

Température radiante en milieu urbain : Mesures et modélisation



Mesure rayonnement incident

**Pyranomètre CM10 avec
anneau Kipp&Zonen**

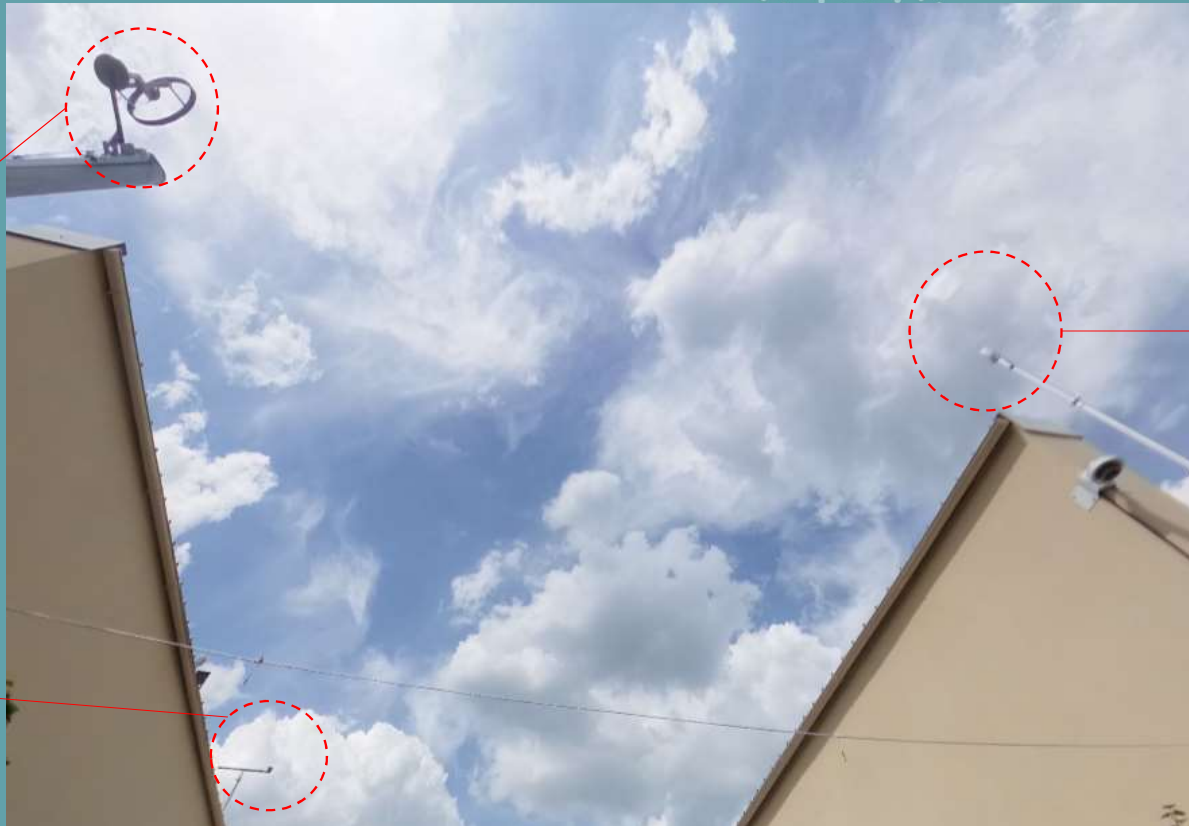


Rayonnement diffus

**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,...



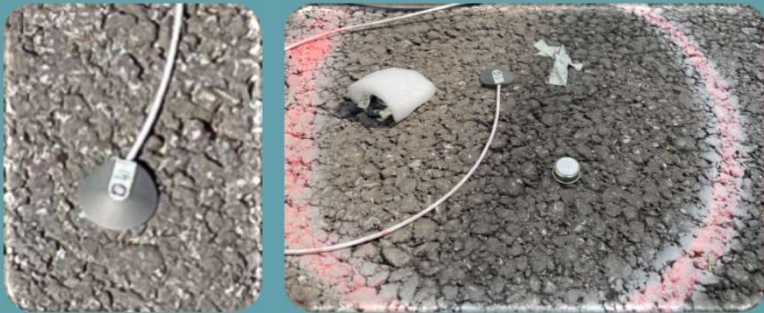
Caractérisation des arbres

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

