



# La température de la pluie : perturbation du bilan d'énergie

*Caractérisation de “coups de froid” du sol causés par la pluie  
à partir d'observations de température et d'humidité du sol  
dans le sud de la France (SMOSMANIA)*

---

Jean-Christophe Calvet, Sibó Zhang, and Catherine Meurey

JMSC2019, Paris, 15 novembre 2019

# Mesure de la température de la pluie

---

- Flux de chaleur sensible dans le sol provoqué par la pluie
  - Souvent ignoré dans les modèles des surfaces terrestres, ou bien :
    - $T_{\text{pluie}} \sim T_{\text{air}}$  ou  $T$  du thermomètre mouillé ( $T_{\text{tm}}$ )
- $T_{\text{pluie}}$  pas complètement simulée dans les modèles atmosphériques
- $T_{\text{pluie}}$  pas mesurée

# Mesure de la température de la pluie

---

- Byers et al. (1949)

- [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0051:MORT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0051:MORT>2.0.CO;2)

FEBRUARY 1949

BYERS, MOSES, AND HARNEY

## MEASUREMENT OF RAIN TEMPERATURE

*By Horace R. Byers, Harry Moses, and Patrick J. Harney*

U. S. Weather Bureau Thunderstorm Project <sup>1</sup>

(Manuscript received 30 May 1948)

### ABSTRACT

A technique for measuring the temperature of rain at the ground and the methods for calibrating the equipment used for this purpose are described in this report. A preliminary analysis of the data indicates that significant differences between the rain and ambient air temperatures usually occur in the first portion of the thunderstorm rain period and that the differences in temperature between the ambient air and the rain falling from the latter portion of the storm are small.

# Mesure de la température de la pluie

- Byers et al. (1949) [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0051:MORT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0051:MORT>2.0.CO;2)
  - Mesures directes à haute fréquence (~1 minute)

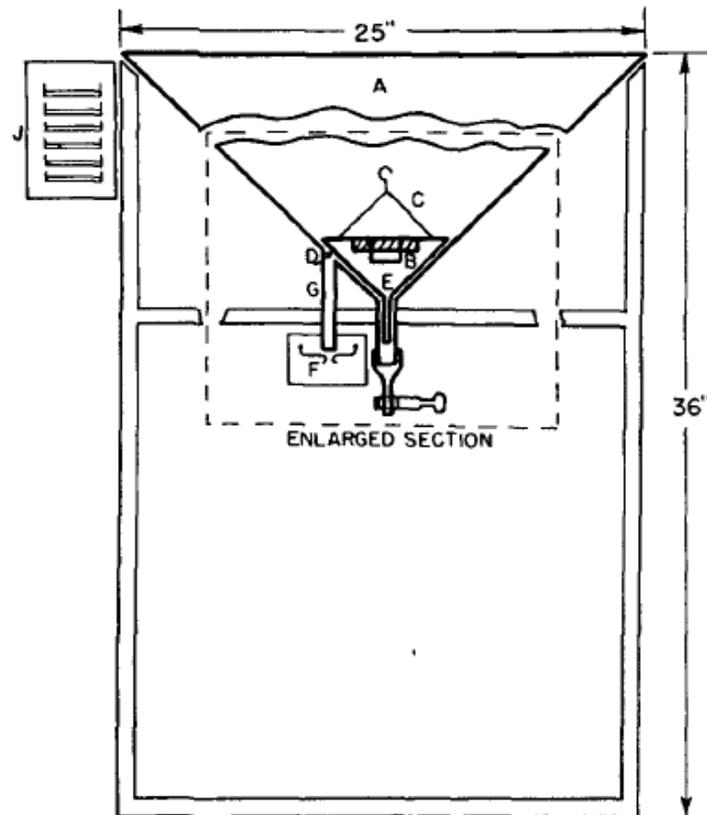


FIG. 1. Schematic diagram of rain-temperature equipment.

# Mesure de la température de la pluie

- Byers et al. (1949) [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0051:MORT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0051:MORT>2.0.CO;2)
  - Mesures directes à haute fréquence (~1 minute)

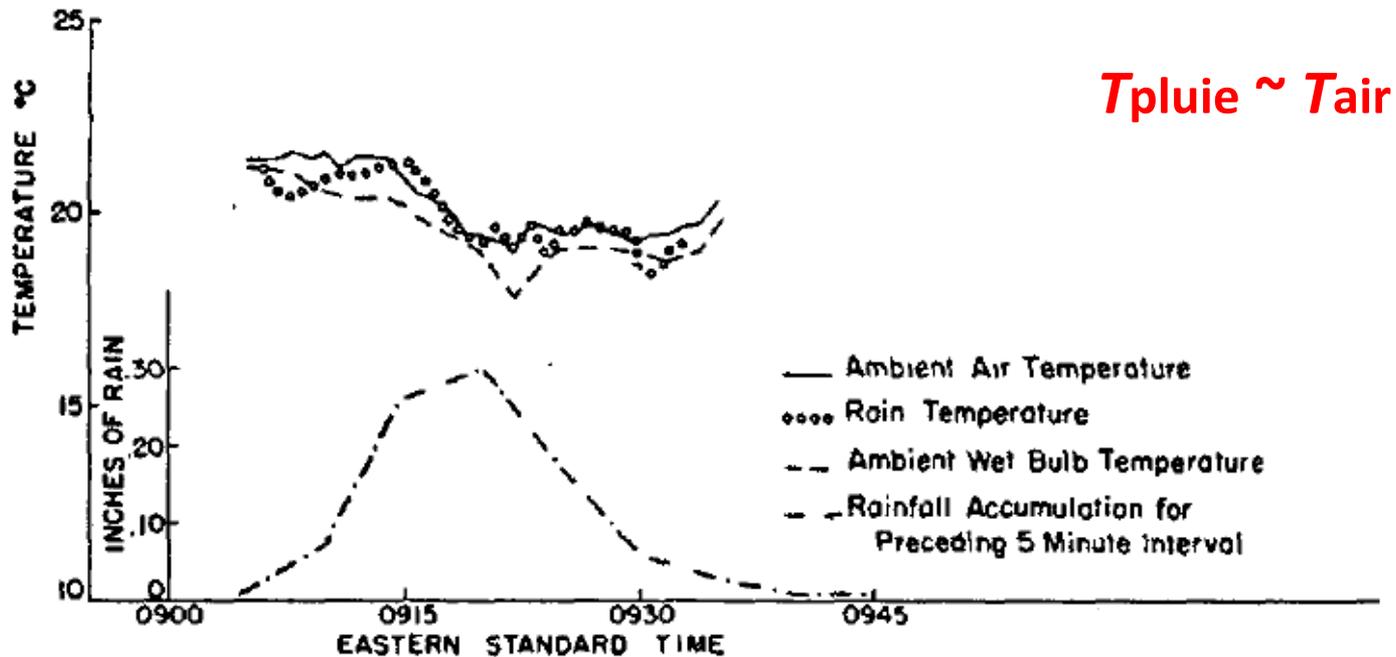


FIG. 8. Air-rain temperature relationships, Type III; 31 August 1947, Station B, Clinton County Air Force Base, Wilmington, Ohio.

