

# *Température radiante en milieu urbain : Mesures et modélisation*



Par Merveil MUANDA LUTETE

# Mesure rayonnement incident

**Pyranomètre CM10 avec  
anneau Kipp&Zonen**

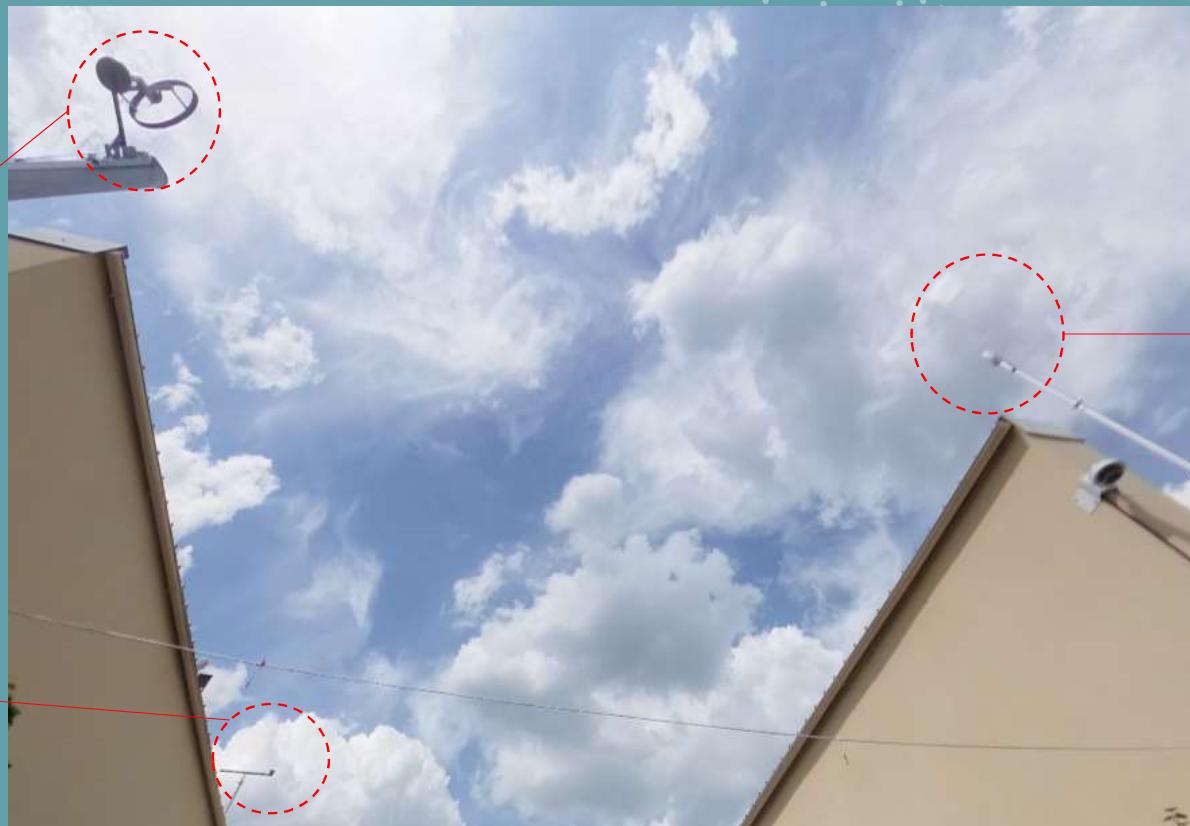


Rayonnement diffus

**Pyrgéomètre  
Kipp & Zonen**



Rayonnement infrarouge



**Station météo  
Campbell**



Rayonnement  
globale  
Ta, HR, WD &  
WS,  
Pression, Pluie

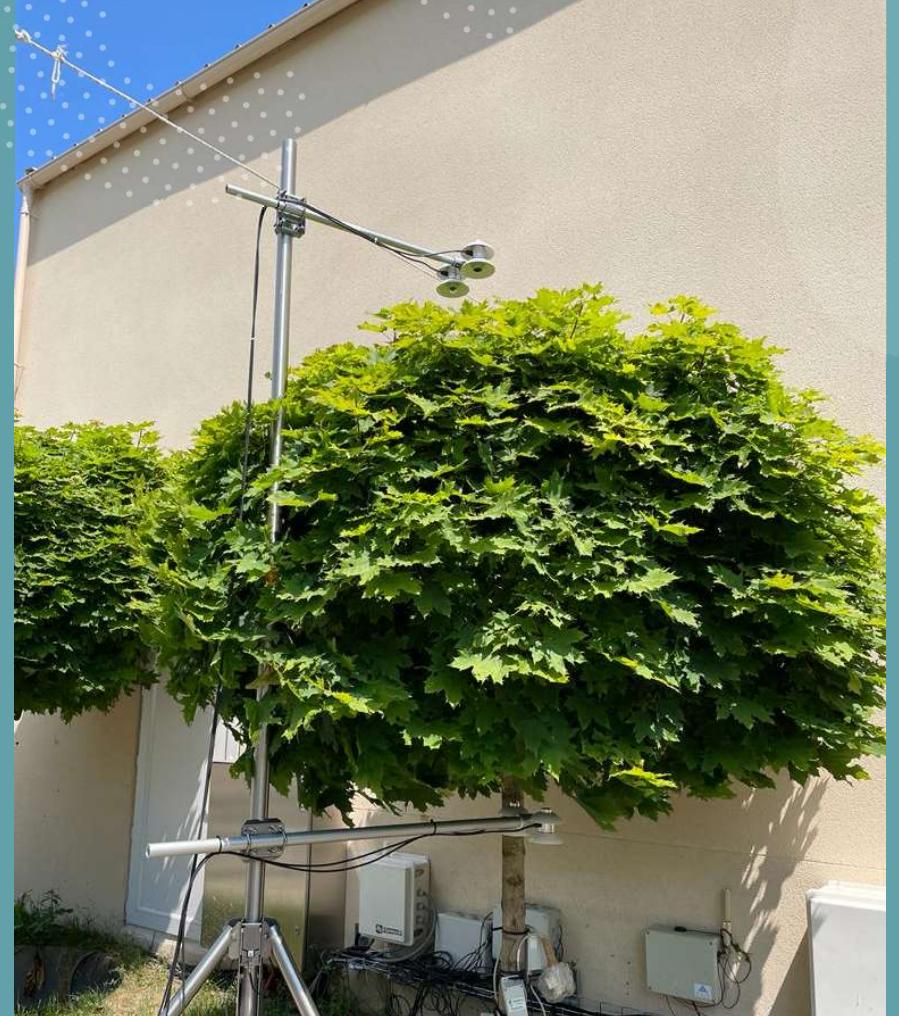
# Caractérisation des revêtements

- Propriété optique (sur site)
  - Albedo
  - Emissivité
- Propriété thermique (échantillon mur)
  - Chaleur spécifique
  - Conductivité thermique,...



# Caractérisation des arbres

- Transmissivité
- Estimation hauteur et diamètres
- Mesure continue au sol sous les arbres Est (5 à 40 cm)
  - Températures
  - Volume d'eau
  - Conductivité
  - Permittivité

