



**HAL**  
open science

## Suivi du fonctionnement hydrique de la Zone Non Saturée à l'aide de l'outil géophysique SMD

Guillaume Giot, Cassandra Euzen, Maud Seger, Isabelle Cousin

### ► To cite this version:

Guillaume Giot, Cassandra Euzen, Maud Seger, Isabelle Cousin. Suivi du fonctionnement hydrique de la Zone Non Saturée à l'aide de l'outil géophysique SMD. J2M 2018 - 15. Journées de la Mesure et de la Métrologie, Oct 2018, Saint Pierre d'Oléron, France. hal-02733586

**HAL Id: hal-02733586**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02733586>**

Submitted on 2 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

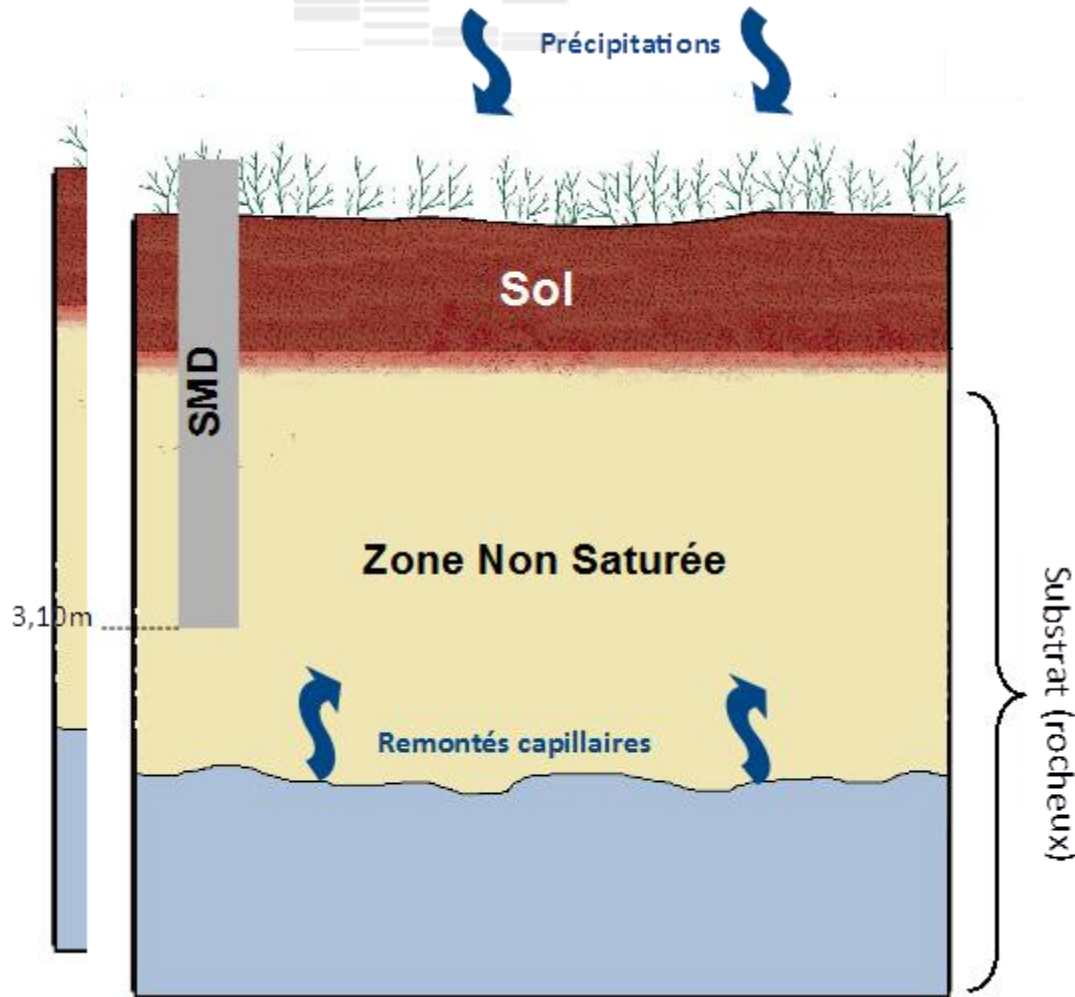


## Suivi du fonctionnement hydrique de la Zone Non Saturée à l'aide de l'outil géophysique SMD





# La Zone Non Saturée



- SMD : Subsurface Monitoring Device
