

TIPE 2020/21 : Enjeux sociétaux

SUJET

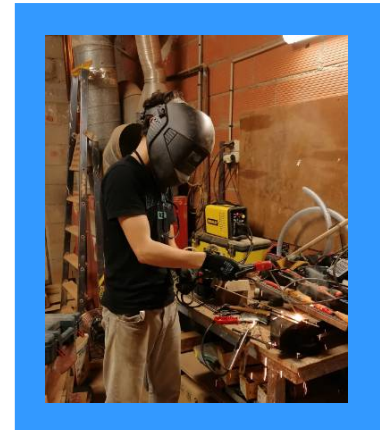
**Production d'eau liquide par condensation
passive de l'humidité atmosphérique sur un
condenseur plan incliné**

SOMMAIRE

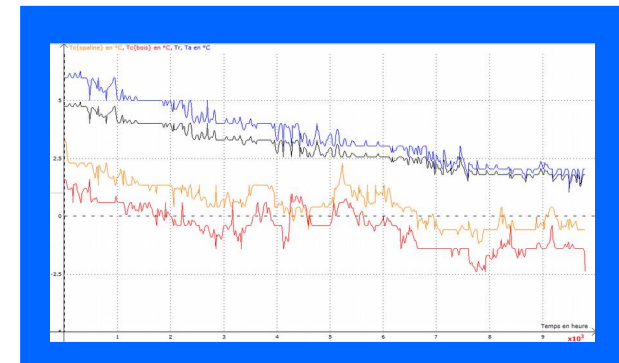
I - ETAT DE L'ART



II - REALISATION DES CONDENSEURS



III - EXPERIENCES ET RESULTATS



IV - CONCLUSION

I - ETAT DE L'ART

II - REALISATION DES CONDENSEURS

III - EXPERIENCES ET RESULTATS

IV - CONCLUSION



Daniel BEYSENS

Association fondée
en 1999

Condenseur
de Zibold



Usine de rosée
en Inde



Potable ou aisément
potabilisable

Exploitable
à bas coût

Eau de
rosée

Source d'eau
renouvelable

Vaste disponibilité

Humidité relative

Mesurée à l'aide d'un hygromètre

Température de rosée

$$T_r = \frac{b\alpha(T_a, \varphi)}{a + \alpha(T_a, \varphi)}$$

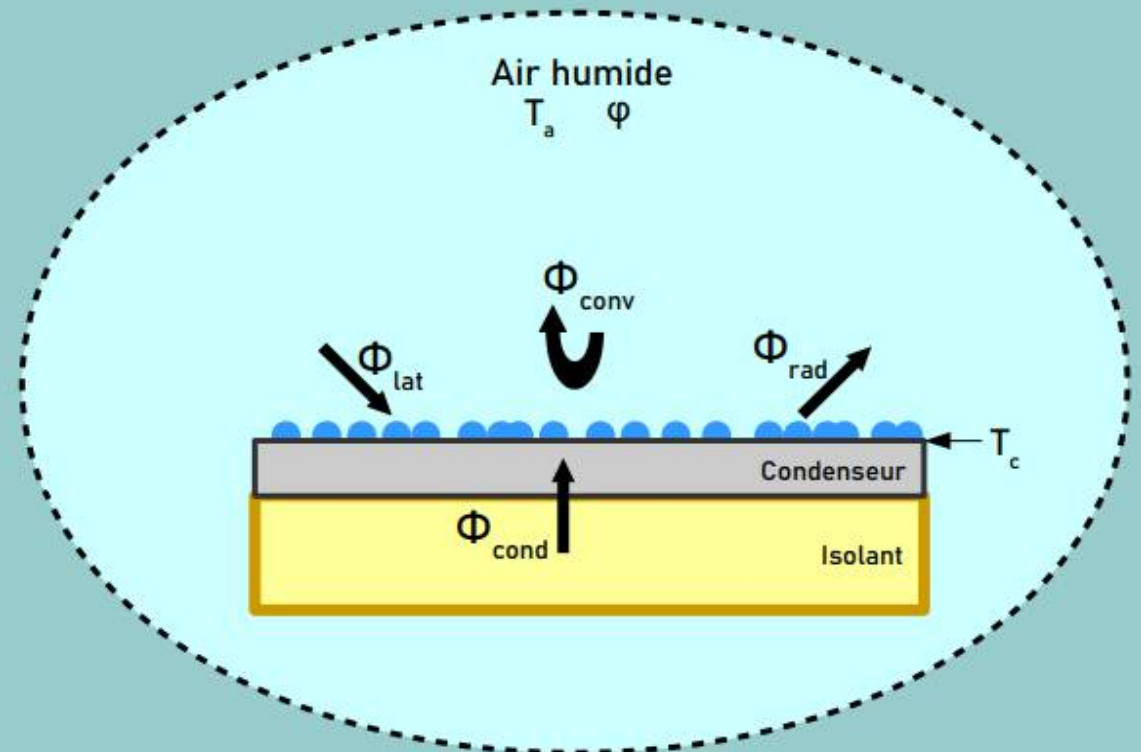
$$a = 17,27$$

$$b = 237,7 [^{\circ}\text{C}]$$

$$\alpha(T_a, \varphi) = \frac{aT_a}{b + T_a} + \ln(\varphi)$$

Équation de condensation

$$\frac{dT_c}{dt} (m_c c_c + m_{\text{eau}} c_{\text{eau}}) = \phi_{\text{cond}} + \phi_{\text{conv}} + \phi_{\text{rad}} + \phi_{\text{lat}}$$