# Mesure de la température de la pluie

- Byers et al. (1949) [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0051:MORT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0051:MORT>2.0.CO;2)
  - Mesures directes à haute fréquence (~1 minute)

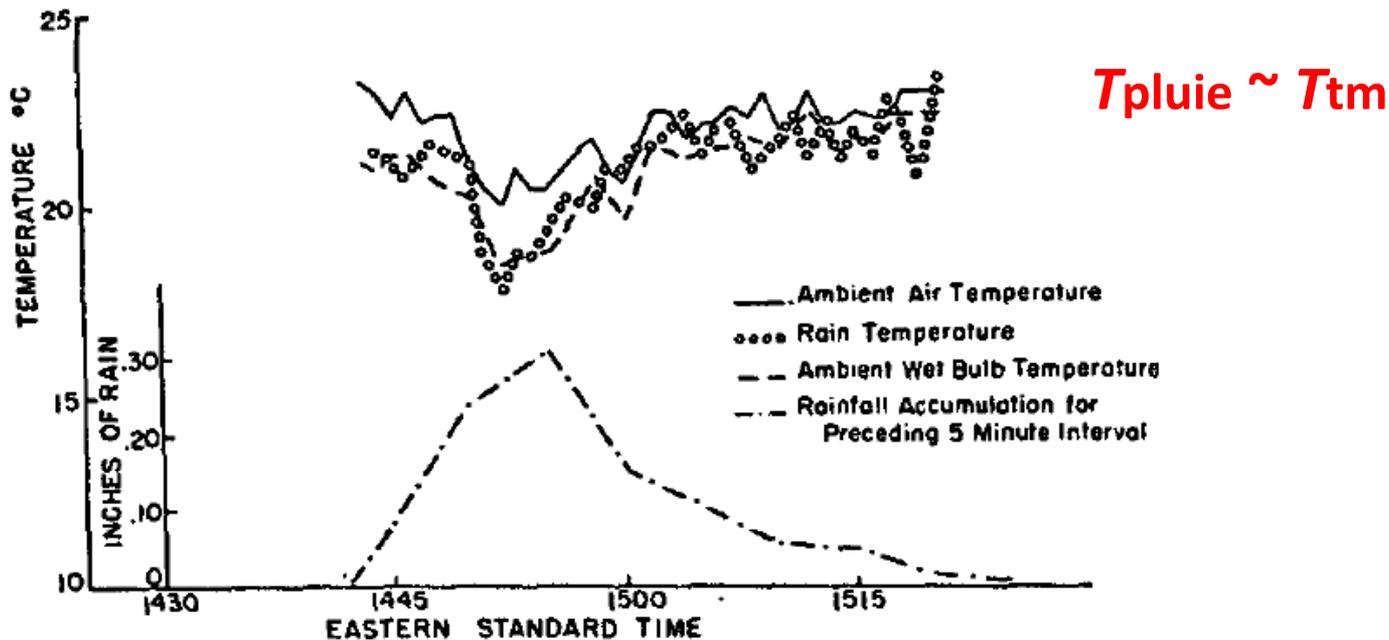
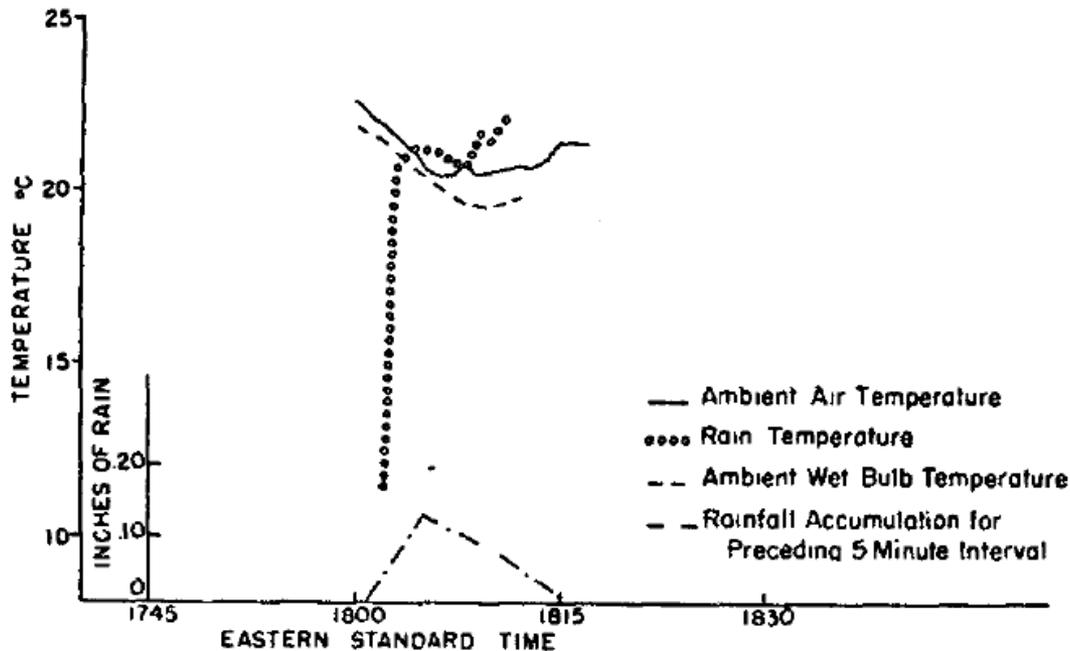


FIG. 6. Air-rain temperature relationships, Type I; 14 August 1947, Station B, Clinton County Air Force Base, Wilmington, Ohio.