- SMD est un système de mesure de profil de résistivité en sous-sol, automatisé
- Mesure **la température et la résistivité électrique** du sol
- Méthode géophysique
- Dispositif développé par la société imaGeau
- Projet régional ESPOL : étude des transports préférentiels dans la ZNS
- Haut de la ZNS : interface sol/sous sol

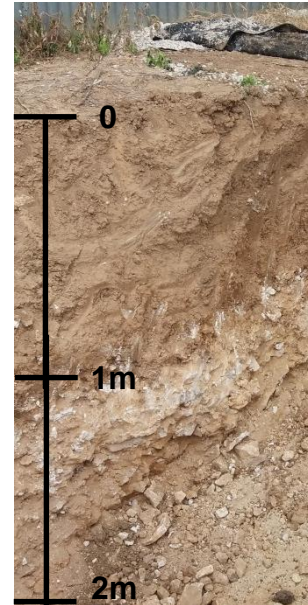
# Site d'étude

Villamblain (45) à proximité d'Orléans  
Région agricole de la Beauce



Calcosols limono-argileux  
Profondeur :  $\approx$  1 mètre  
Substrat : Calcaire de Beauce  
Remontées capillaires ?

Parcelle cultivée en  
maïs (2017) et blé (2018)  
Irrigation par canon à eau



Station météorologique

(pluviomètre, anémomètre, pyranomètre, thermo-hygromètre)



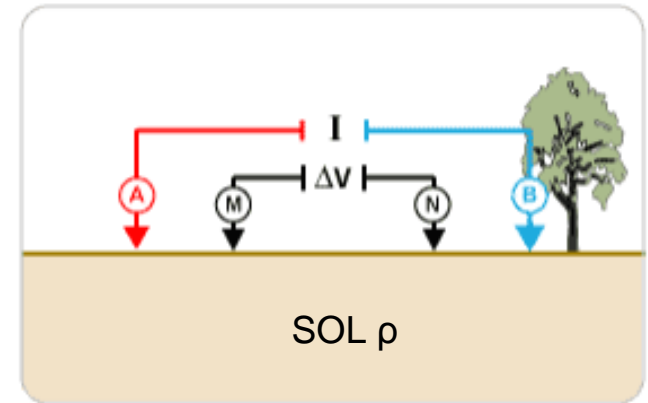
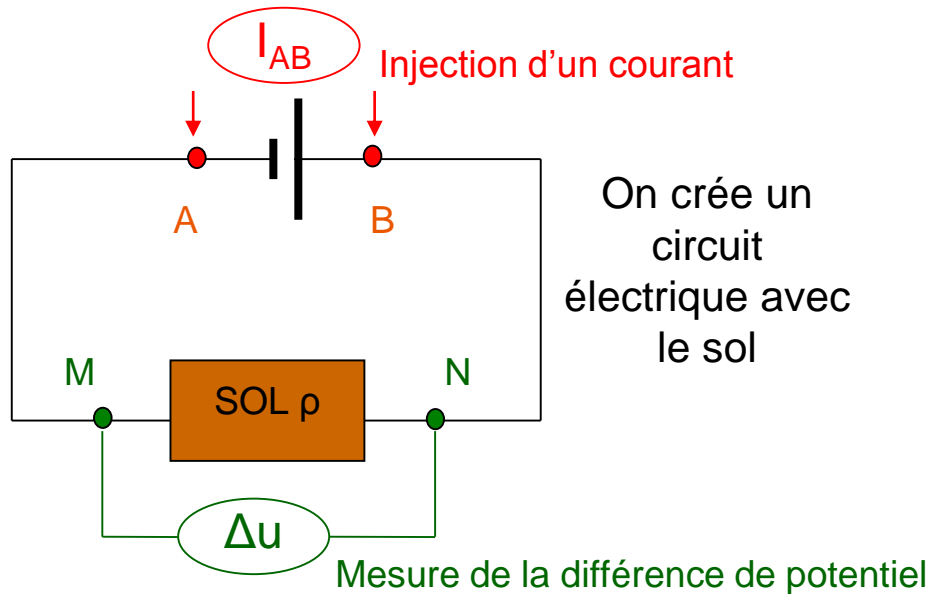
Station de mesure Campbell  
autonome :