I - ETAT DE L'ART

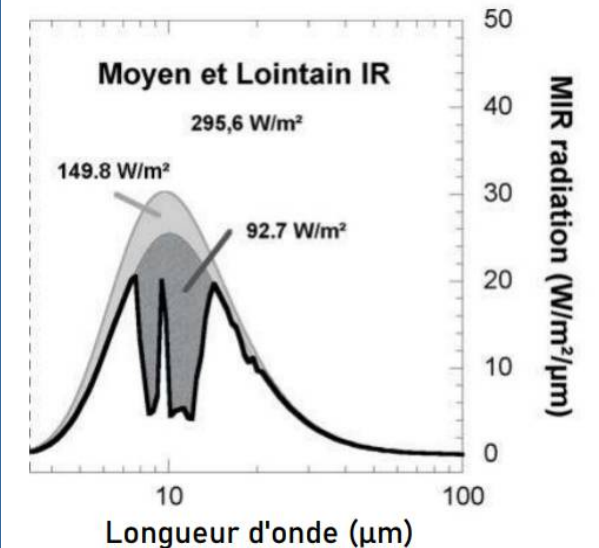
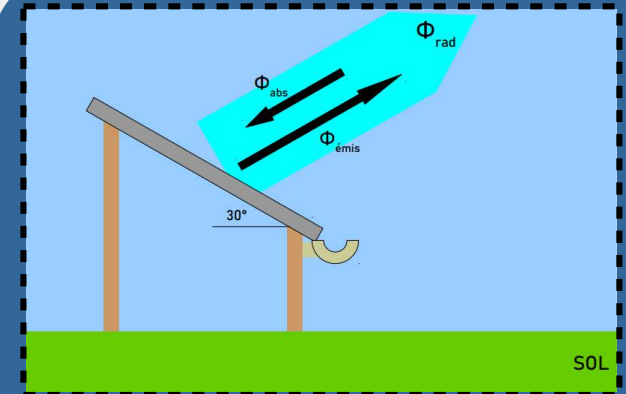
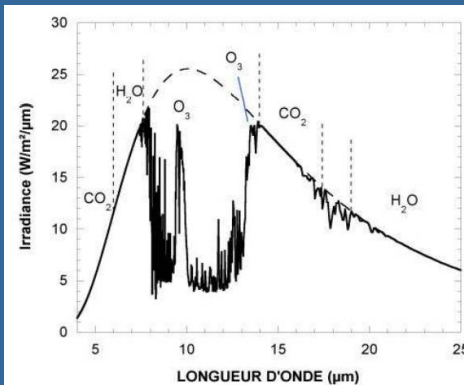
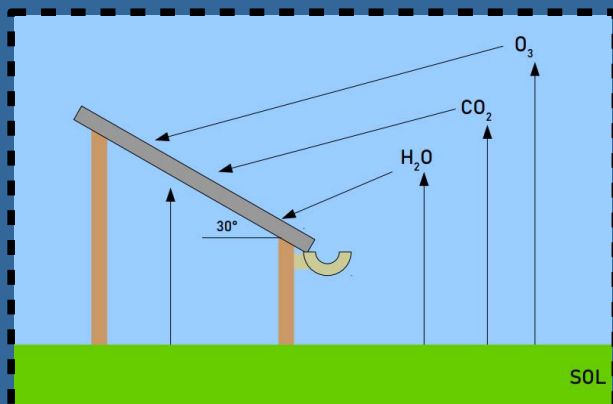
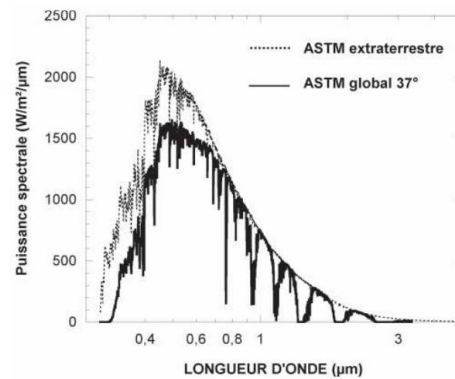
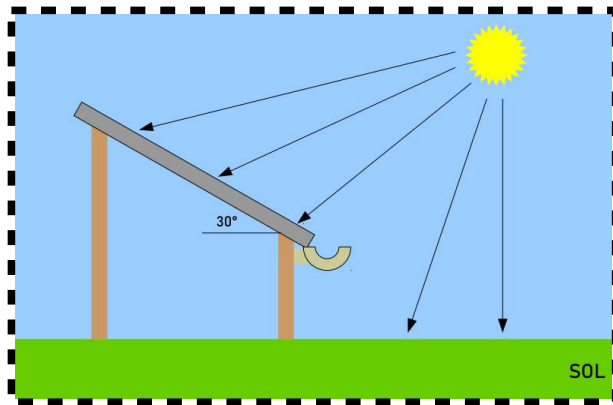
II - REALISATION DES CONDENSEURS

III - EXPERIENCES ET RESULTATS

IV - CONCLUSION

5

Le refroidissement radiatif ϕ_{rad}



I - ETAT DE L'ART

II - REALISATION DES CONDENSEURS

III - EXPERIENCES ET RESULTATS

IV - CONCLUSION

6

Condenseurs plans
de 1m^2 inclinés à 30°



Condenseurs plans de
 $0,25\text{m}^2$ à différents angles
d'inclinaison

I – ETAT DE L'ART

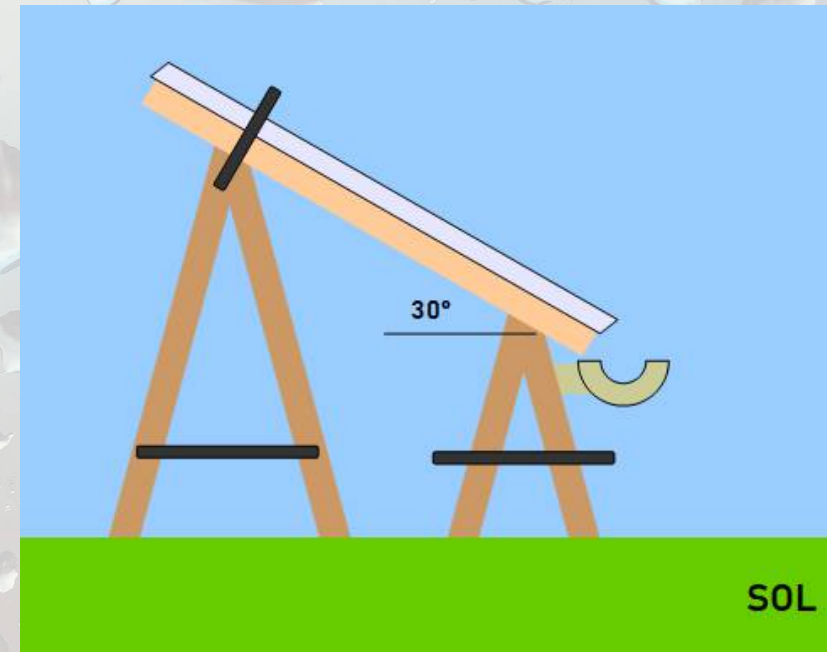
II – REALISATION DES CONDENSEURS

III – EXPERIENCES ET RESULTATS

IV – CONCLUSION

Premiers types de condenseurs :

- Comparaison des différents matériaux
- Relevés de températures et d'humidité relative