# Mesure de la température de la pluie

- Byers et al. (1949) [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0051:MORT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0051:MORT>2.0.CO;2)
  - Mesures directes à haute fréquence (~1 minute)



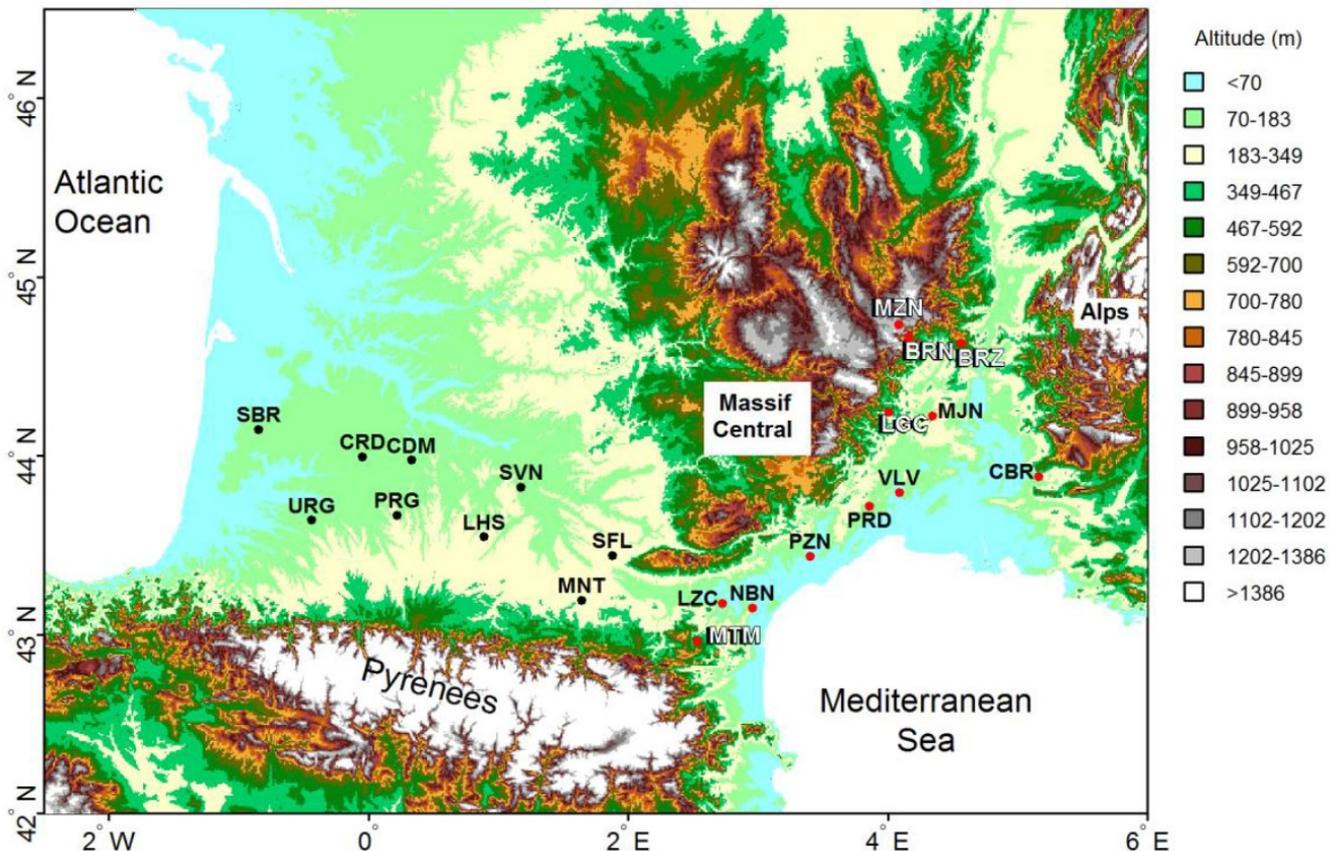
$T_{\text{pluie}} \ll T_{\text{tm}} < T_{\text{air}}$

Grêlons fondant avant d'atteindre la surface ?

FIG. 7. Air-rain temperature relationships, Type II; 14 July 1947, Station B, Clinton County Air Force Base, Wilmington, Ohio.

# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

- SMOSMANIA: 21 stations dans le sud de la France
  - ~ 10 ans de données, toutes les 12 minutes
  - Calvet et al. SOIL 2016 <https://doi.org/10.5194/soil-2-615-2016>



# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

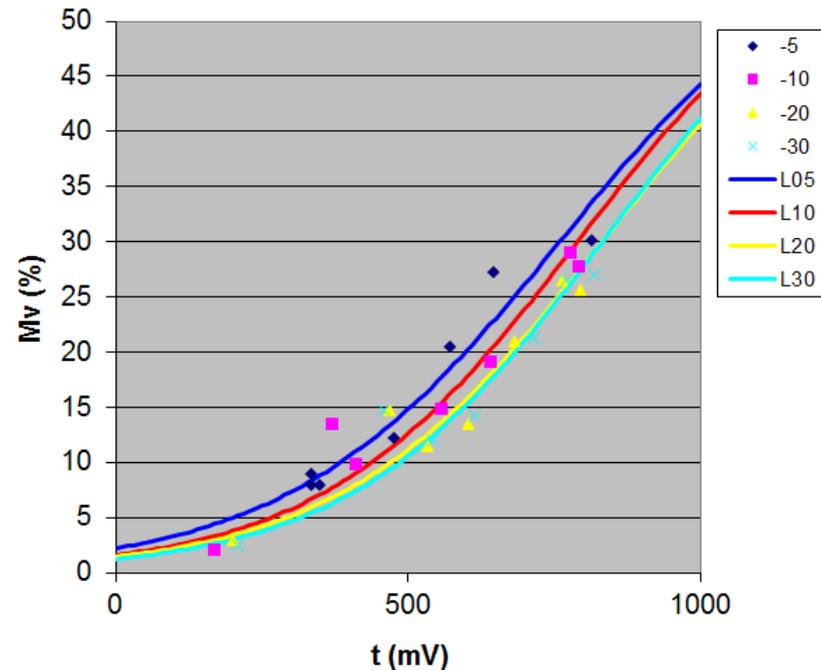
- **SMOSMANIA: exemple de Prades-le-Lez**
  - Sondes de température et d’humidité installées à 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm de profondeur