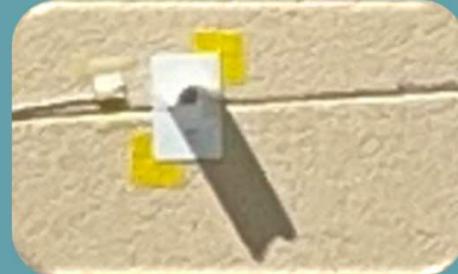


# Mesure Température des surfaces

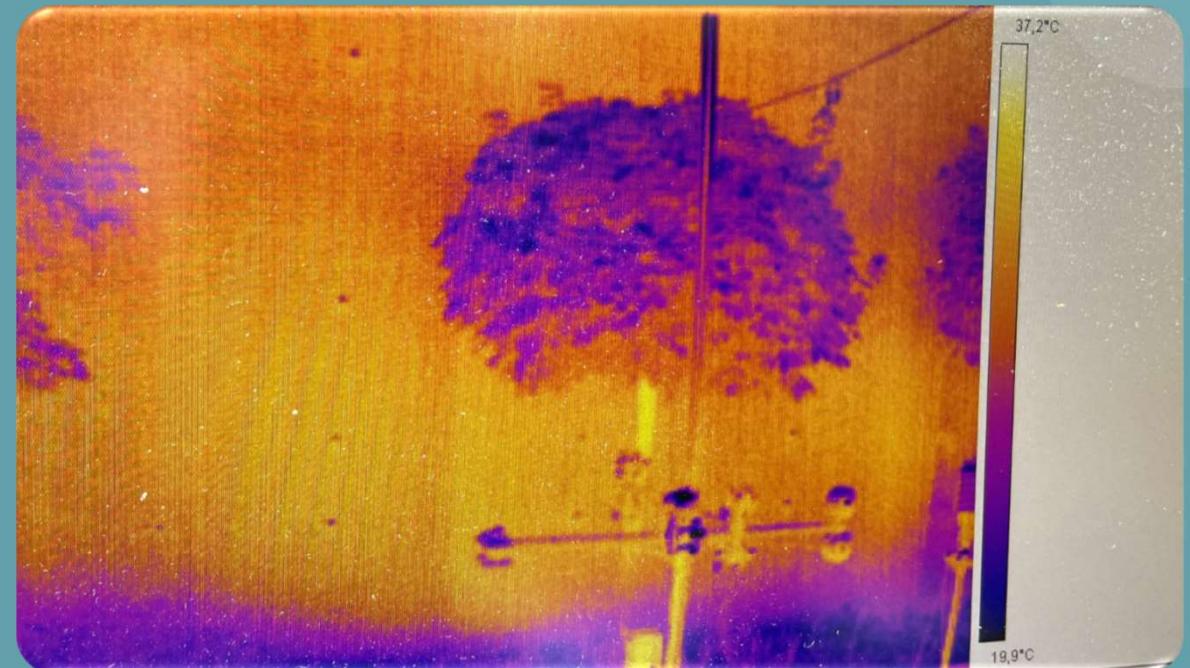
PT1000 Campbell



Thermopiles



Caméra thermique



# Température moyenne radiante

- **Globe noir (ISO 7726)**

$$T_{\text{mrt\_BG}} = \left[ (T_g + 273.15)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 V^{0.6}}{\varepsilon D^{0.4}} \times (T_g - T_a) \right]^{0.25} - 273.15(\text{°C})$$

- **3 Radiomètres : 6 directions (Höppe 1992)**

$$T_{\text{mrt\_SM}} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^6 W_i (a_b \cdot K_i + \varepsilon_b \cdot L_i)}{\varepsilon_b \sigma} \right]^{0.25} - 273.15(\text{°C})$$

- **1 Radiomètre : traditionnel (Fanger 1972)**

$$T_{\text{mrt\_TM}} = \left[ \frac{f_p a_b K_b / \sin \beta + a_b (K_d + K_r) + \varepsilon_b L}{\varepsilon_b \sigma} \right]^{0.25} - 273.15(\text{°C})$$



LEE et al. 2022,  
DOI :10.1007/s00484-021-02213-x

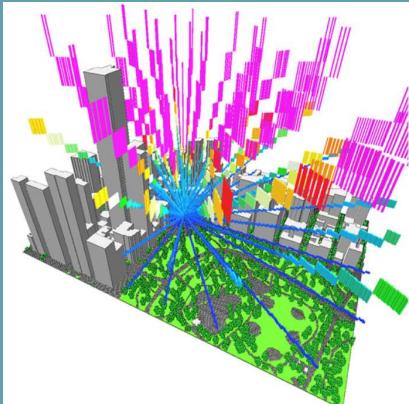


# Modèles de simulation

# ENVI-met and SOLWEIG (UMEP) update overview

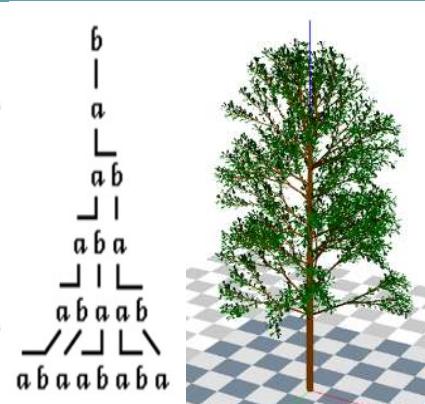
## ENVI-met is a 3D CFD Model

- Radiation calculation by Raytracing with Index View Sphere (IVS)
- New model for trees : Accurate In-Canopy Radiation Transfer (ACRT)
- Tmrt by 6 directions (Höppe approach)