Canalisation des
gouttes qui
tombent de la
plaque

Récipient de
récupération de
rosée



Matériau :
surface de
condensation

Isolant :
polystyrène

I - ETAT DE L'ART

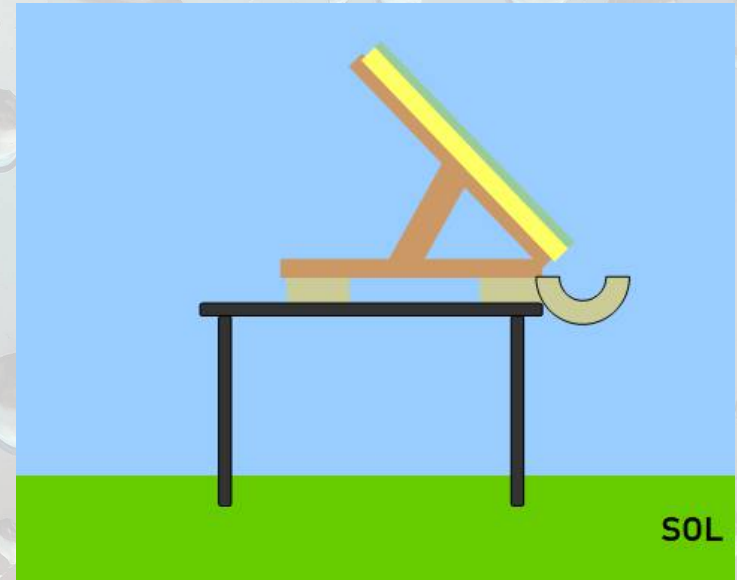
II - REALISATION DES CONDENSEURS

III - EXPERIENCES ET RESULTATS

IV - CONCLUSION

Deuxième types de condenseurs :

- Expérimentation de l'angle d'inclinaison optimal
- Cohérence avec le rendement théorique



Verre : surface de condensation

Papier aluminium

Isolant : polystyrène

Structure de bois inclinable

I – ETAT DE L'ART

II – REALISATION DES CONDENSEURS

III – EXPERIENCES ET RESULTATS

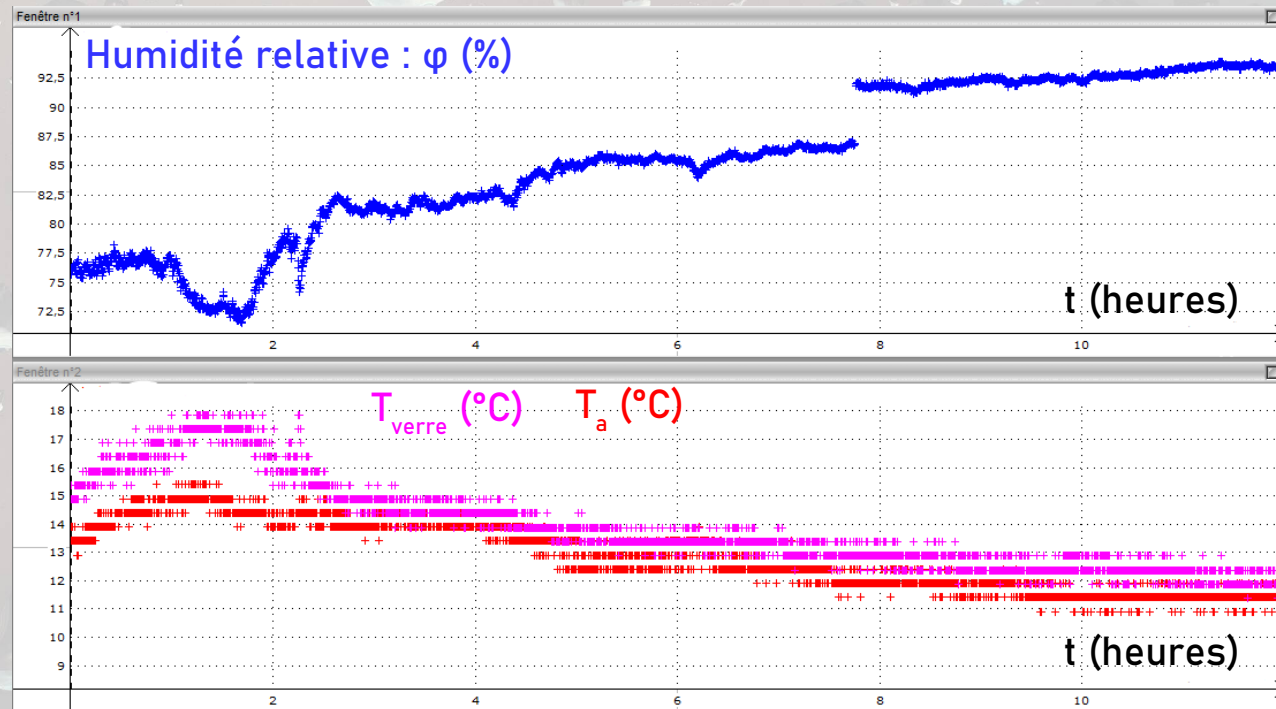
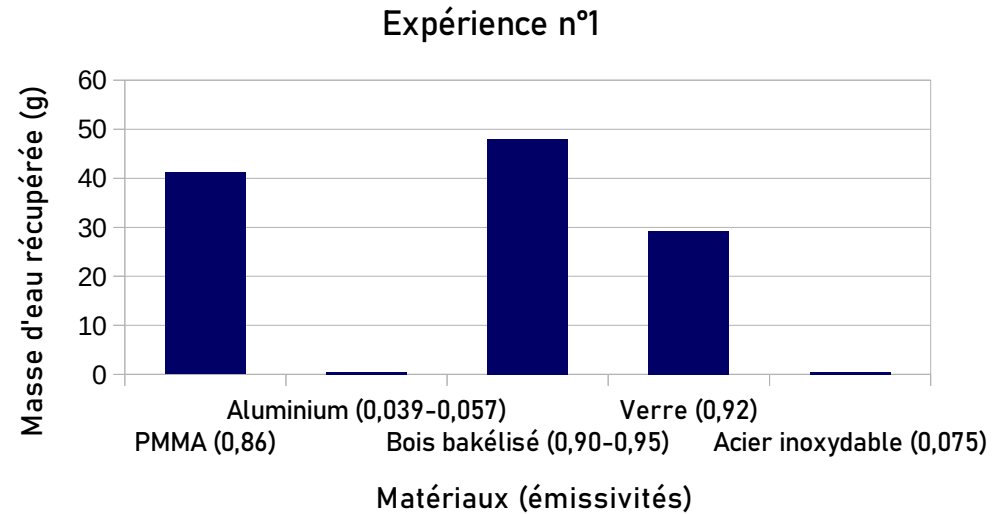
IV – CONCLUSION

