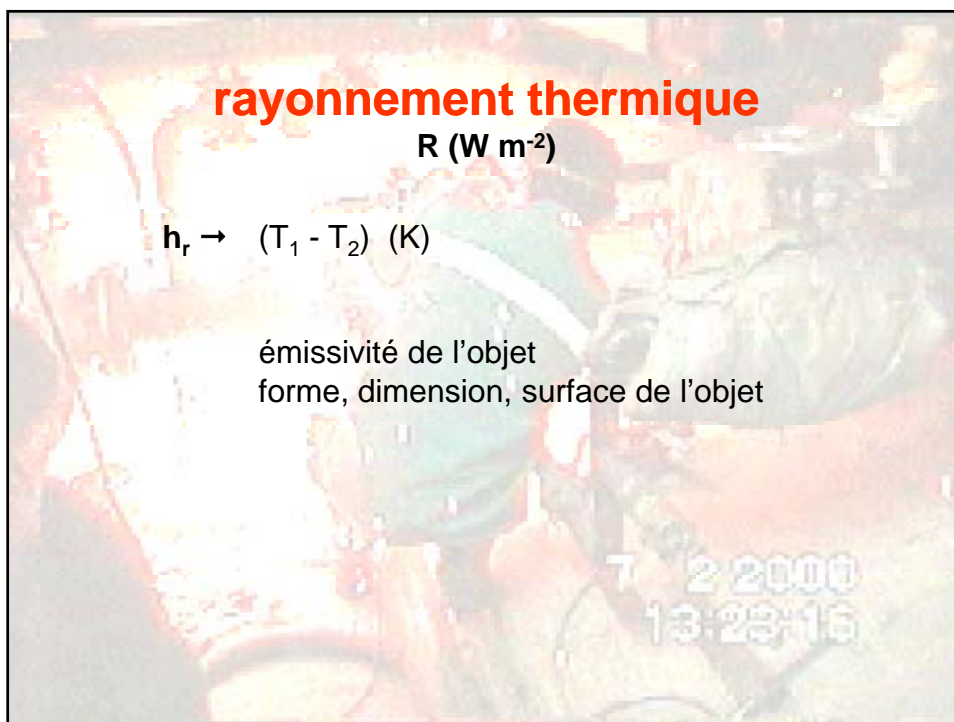


**rayonnement thermique**  
R (W m<sup>-2</sup>)

**$R = h_r A_r / A_D (T_r - T_{sk})$**

où :

- $h_r$  = coefficient linéarisé de rayonnement (W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>)
- $A_r$  = surface d'échange par rayonnement (m<sup>2</sup>)
- $A_D$  = surface corporelle totale (m<sup>2</sup>)
- $T_r$  = température moyenne de rayonnement (K)
- $T_{sk}$  = température moyenne de la peau (K)



**rayonnement thermique**  
R (W m<sup>-2</sup>)

**$h_r \rightarrow (T_1 - T_2) (K)$**

émissivité de l'objet  
forme, dimension, surface de l'objet



## émissivité thermique

fer poli à 310K	9,3mm	0,06
fer poli à 1646K	1,8mm	0,25
fonte oxydée à 310K		0,63
verre		0,90
asphalte		0,93
marbre blanc		0,95
peau à 310K (33°C)		0,99

## émissivité thermique de la peau humaine

Peau à 300K (23°C)	0,97
Peau à 310K (33°C)	0,99

L'émissivité dans le spectre thermique varie selon la température, mais pas selon la couleur

L'émissivité dans le spectre visible varie selon la couleur, mais pas selon la température

## évaporation

évaporation de **1 g** d'eau  
à une température de **35°C**  
absorbe **2,5 kJ = 0,674 Wh = 0,585 kcal**

## évaporation

$E$  ( $W m^{-2}$ )

$$E = h_e A_e / A_D (P_a - P_{s,sk})$$

où :

$h_e$  = coefficient d'évaporation ( $W m^{-2} kPa^{-1}$ )

$A_e$  = surface d'échange par évaporation ( $m^2$ )

$A_D$  = surface corporelle totale ( $m^2$ )

$P_a$  = pression de vapeur d'eau ambiante (kPa)

$P_{s,sk}$  = pression saturante de vapeur d'eau cutanée (kPa)

## évaporation maximale

$E$  ( $W m^{-2}$ )

$$E_{\max} = h_e (P_a - P_{s,sk})$$

où

$E_{\max}$  = évaporation maximale permise par l'ambiance

$h_e$  = coefficient d'évaporation ( $W m^{-2} kPa^{-1}$ )

$P_a$  = pression de vapeur d'eau ambiante (kPa)

$P_{s,sk}$  = pression saturante de vapeur d'eau cutanée (kPa)

## évaporation

$E$  ( $W m^{-2}$ )

$$h_e = 16,7 h_c$$

$(T_1 - T_2)$  (K)

$V_a$  ( $m s^{-1}$ )

diffusivité de fluide

forme, dimension, surface du solide