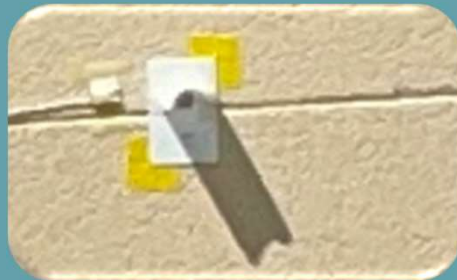


Mesure Température des surfaces

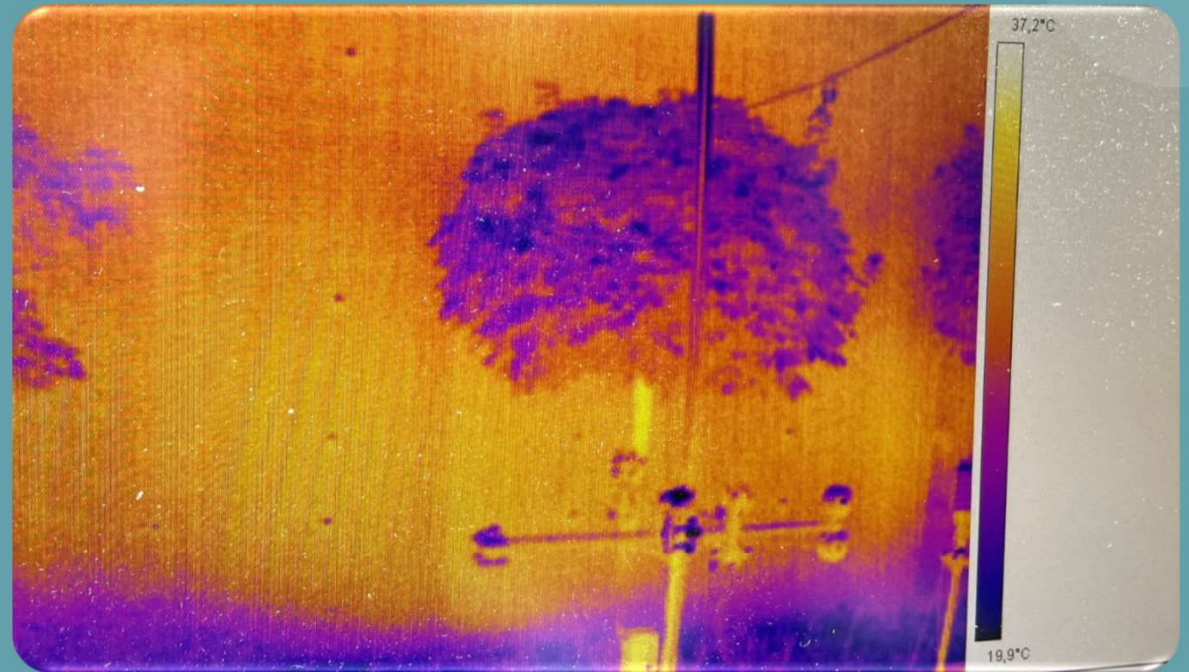
PT1000 Campbell



Thermopiles



Caméra thermique



Température moyenne radiante

- **Globe noir (ISO 7726)**

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

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

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

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