IVS model

Simon et al 2021  
DOI :10.3390/app11125449

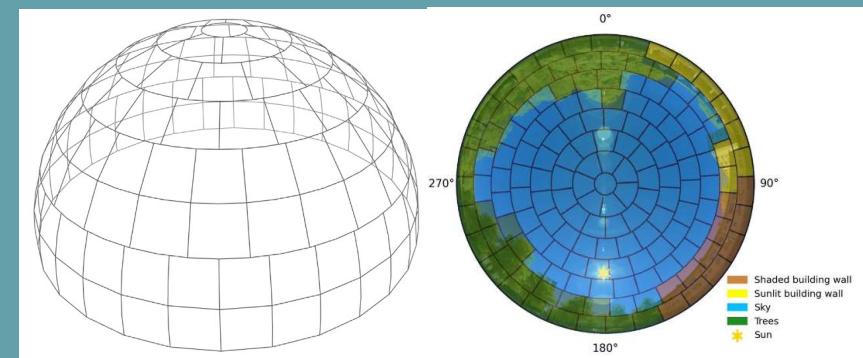


ACRT model

Simon et al 2020  
DOI :10.3390/f11080869

## SOLWEIG is a 2,5D radiative model

- Anisotropic sky model
- New method for SVF
- Human body as cylinder (option)
- Tmrt by 6 directions (Höppe approach)

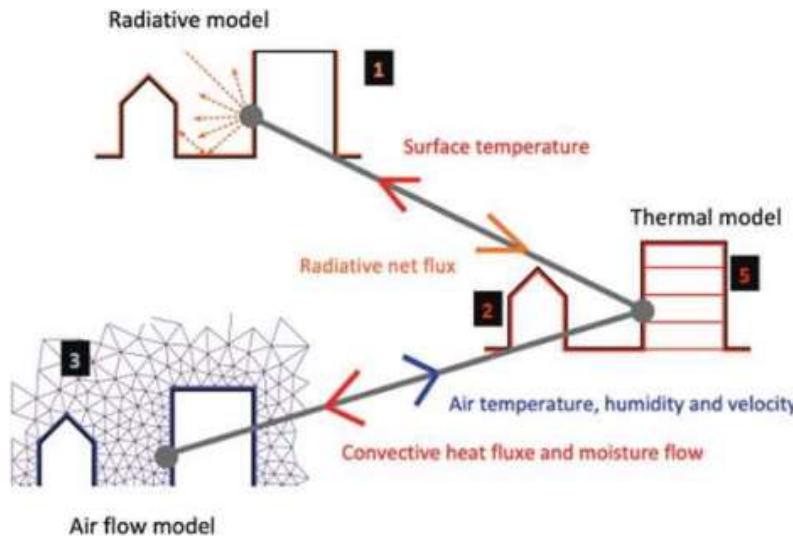


Sky patch

SVF

Wallenberg et al. 2023  
DOI :10.1007/s00484-023-02441-3

# SOLENE-microclimate overview



*Musy and al. 2015*

DOI : 10.1016/j.uclim.2015.07.004

*Azam and al. 2018*

DOI: 10.1016/j.uclim.2017.08.010

*Musy and al. 2021*

DOI: 10.1007/978-3-030-65421-4\_13

$$T_{MRT} = \left[ \left( \frac{\varepsilon_{SKY}}{2} + \frac{\varepsilon_{GND}}{2} \right) T_{SKY}^4 + \frac{f_p (1 - \alpha_{cl}) S \downarrow}{F_{EFF} \sigma} + \frac{(1 - \alpha_{cl})(D \downarrow + (S \downarrow + D \downarrow) \alpha_{GRND})}{\sigma} \right]^{0.25}$$

$$T_{mrt} = \left[ \sum_{j=1}^n F_{i,j} \varepsilon_j T_j^4 + F_{i,ciel} \varepsilon_{ciel} T_{ciel}^4 + \frac{f_p (1 - \alpha_{cl}) U_{sol} S \downarrow}{\sigma F_{eff}} + \frac{(1 - \alpha_{cl}) U_{sol} (D \downarrow + \alpha_{sol} (S \downarrow + D \downarrow))}{\sigma} \right]^{0.25} \quad (108)$$