Expérience n°1 : Première approche

Hygromètre

Plaque SYSAM

Thermocouple
type K



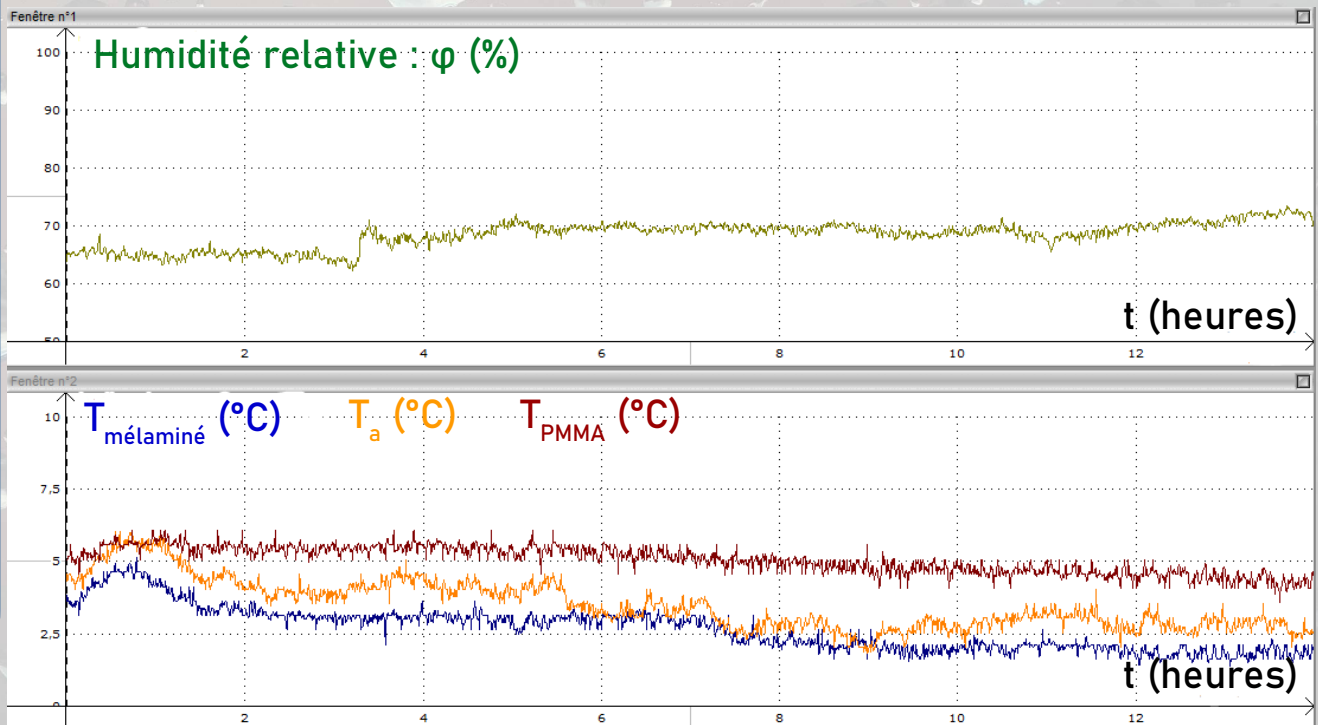
I – ETAT DE L'ART

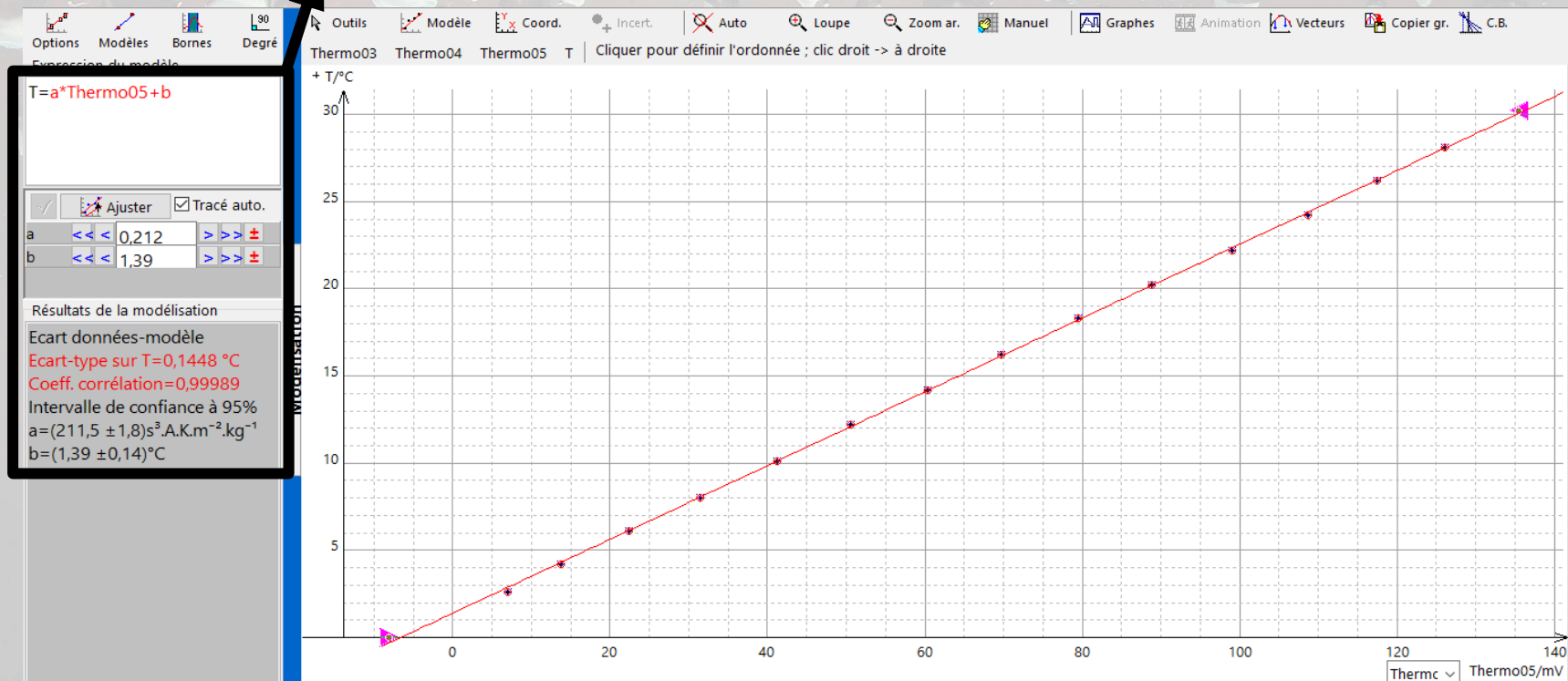
II – REALISATION
DES CONDENSEURSIII – EXPERIENCES
ET RESULTATS

IV – CONCLUSION

Expérience n°2 :
Améliorations et influence du ventIsolant :
polystyrèneGouttières
plus grandes