- Teneur en eau du sol  
↳ sondes CS616
- Température du sol  
↳ thermistances 107 T

# La résistivité électrique

La résistivité électrique  $\rho$  d'un sol est sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.mètre ( $\Omega.m$ ).

C'est une mesure non destructive.

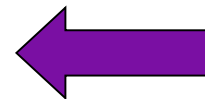


Grâce aux valeurs de  $\Delta u$  et  $I_{AB}$  on calcule  $\rho$  avec :

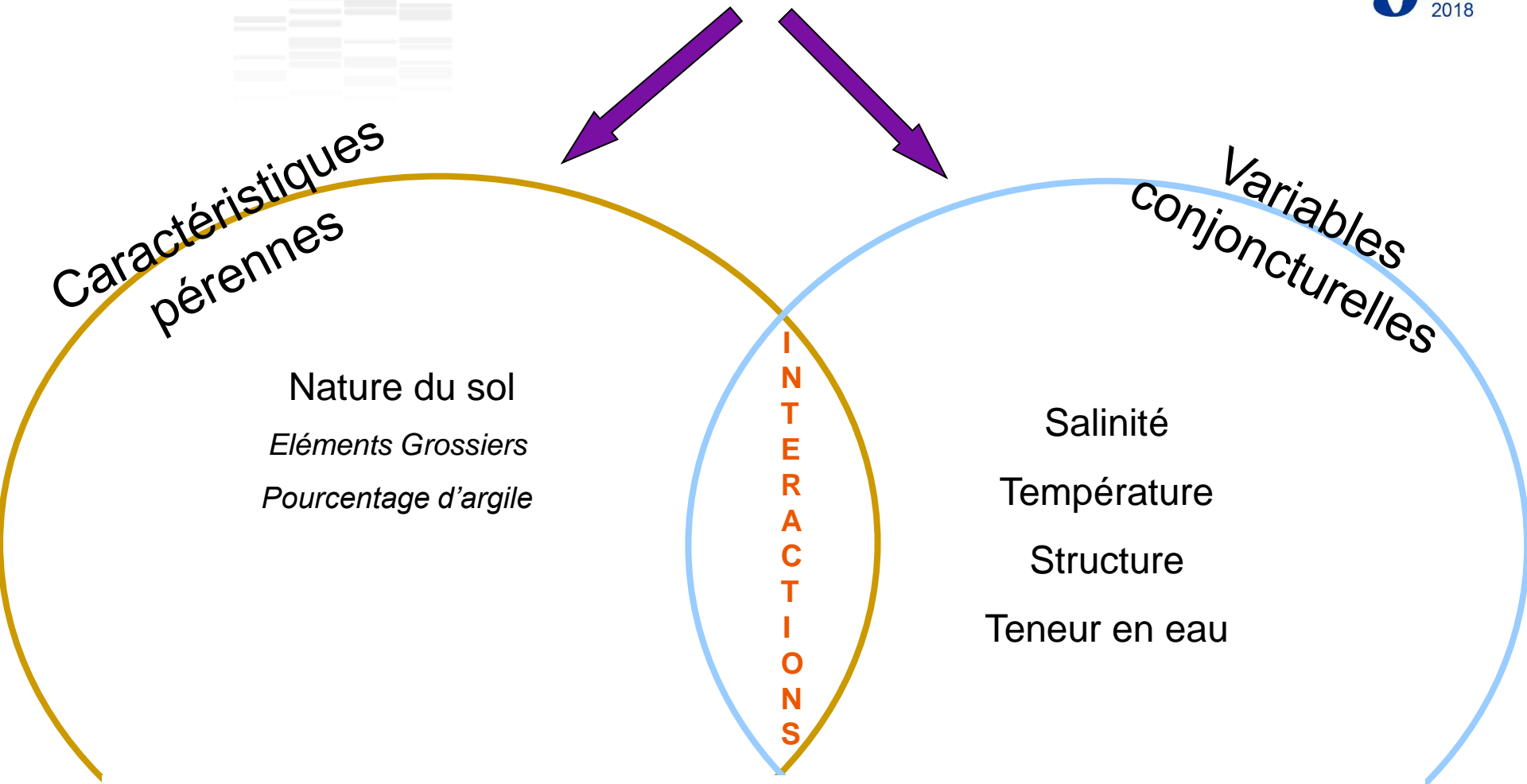
$$\rho = K * \Delta u / I_{AB} \text{ (Loi d'ohm)}$$