*j* is the index referring to the environment and *i* the person (bonhomme confort)

*De Dear and al. 1999,  
International Conference  
on Urban Climatology,  
Sydney*

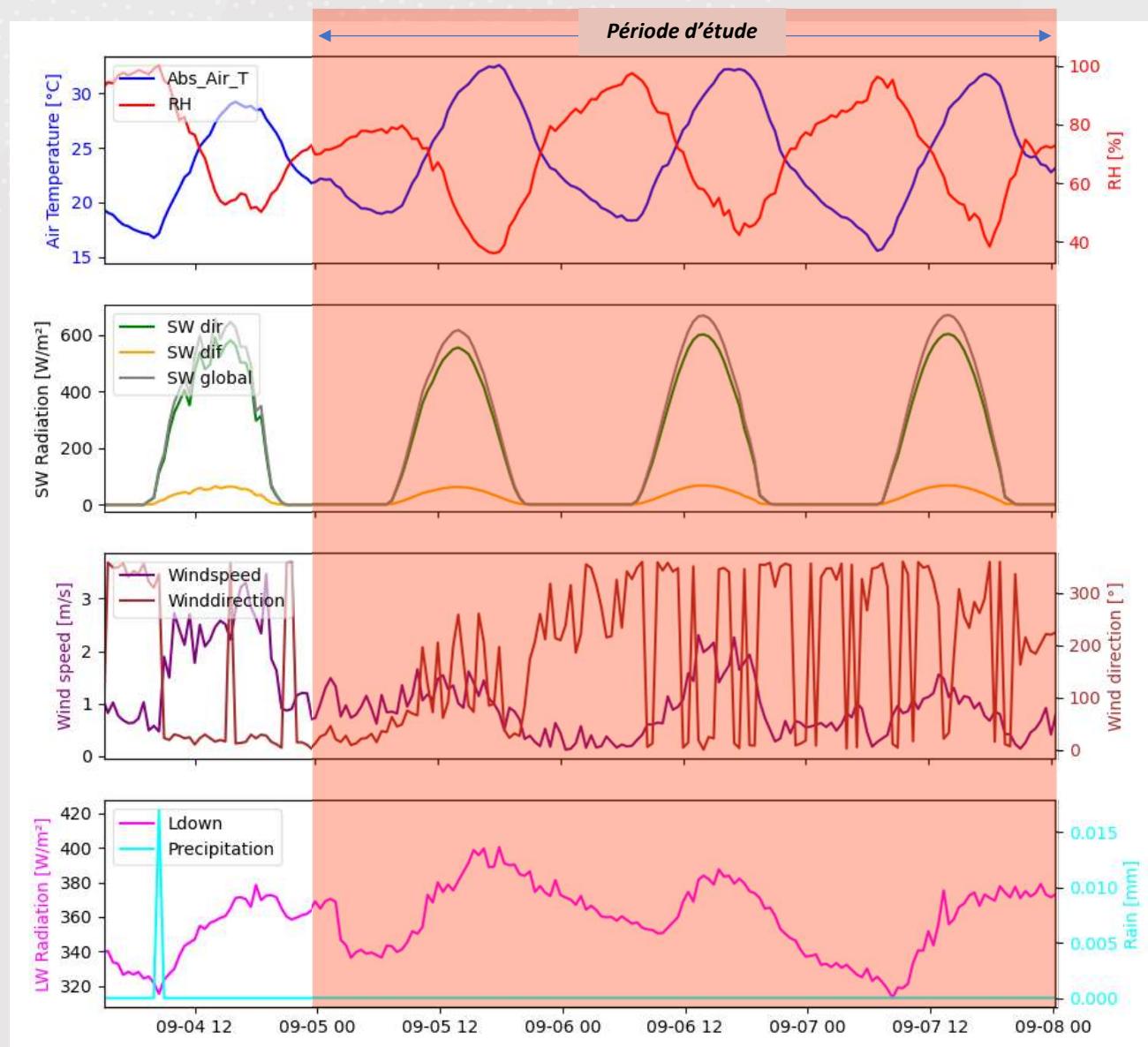
$$U_{sol} = \frac{I_{air}}{F_{cl} \left( I_{cl} + \frac{I_{air}}{F_{cl}} \right)}$$

$$I_{air} = 0.3767 - 0.3225 \log_{10}(U)$$

*Vinet 2020 (Thesis) <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00490049>*