Installation des sondes de température et d’humidité du sol en 2009

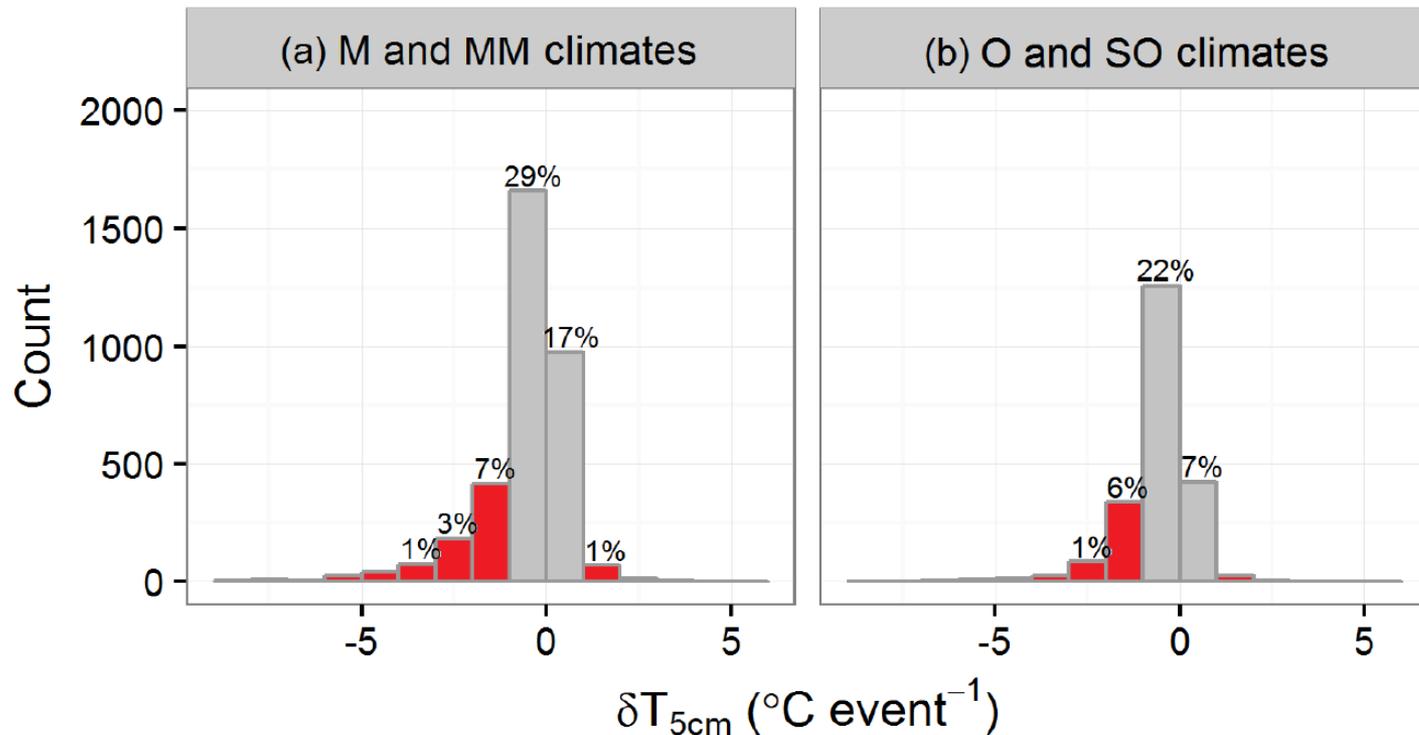
# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

- SMOSMANIA: exemple de Prades-le-Lez
  - Etalonnage des sondes d’humidité (par site et par profondeur)



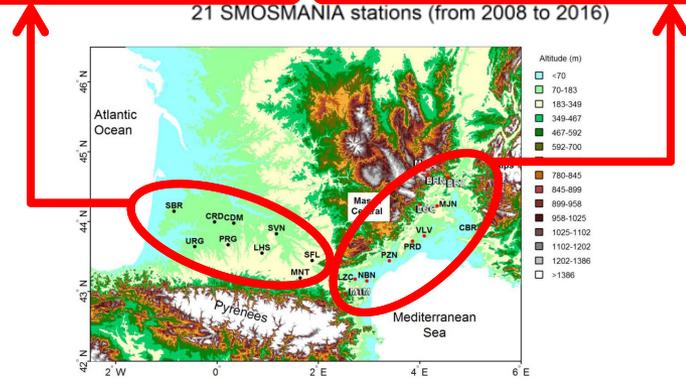
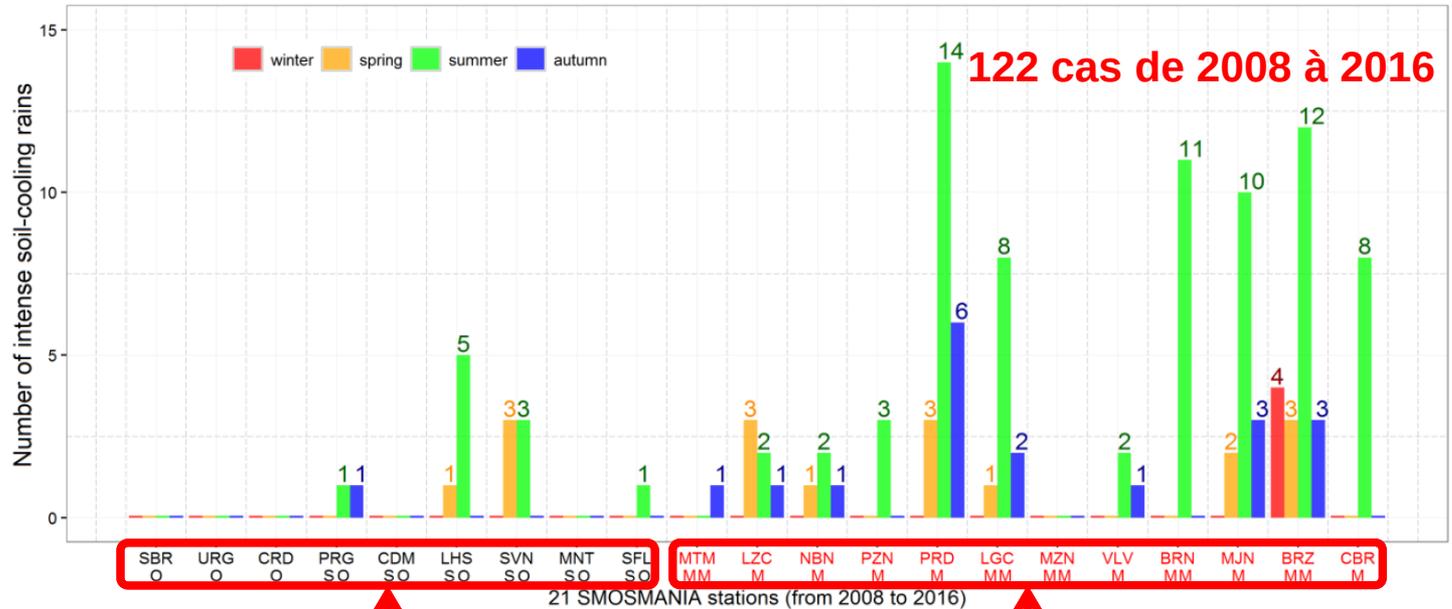
# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