Jour	Heure	Temp.	Vent km/h			Pluie sur 1h	Humidité	Pression	Temps
			dir.	moy.	raf.				
	02:00	3 °C	↓	20	70	--	39 %	1021 hPa	☀
	03:00	3 °C	↓	15	55	--	36 %	1021 hPa	☀
	04:00	2 °C	↓	15	50	--	40 %	1022 hPa	☀
	05:00	2 °C	↓	15	45	--	41 %	1022 hPa	☀
	06:00	2 °C	↓	15	45	--	45 %	1022 hPa	☀
	07:00	2 °C	↓	20	55	--	42 %	1022 hPa	☀
	08:00	2 °C	↓	15	55	--	40 %	1023 hPa	☀
	09:00	1 °C	↓	15	40	--	44 %	1023 hPa	☀

 $V_0 = 15,8 \text{ km/h}$ 

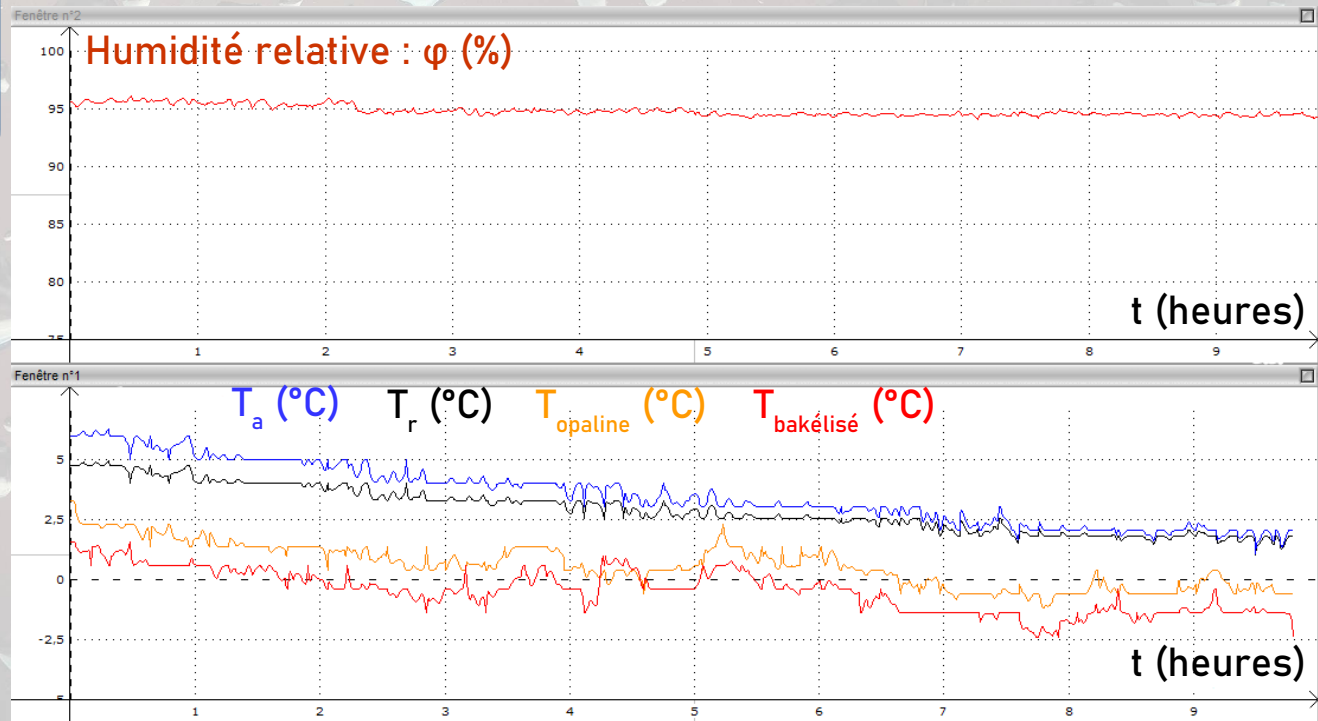


I - ETAT DE L'ART

II - REALISATION