avec K : coefficient géométrique (dépend de la disposition des électrodes dans l'espace)

Le volume caractérisé par la mesure dépend de l'écartement des électrodes : plus l'écartement est grand, plus le volume prospecté est grand.



# La résistivité électrique



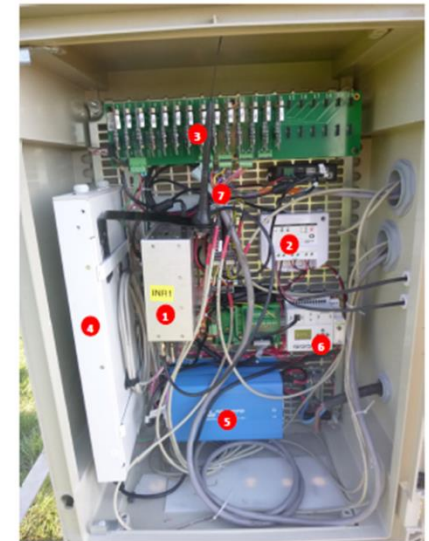
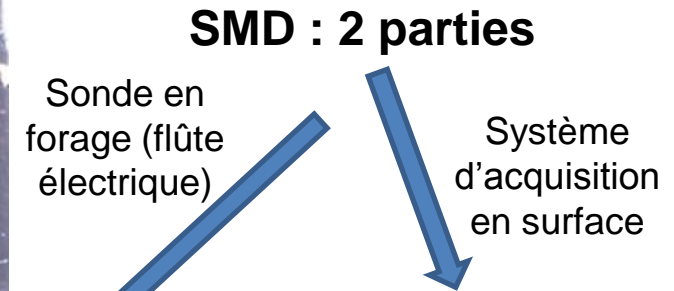
**La mesure de la résistivité électrique va nous permettre d'accéder indirectement à ces propriétés**



# L'outil SMD

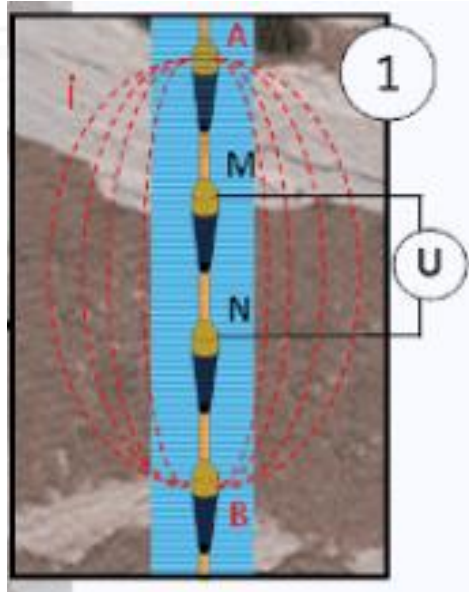


- 24 électrodes (disposées en chapelet) et 7 capteurs de température le long d'un tube de **3,40 m**
- Mesures :
  - Résistivité électrique** sur **21 niveaux** de 0,25 m à 3,10 m
  - Température** (sondes PT100) sur **7 niveaux** de 0,15 m à 1,95 m
- Contact sol/électrodes : bentonite
- Système d'acquisition de mesure