- ~30 précip (> 5 mm) par an et par station  
impactent fortement l'humidité du sol à 5 cm de profondeur ( $\geq +0.05 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ )



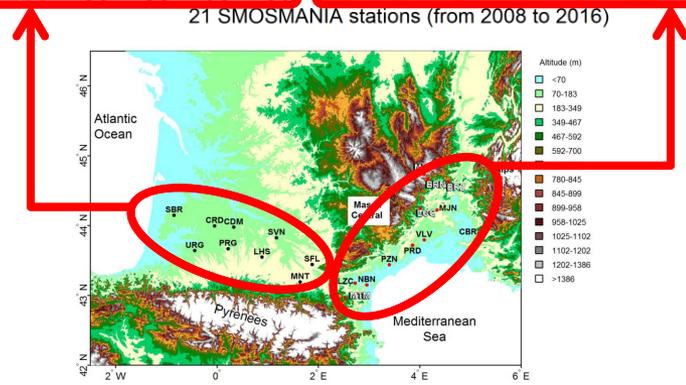
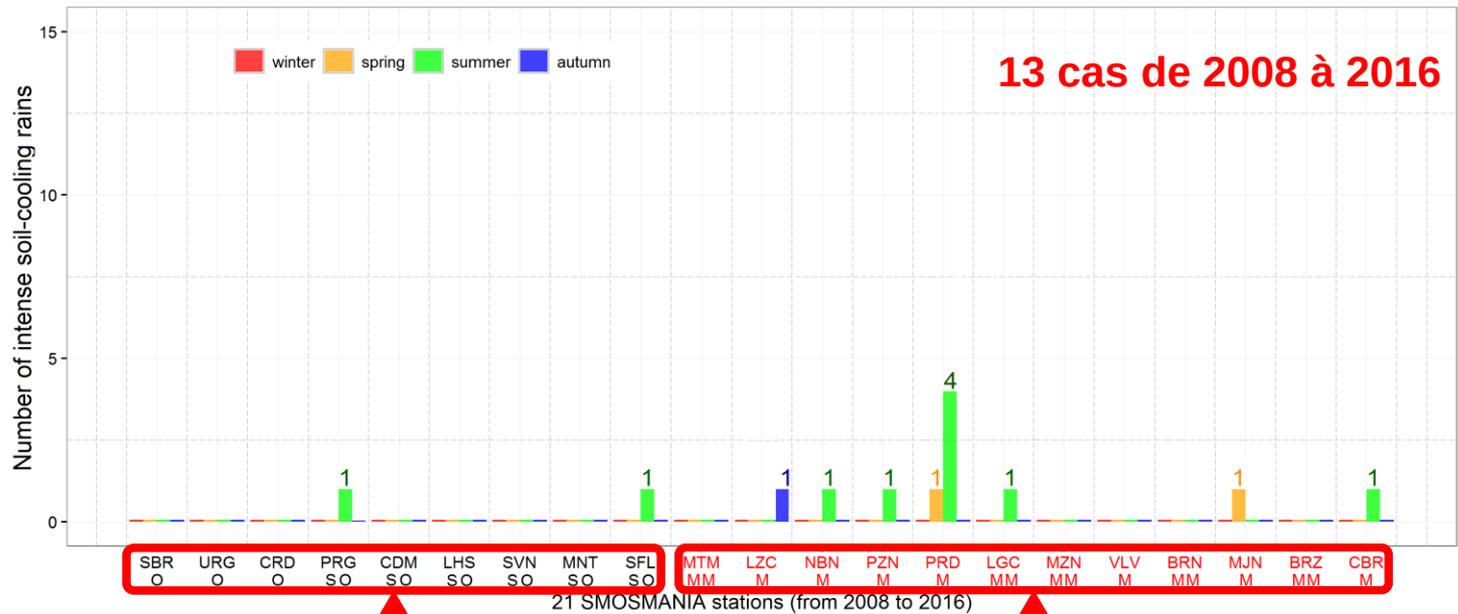
# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

- Chute de  $T_{5cm} \leq -1.5 K$  en moins de 12 minutes :



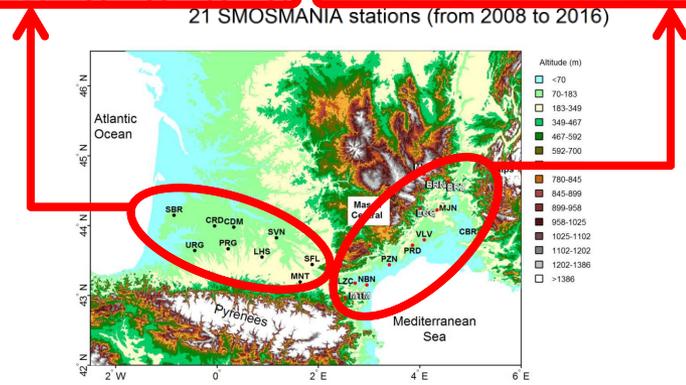
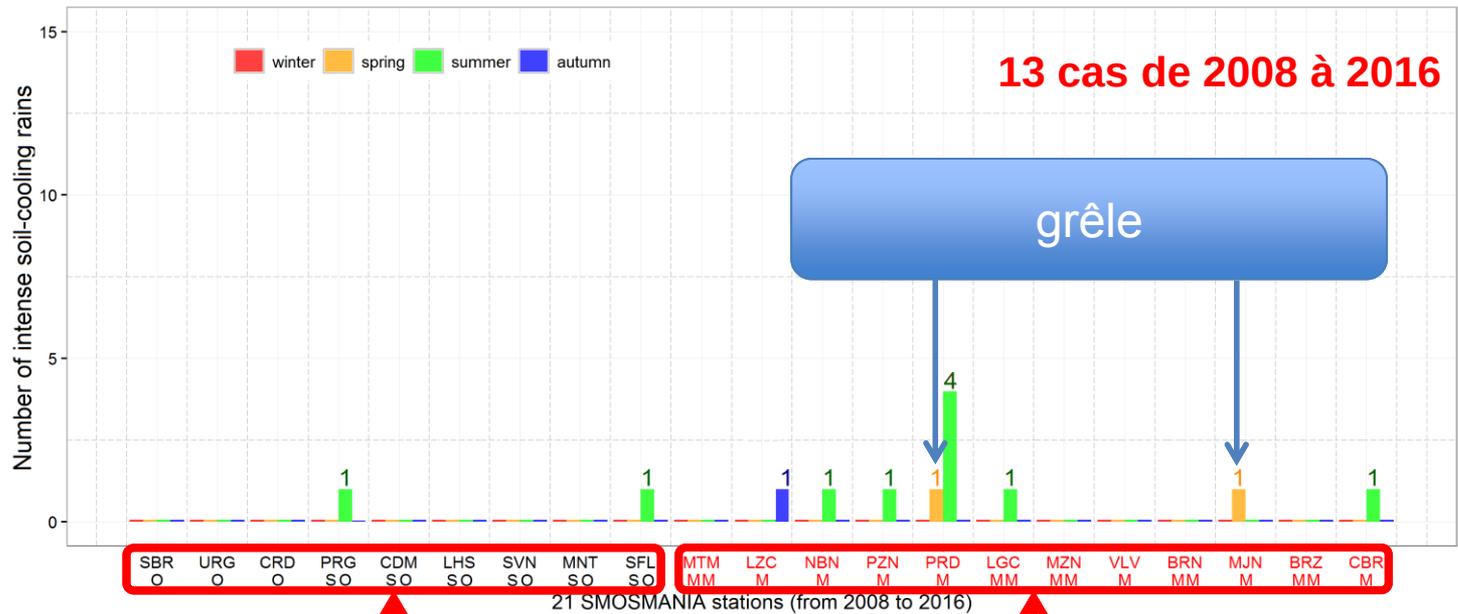
# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