DES CONDENSEURSIII - EXPERIENCES
ET RESULTATS

IV - CONCLUSION

Expérience n°3 :
Conditions météorologiques inhabituelles
et interprétations



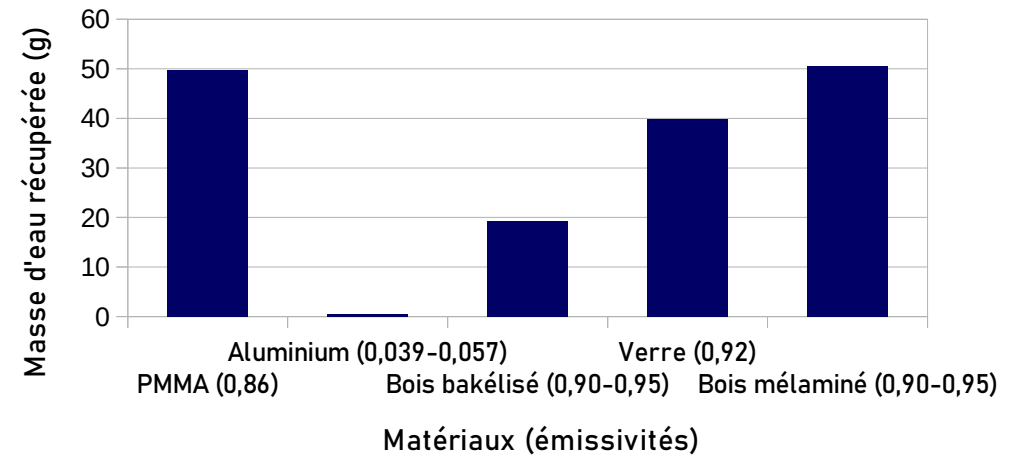
I - ETAT DE L'ART

II - REALISATION
DES CONDENSEURSIII - EXPERIENCES
ET RESULTATS

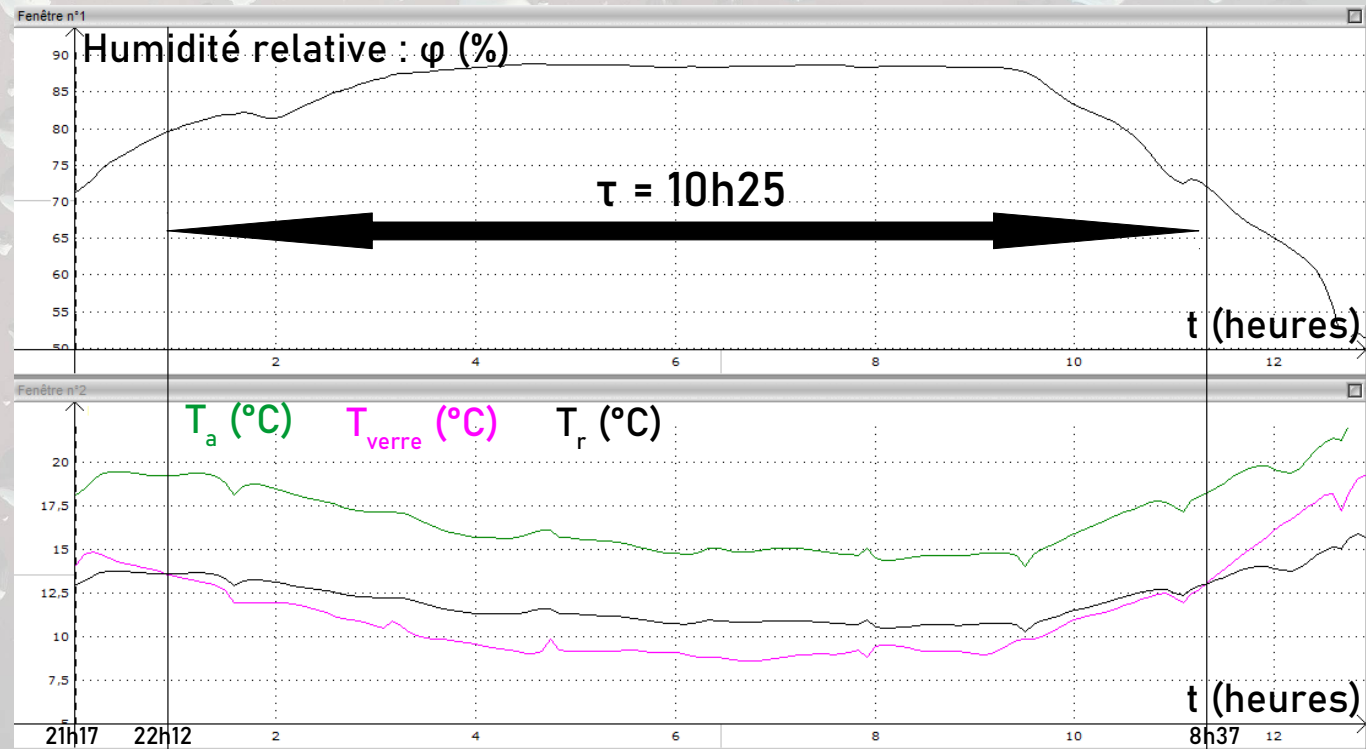
IV - CONCLUSION



Expérience n°4



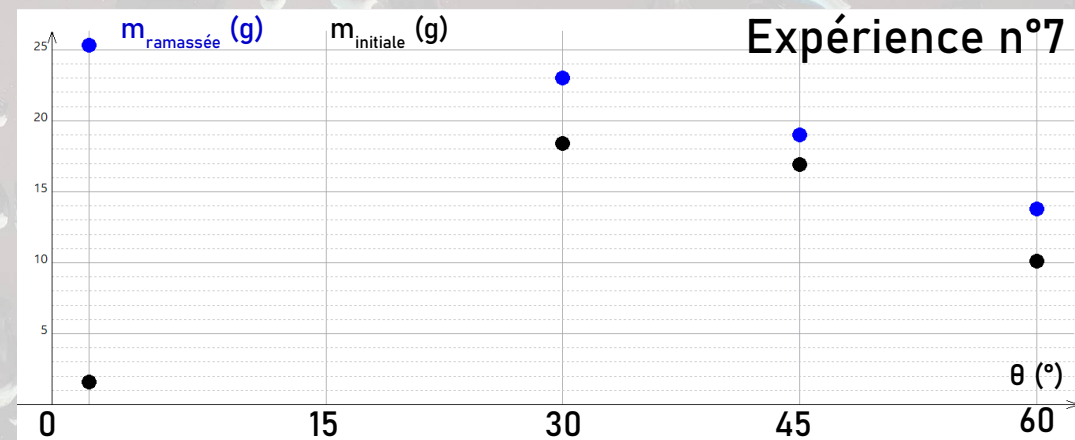
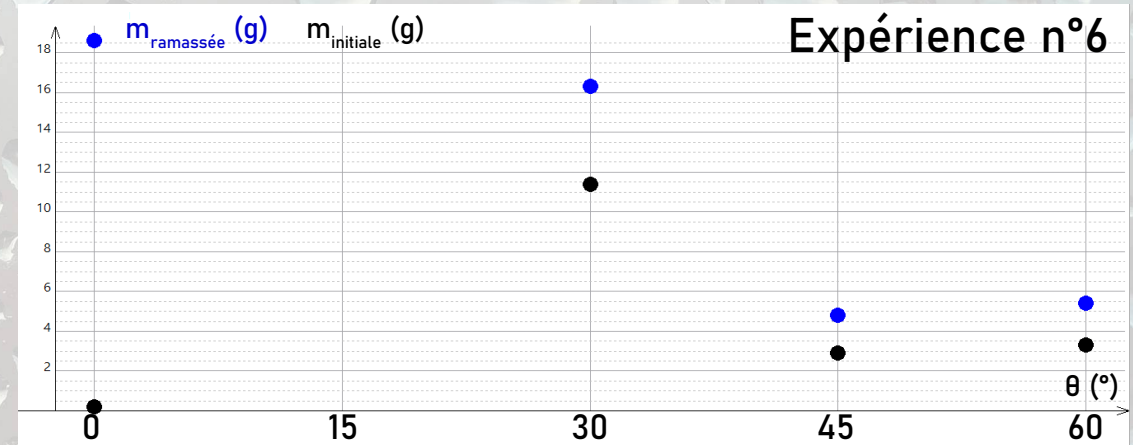
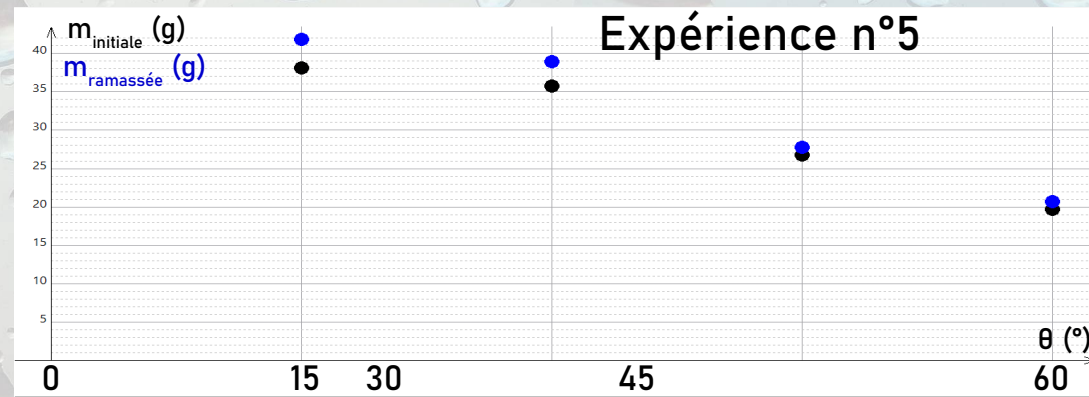
Expérience n°4 :
Temps de formation de rosée