- 1 Pc embarqué + cartes SIM + Compact Flash (disque dur)
- 2 Module / chargeur solaire
- 3 Cartes électroniques pour la mesure de résistivité
- 4 Alimentation d'injection CC pour la mesure de résistivité
- 5 Convertisseur de tension 12 VDC vers 230 VAC
- 6 Automate Timer
- 7 Câbles d'arrivées des électrodes

# L'outil SMD



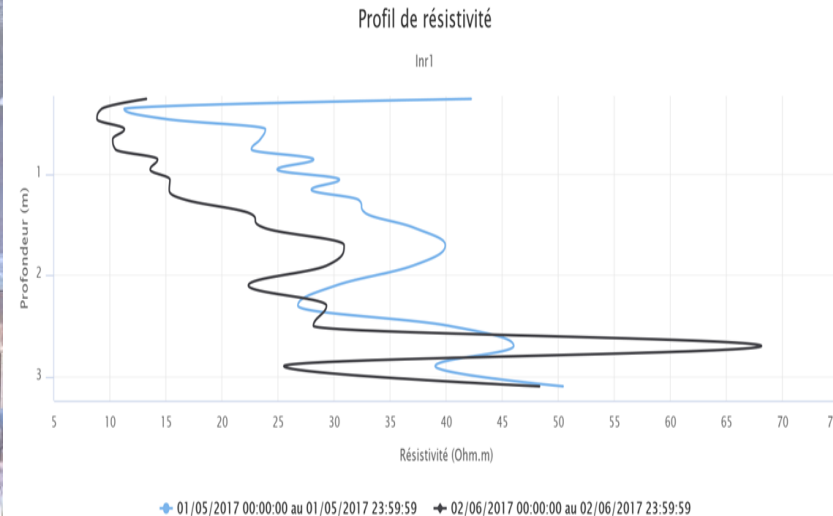
Une mesure nécessite 4 électrodes :

- 2 électrodes pour injection du courant (A et B)  $\Rightarrow \approx 200$  mA
- 2 électrodes pour la mesure de la différence de potentiel induit (M et N)



A  
M A  
N M A  
B N M  
B N  
B

- 1 à 4 enregistrements par jour : suivi temporel
- Interrogation et export des données à distance (4G)
- Premier dispositif de la sorte installé en ZNS, phase de tests avec la société Imageau

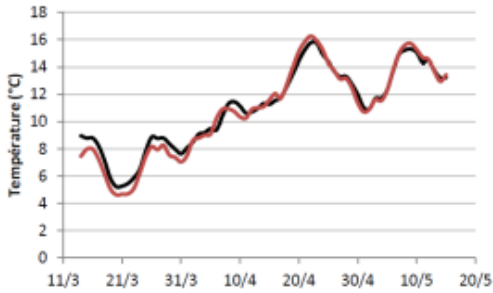


Application de la loi d'ohm à chaque profondeur  $\Rightarrow$  profil de résistivité électrique