- Humidification très marquée du sol jusqu'à -10 cm en moins de 12 minutes :



# “Coups de froid” du sol causés par la pluie

- Humidification très marquée du sol jusqu'à -10 cm en moins de 12 minutes :



# T<sub>pluie</sub> à partir des mesures dans le sol ?

- Pendant des précipitations intenses (en 12 minutes), le bilan d'énergie est dominé par le flux de chaleur sensible dans le sol causé par la pluie :

$$C_{5cm}^{t_1} (T_{5cm}^{t_1} - T_{5cm}^{t_2}) \Delta Z = C_{water} (VSM_{5cm}^{t_2} - VSM_{5cm}^{t_1}) (T_{rain}^{t_2} - T_{rain}^{t_1}) \Delta Z$$

- T pluie :

$$T_{rain}^{t_1} = T_{5cm}^{t_2} - \frac{C_{5cm}^{t_1}}{C_{water}} \frac{(T_{5cm}^{t_1} - T_{5cm}^{t_2})}{(VSM_{5cm}^{t_2} - VSM_{5cm}^{t_1})}$$

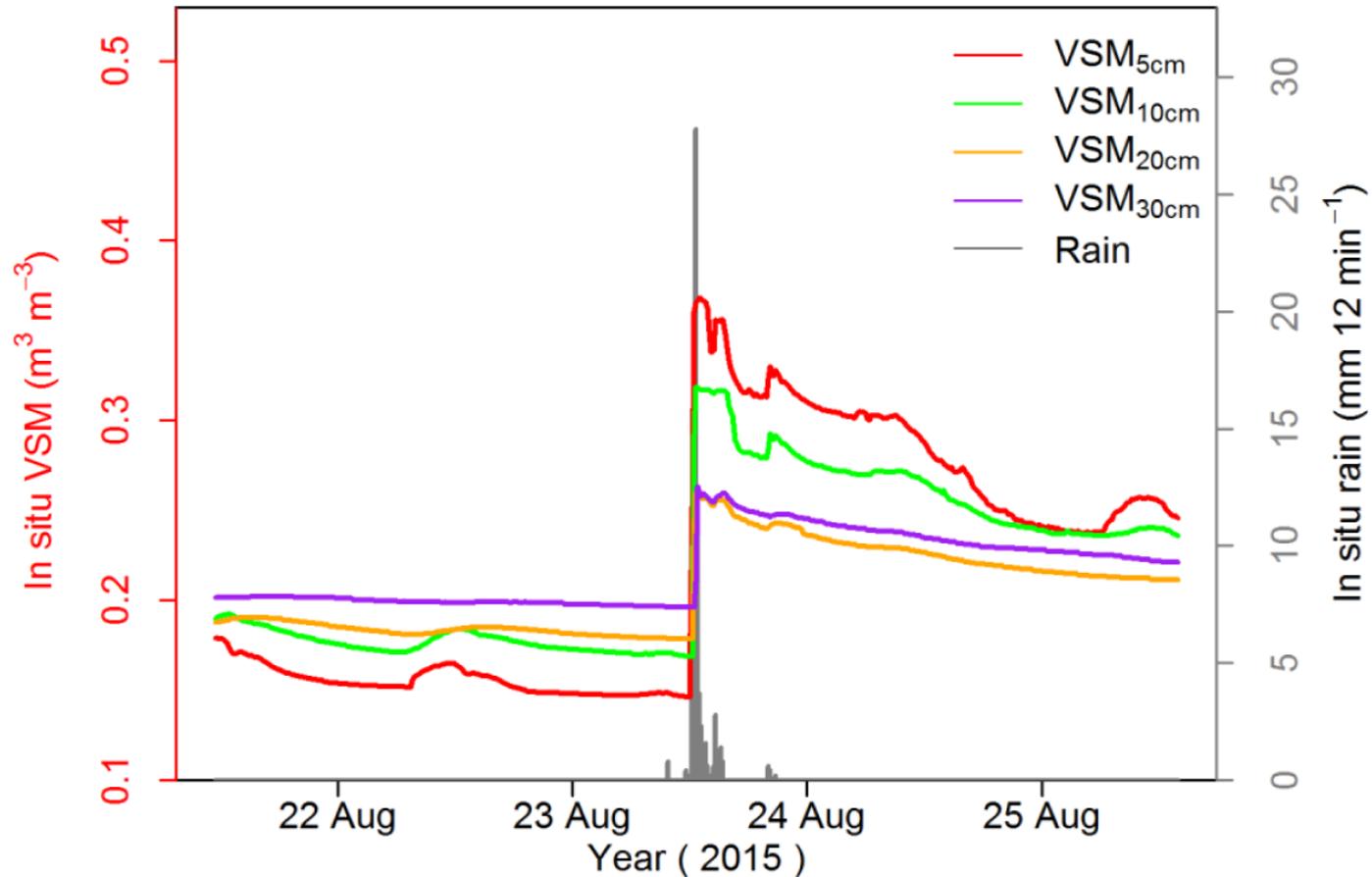
- Cas de grêlons fondant à la surface du sol :

$$T_{rain}^{t_1} = T_f = 0 \text{ °C}$$

$$I = \frac{1}{L_f} \{ C_{5cm}^{t_1} (T_{5cm}^{t_1} - T_{5cm}^{t_2}) - C_{water} (VSM_{5cm}^{t_2} - VSM_{5cm}^{t_1}) (T_{5cm}^{t_2} - T_f) \} \Delta Z$$