I - ETAT DE L'ART

II - REALISATION
DES CONDENSEURSIII - EXPERIENCES
ET RESULTATS

IV - CONCLUSION

Expériences n°5-6-7 :
Étude de l'angle idéal

I – ETAT DE L'ART

II – REALISATION
DES CONDENSEURSIII – EXPERIENCES
ET RESULTATS

IV – CONCLUSION

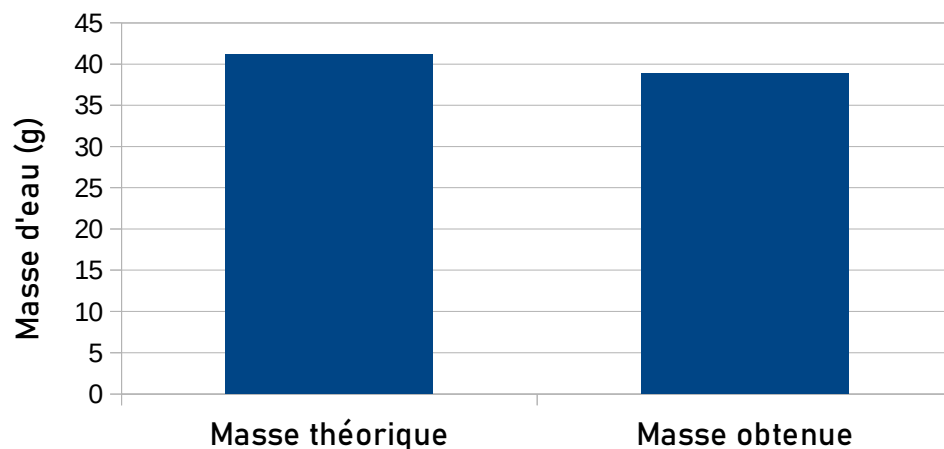
Formule du rendement

$$r(L) = S_c \frac{\Delta t}{12} \left\{ 0,37 \left(P(H) - Q(H) \cdot T_r \cdot 10^{-3} \right) \left(\frac{T_r + 273,15}{285} \right)^4 \left(1 - \frac{N}{8} \right) + 0,06 (T_r - T_a) \cdot C(V / V_0) \right\}$$

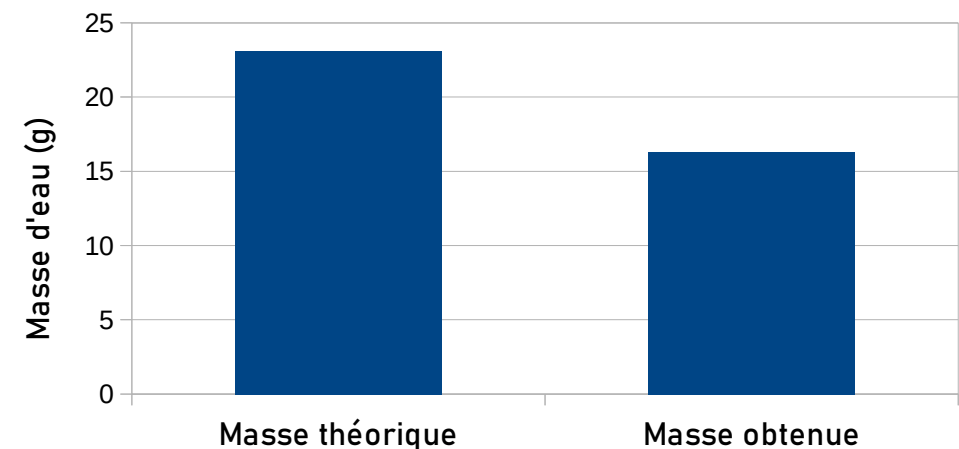
Correction temporelle

 ϕ_{rad} ϕ_{conv}

Expérience n°5



Expérience n°6



BILAN



Quantité d'eau récupérée
d'environ 0,5L

Modèle à utiliser :

- Surface plane
- Incliné à environ 30° par rapport à l'horizontale

Caractéristiques du matériau à utiliser :

- Conductivité faible
- Émissivité forte dans le moyen et lointain IR
- Super hydrophile ou super hydrophobe
- Réflectivité forte pour la lumière visible

ANNEXE

$$\frac{dT_c}{dt} (Mc_c + m_c c_w) = \phi_{cond} + \phi_{conv} + \phi_{lat} + \phi_{rad}$$

Hypothèses :

On néglige le
flux conductif

Régime stationnaire

$$\phi_{rad} = -\phi_{conv} - \phi_{lat}$$

Φ_{conv} : flux de chaleur convectif

Loi de Newton : $\phi_{conv} = h_c S_c (T_a - T_c)$

Φ_{lat} : flux de chaleur apporté par
dégagement de chaleur latente

$$\phi_{lat} = L_c \frac{dm}{dt}$$

Dans le cadre de la
formation de rosée :

$$\phi_{conv} > 0$$

$$\phi_{lat} > 0$$

ANNEXE

Hypothèses :