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



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



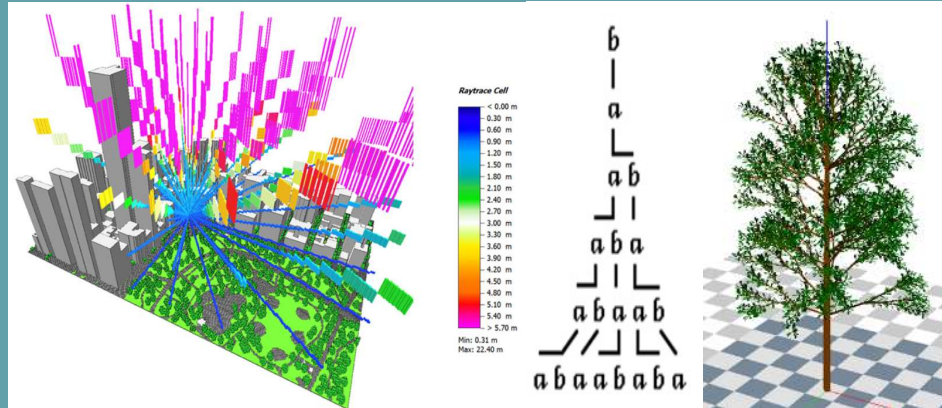


Modèles de simulation

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

ACRT model

Simon et al 2021

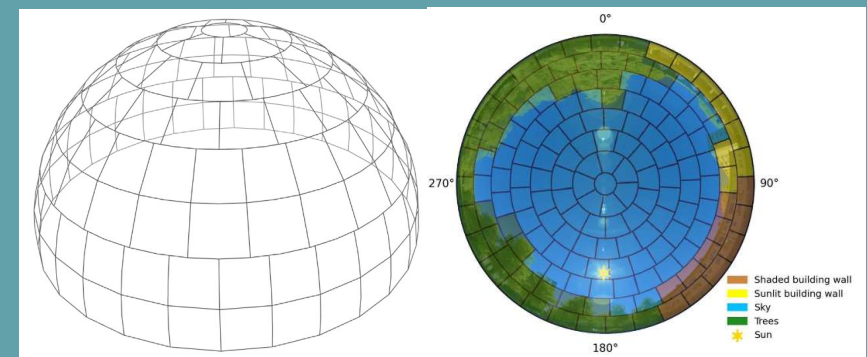
DOI :10.3390/app11125449

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)