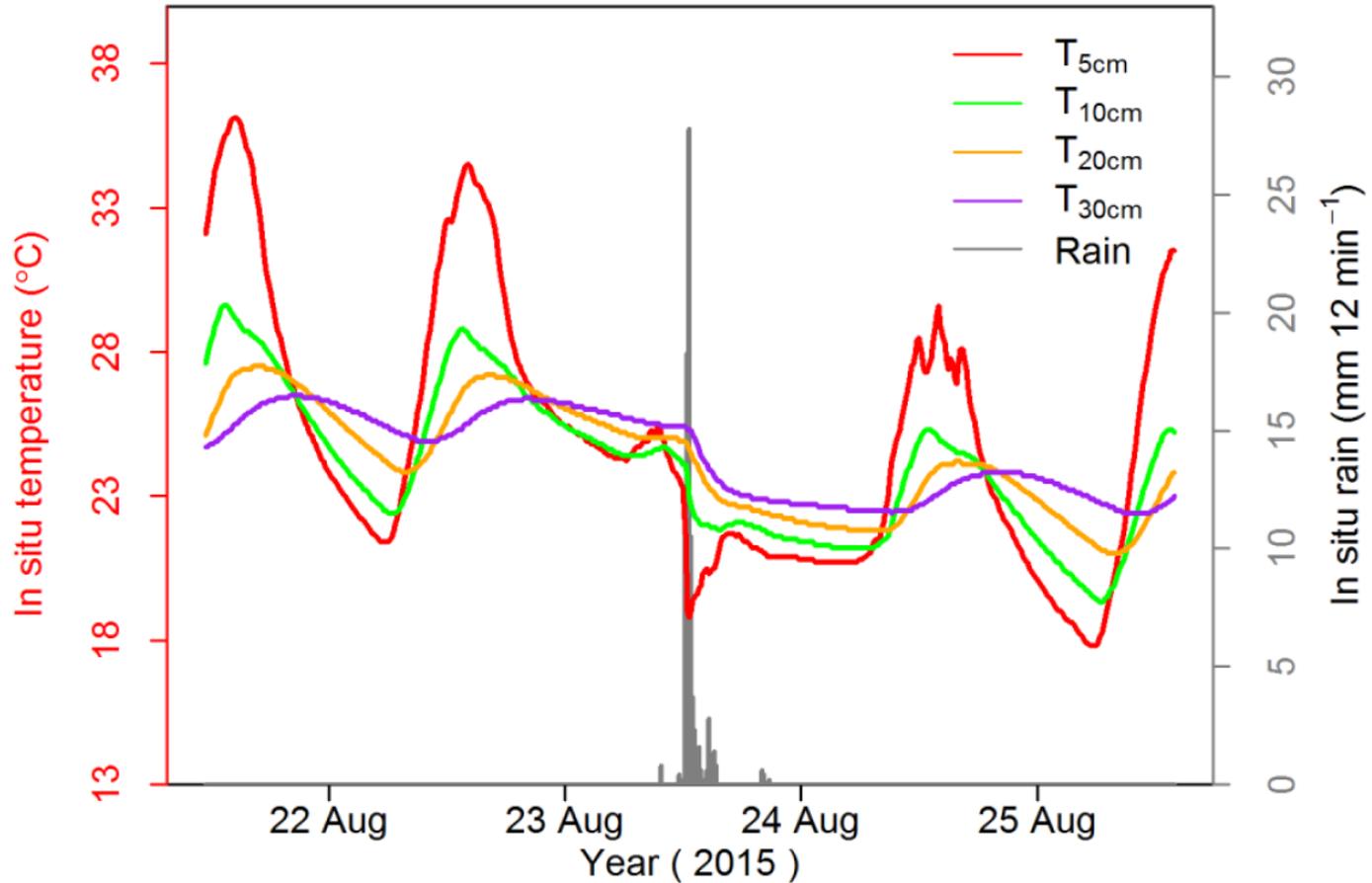
# $T_{\text{pluie}}$ à partir des mesures dans le sol ?