# Données d'entrée modèles

- 3 journées de ciel clair (du 5 au 7/09)
- Rayonnement max  $670 \text{ W/m}^2$
- $T_a$  max  $32,5^\circ\text{C}$
- $V_a$  max  $2,3 \text{ m/s}$ ;  $V_a$  moy  $0,85 \text{ m/s}$

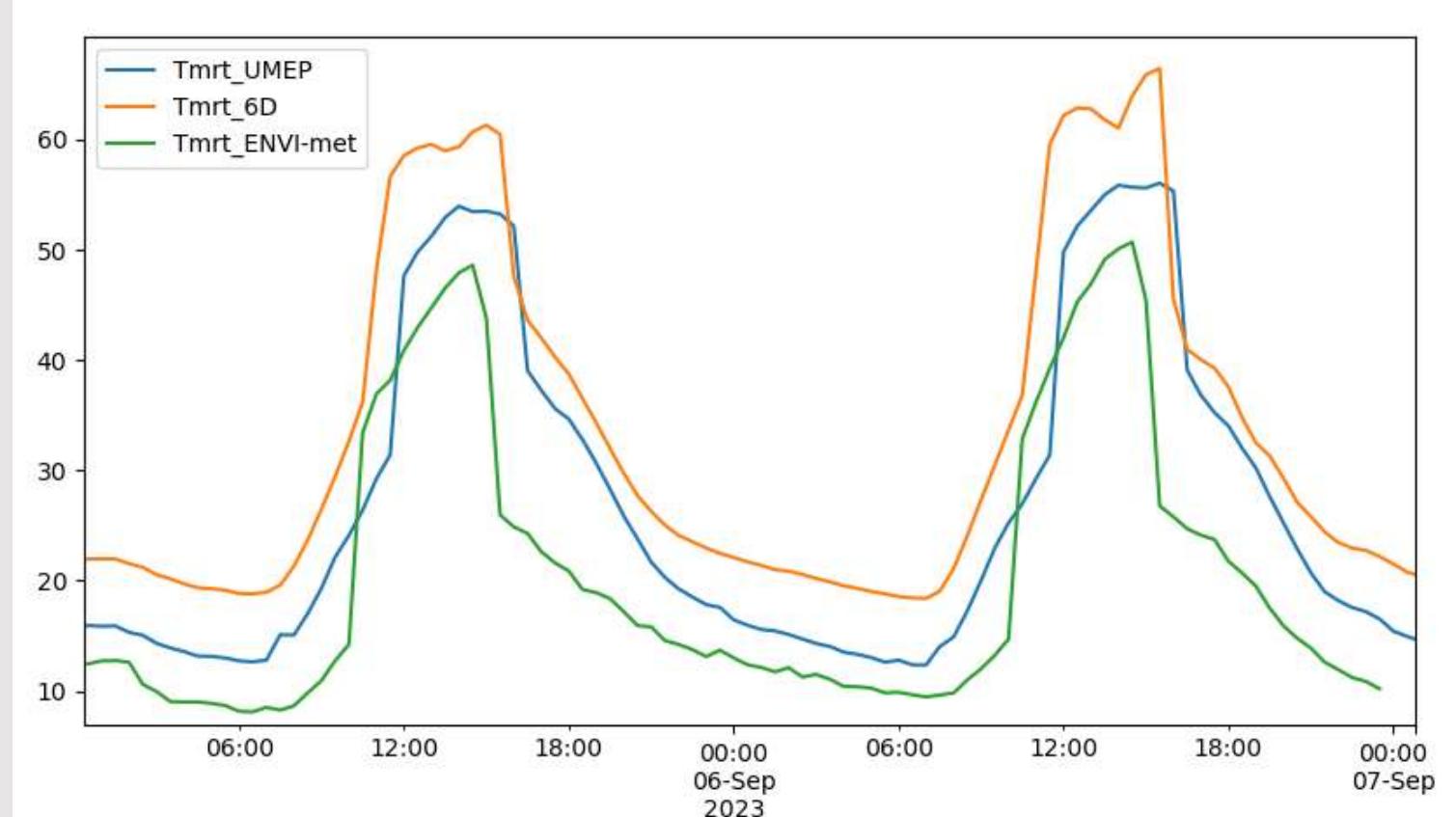


# Résultats

# Comparaison

- Sous-estimation en journée avec Envi-met et SOLWEIG
- Envi-met sous-estime le plus
- Problème d'ombrage (probablement la géométrie)