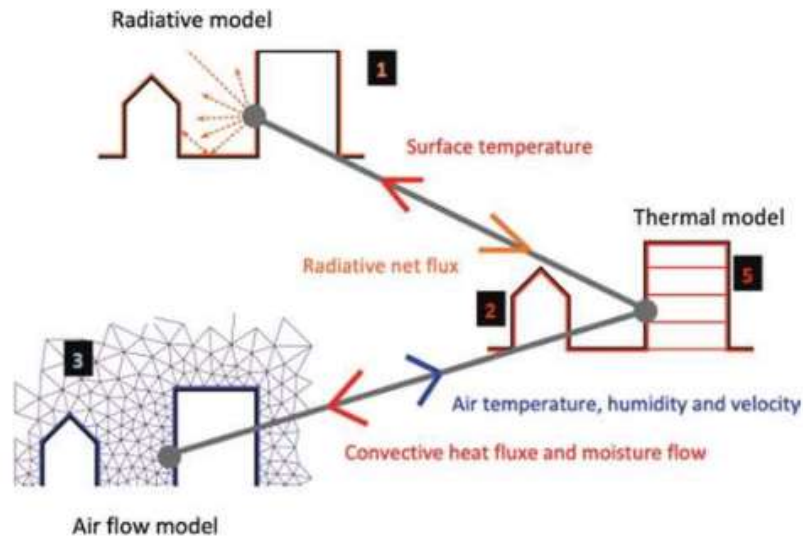
Sky patch

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

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

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

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

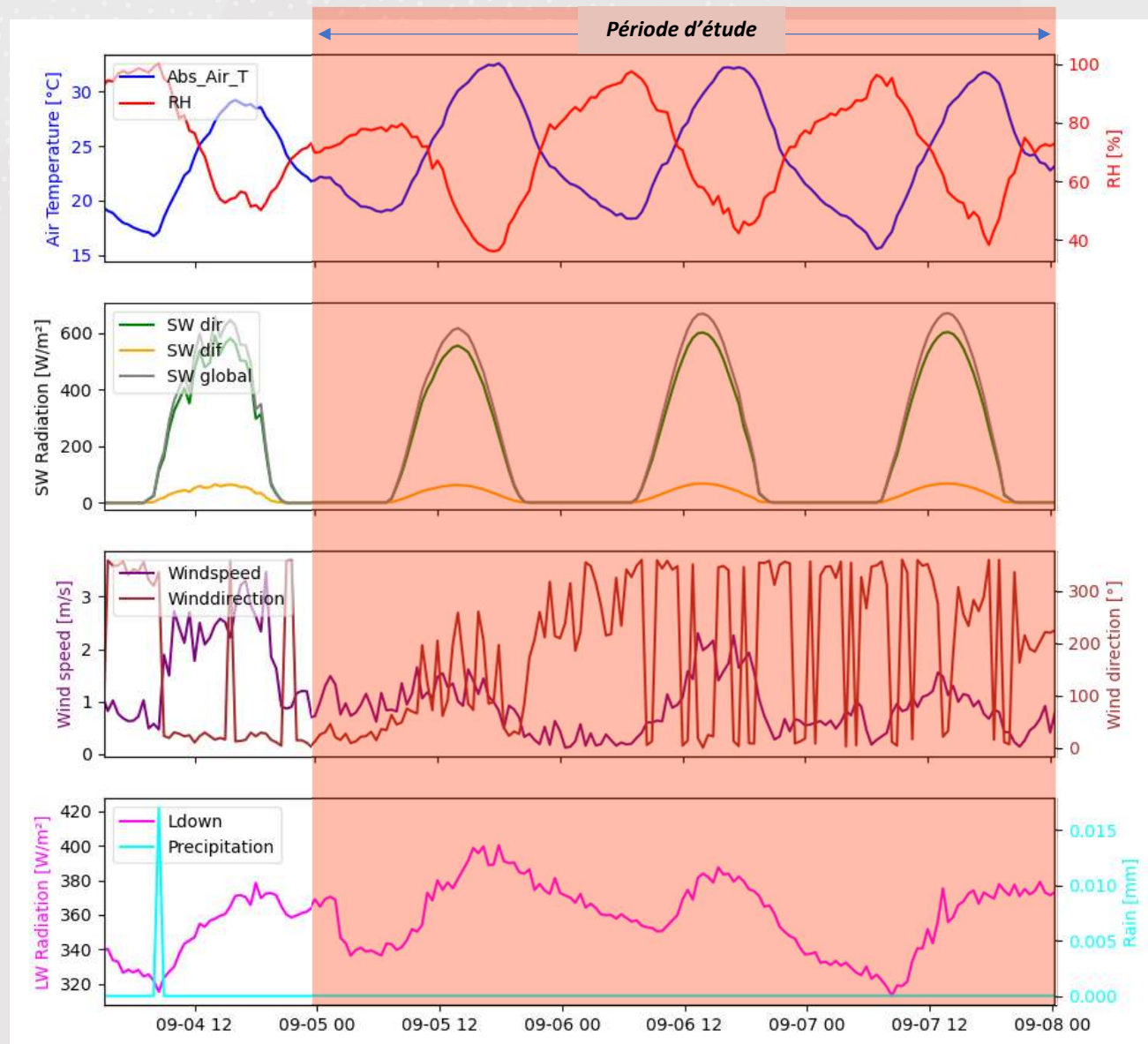
$$U_{sol} = \frac{I_{air}}{F_{cl} \left(I_{cl} + \frac{I_{air}}{F_{cl}} \right)}$$