- Exemple : Prades-le-Lez – 23 août 2015



# $T_{\text{pluie}}$ à partir des mesures dans le sol ?

- Exemple : Prades-le-Lez – 23 août 2015



# $T_{\text{pluie}}$ à partir des mesures dans le sol ?

- Exemple : Prades-le-Lez – 23 août 2015

Flux de chaleur sensible dans le sol causé par la pluie

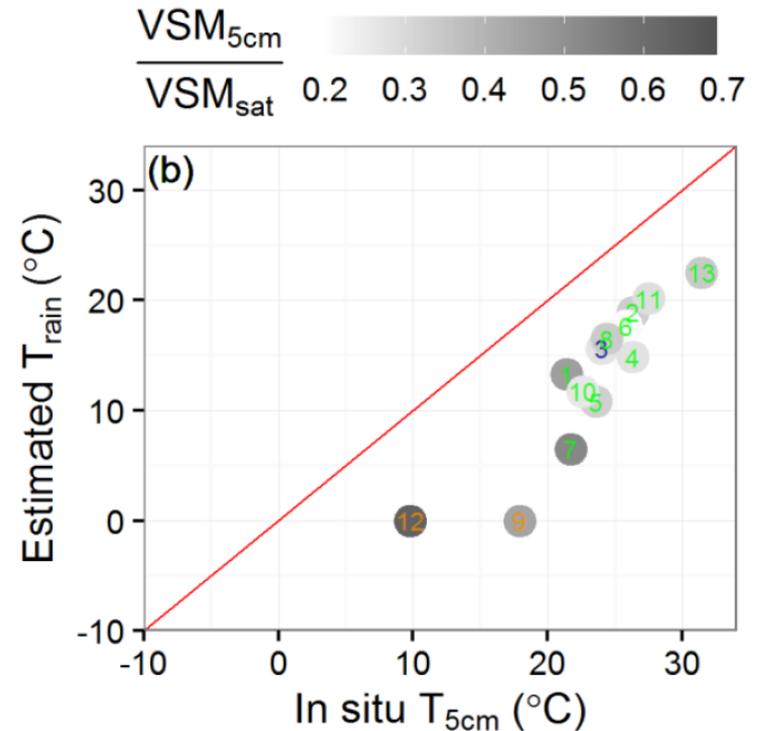
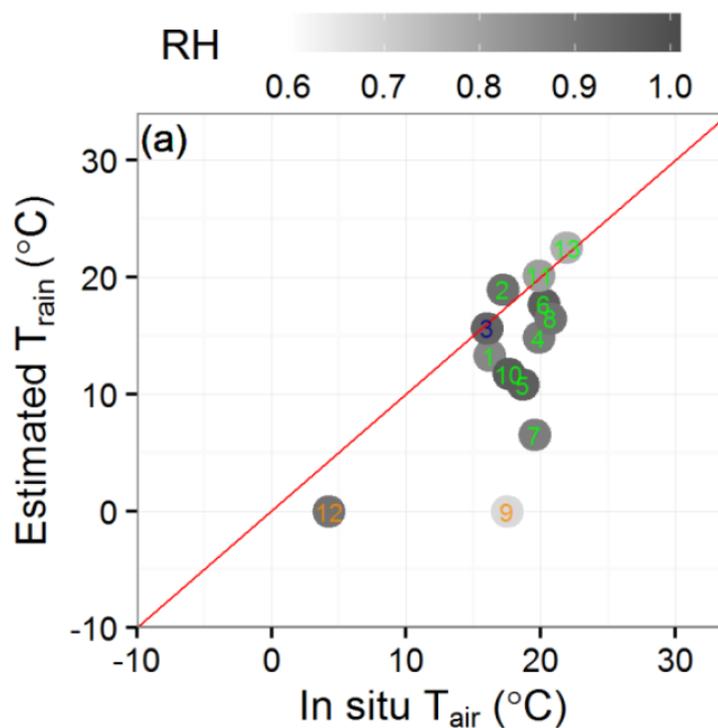
$$T_{\text{pluie}} \sim 6^\circ \text{ C}$$

$$T_{5\text{cm}} \sim 22^\circ \text{ C}$$

$$\sim 800 \text{ W m}^{-2}$$

# $T_{\text{pluie}}$ à partir des mesures dans le sol ?

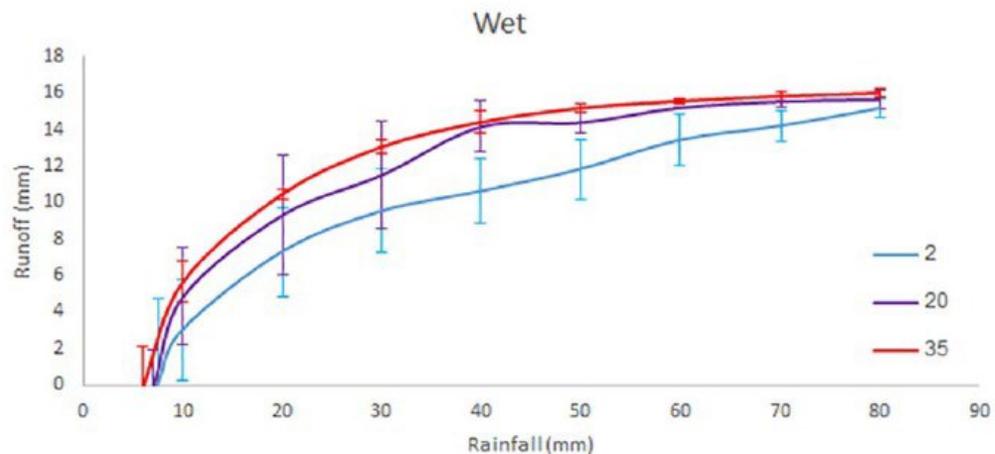
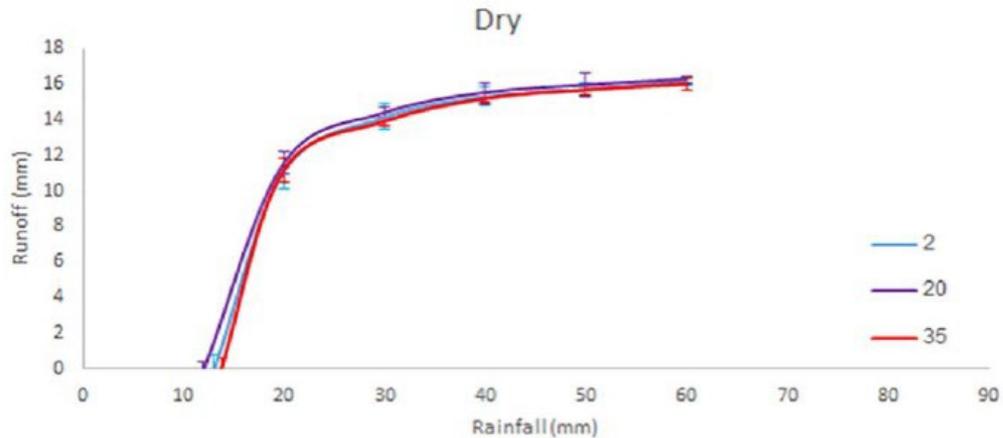
- Ensemble des 13 cas sélectionnés :



$T_{\text{pluie}}$  plus basse que  $T_{\text{air}}$  (-5 K en moyenne) et que  $T_{5\text{cm}}$  (-11 K en moyenne)

# $T_{\text{pluie}}$ et ruissellement / érosion ?

- Exemple : ruissellement/érosion sur limon (Sachs and Sarah 2017)



# Conclusions

---

- $T_{\text{pluie}}$  peut être beaucoup plus basse que :
  - $T_{\text{air}}$
  - $T_{5\text{cm}}$
- $T_{\text{pluie}}$  devrait pouvoir être estimée de façon plus précise
  - Le CNRM va développer un dispositif instrumental (dans le cadre de Meteopole-Flux)
- $T_{\text{pluie}}$  devrait pouvoir être représentée dans les modèles
  - Pour améliorer la représentation
    - du bilan d'énergie
    - du ruissellement de surface et de l'érosion des sols
- Applications potentielles
  - Météo urbaine, émission de  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  par les sols, érosion des sols, qualité de l'eau, etc.
- Plus de détails dans Zhang et al. 2019 (<https://doi.org/10.5194/acp-19-5005-2019>)

---

# Merci de votre attention