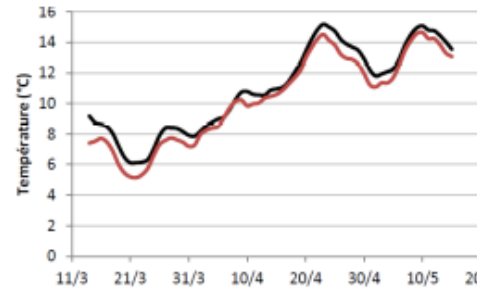


# Mesure de la température du sol

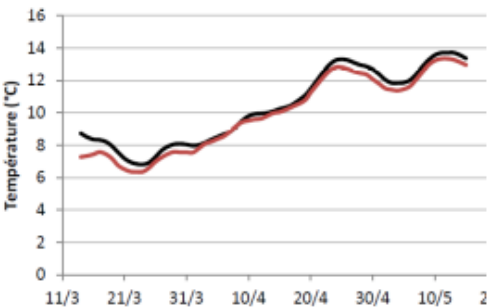
15cm



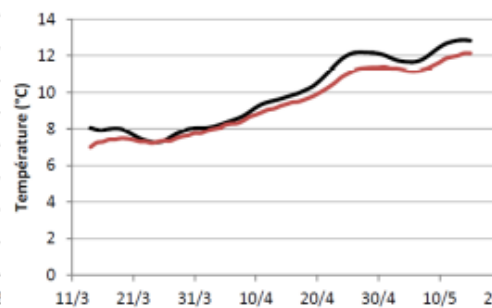
40cm



70cm



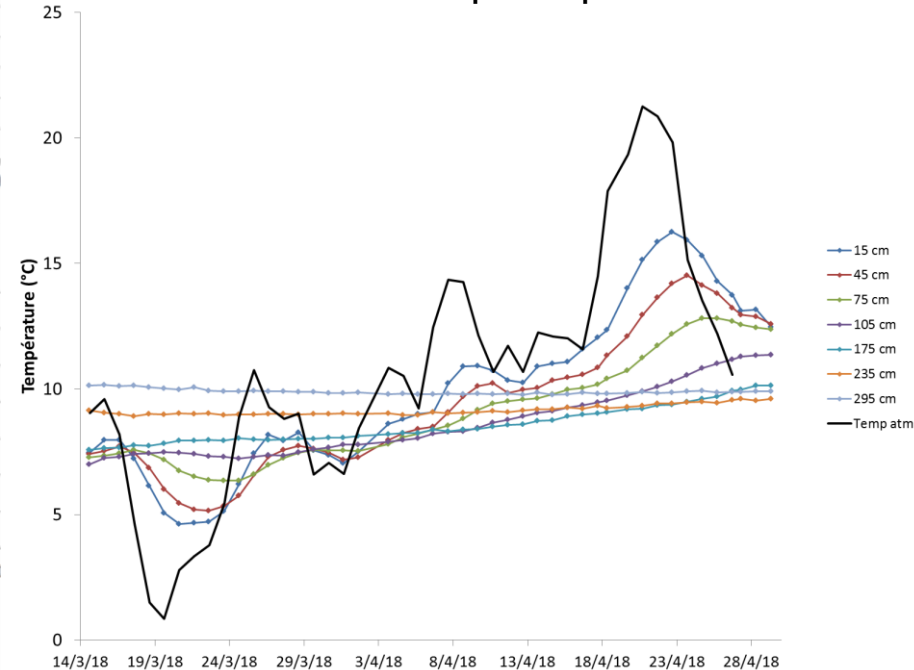
100cm



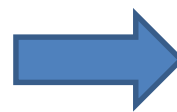
— Campbell

— imaGeau

Comparaison avec la température atmosphérique