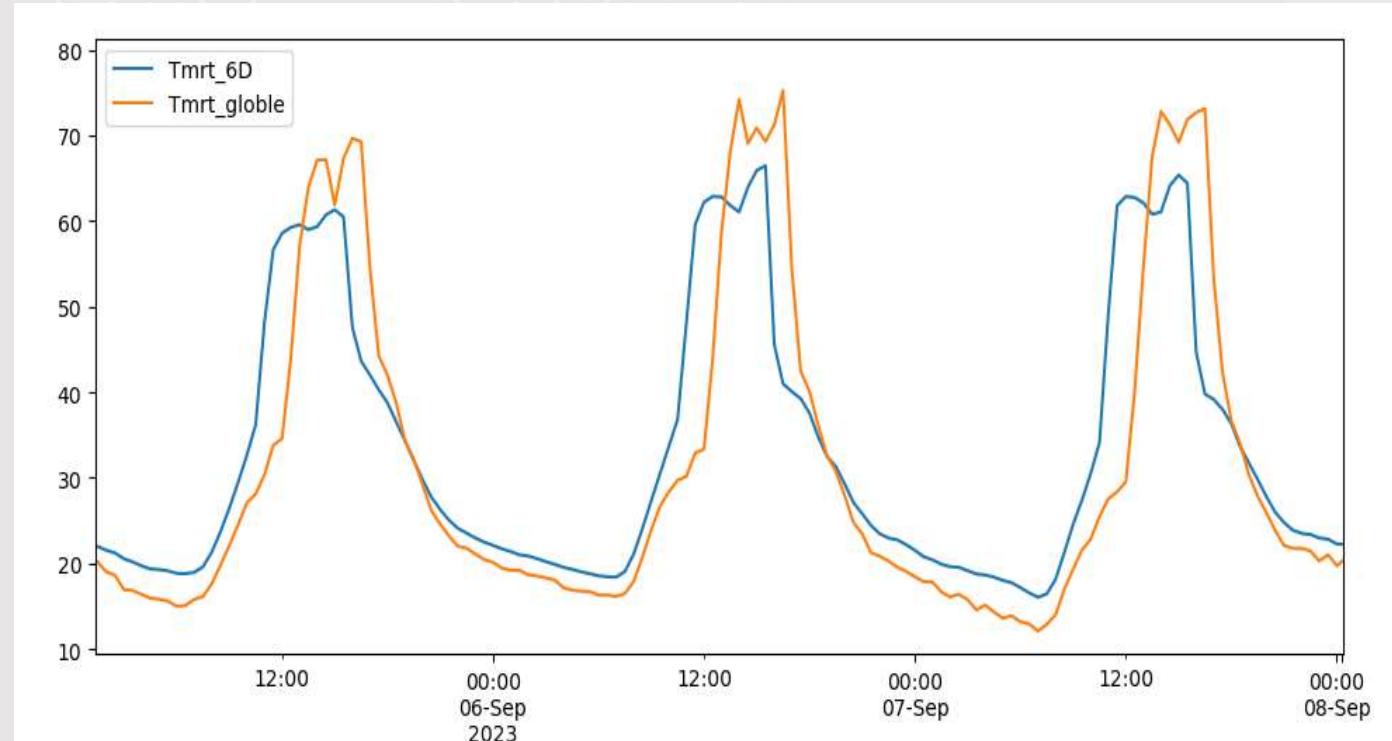
## Tmrt 6 directions vs Simulation



# Comparaison

- Surestimation en journée (20 à 30°C)
- Sous-estimation la nuit avec globe noir (-10°C)
- Décalage

## Tmrt globe vs 6 directions



# Perspectives

- Pour le vent, utiliser les données recalées à partir des données provenant de la station météo
- Intégrer SOLENE-microclimat et revoir la formule de calcul de la Tmrt
- Analyser l'effet d'ombrage dans le canyon
- Finaliser le dépouillement des données et préparer un datapaper

Merci 😊

Vos questions sont bienvenues !