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

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 W/m^2
- T_a max $32,5^\circ\text{C}$
- V_a max $2,3 \text{ m/s}$; V_a moy $0,85 \text{ m/s}$





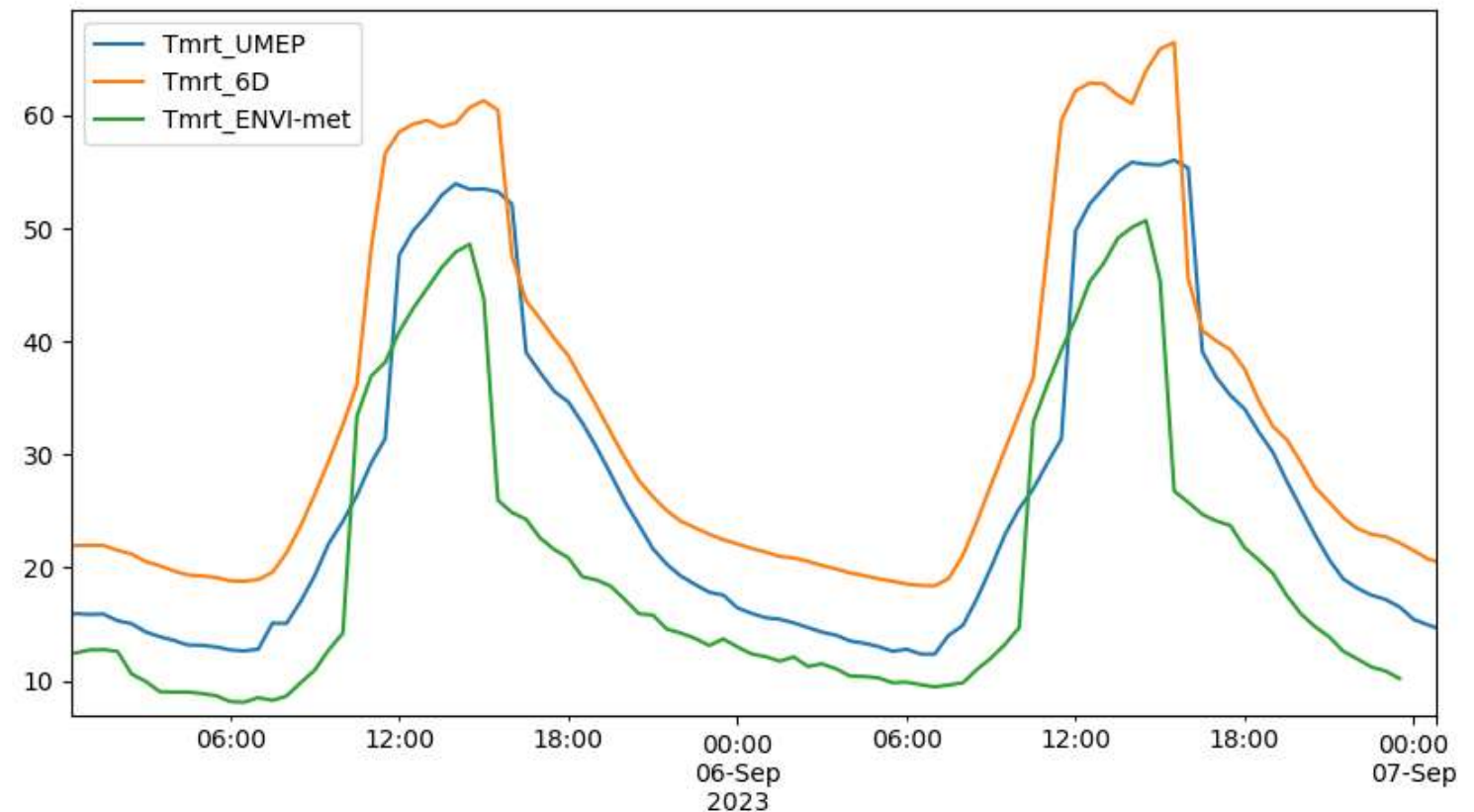
Résultats



Comparaison

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

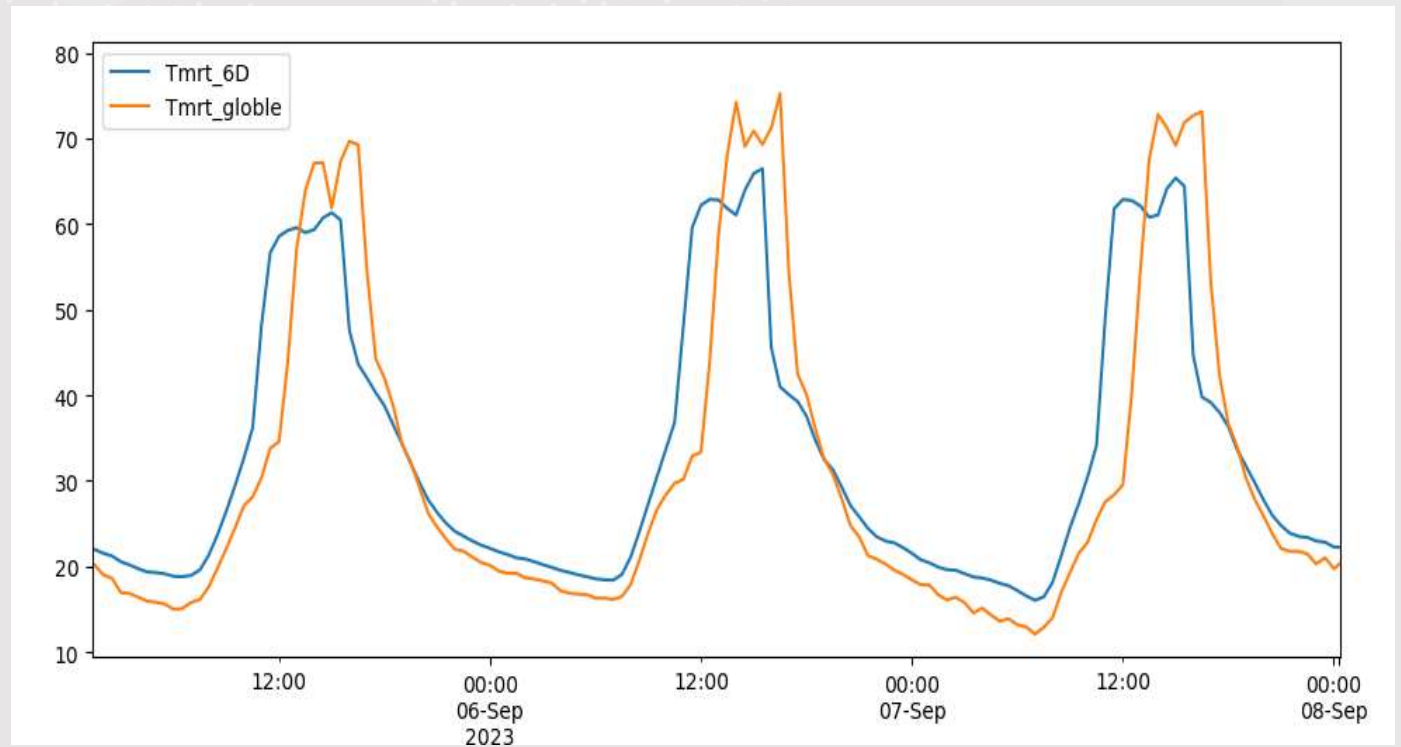
Tmrt 6 directions vs Simulation



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 recaler à partir des données provenant de la station météo
- Intégrer SOLENE-microclimat et revoir la formule de calcul de la T_{mrt}
- Analyser l'effet d'ombrage dans le canyon
- Finaliser le dépouillement des données et préparer un datapaper

Merci 🙏

Vos questions sont bienvenues !