On néglige le
flux conductif

Régime stationnaire

$$L_c \frac{dm}{dt} = -\phi_{rad} - \phi_{conv}$$

$$\phi_{rad} = \phi_{abs} - \phi_{emis}$$

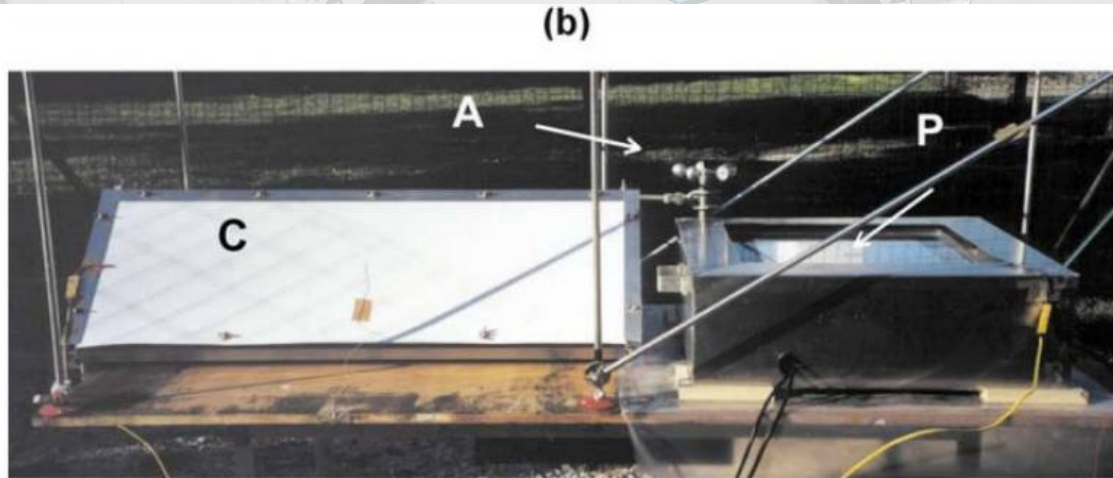
Loi de Stephan-Boltzmann :

$$\phi_{rad} = (\varepsilon_s - 1) S_c \varepsilon_c \sigma (T_c + 273)^4$$

$$L_c \frac{dm}{dt} = (1 - \varepsilon_s) S_c \sigma (T_r + 273)^4 \left(1 - \frac{N}{8} \right) + a S_c (T_r - T_a)$$

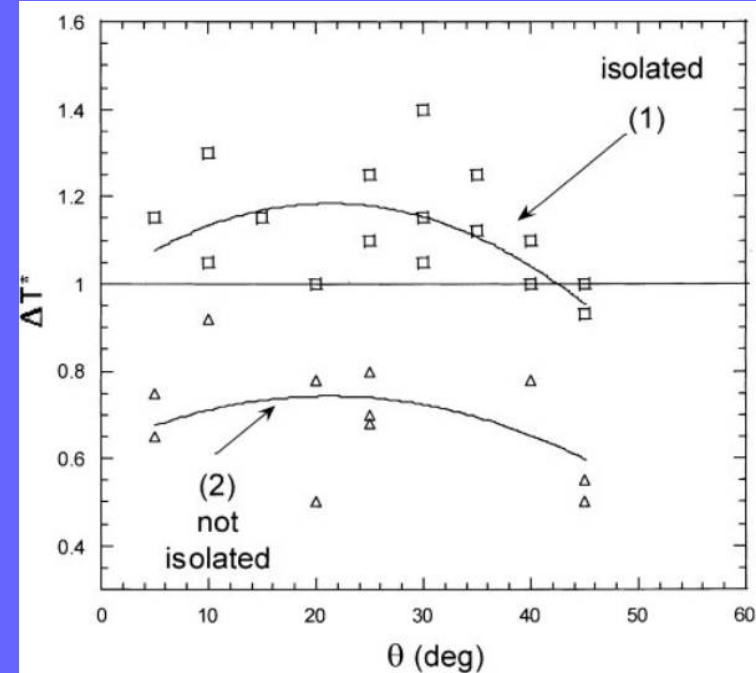
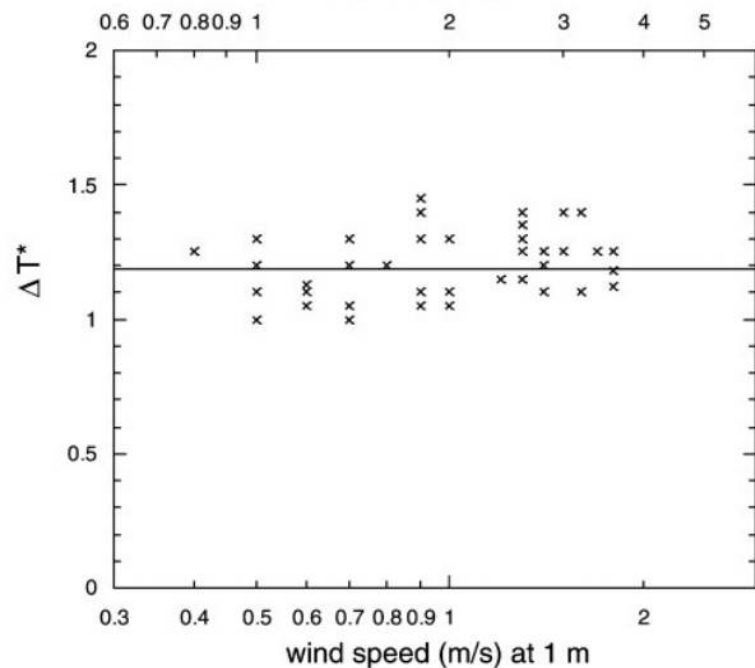
$$\frac{1}{S_c} \frac{dm}{dt} = \frac{d\mu}{dt} = \frac{1}{L_c} (1 - \varepsilon_s) \sigma (T_r + 273)^4 \left(1 - \frac{N}{8} \right) + \frac{a}{L_c} (T_r - T_a)$$

ANNEXE



Étude expérimentale

Étude de l'influence de l'angle θ par rapport au gain en température



$$\Delta T^* = \frac{T_c - T_a}{T_{ref} - T_a}$$