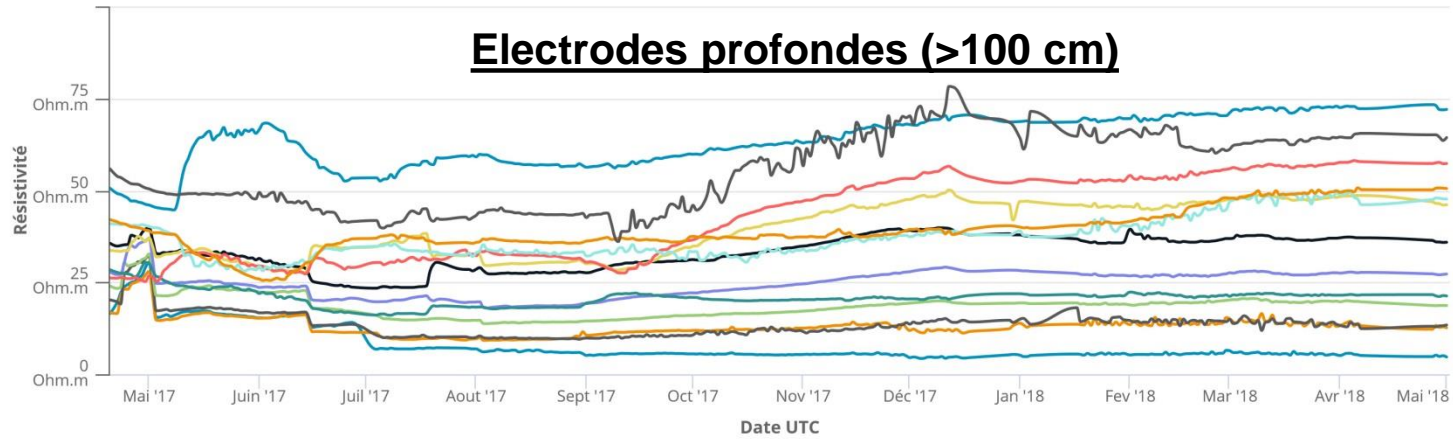


Comparaison avec les températures de sol mesurées avec la centrale Campbell  
 ↪ **conforme**

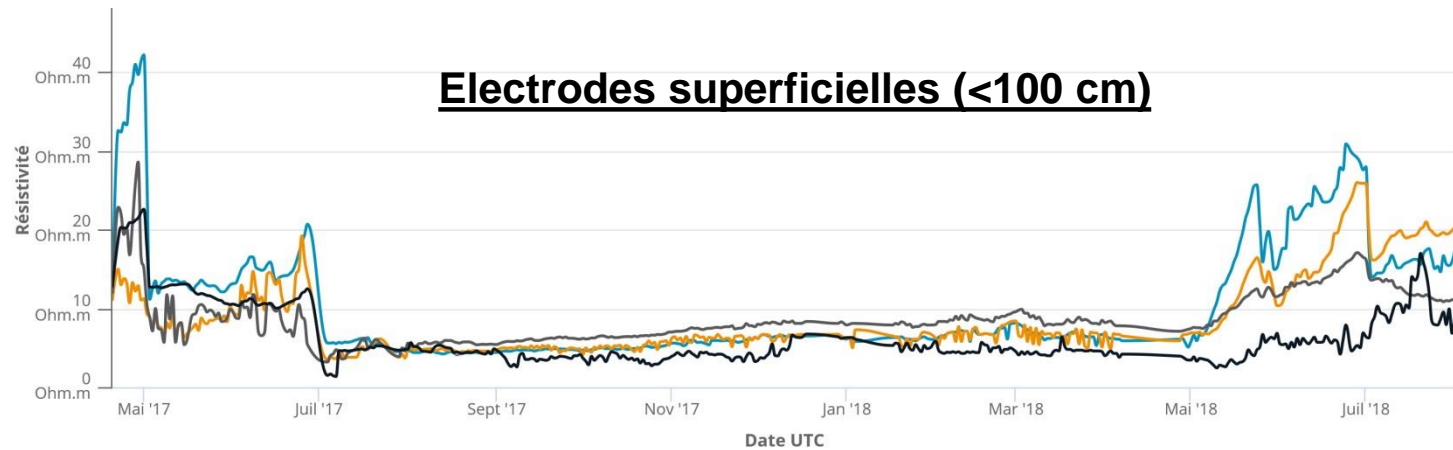


Correction des effets de la température sur les mesures de résistivité (selon profondeurs)

# Chroniques de résistivité



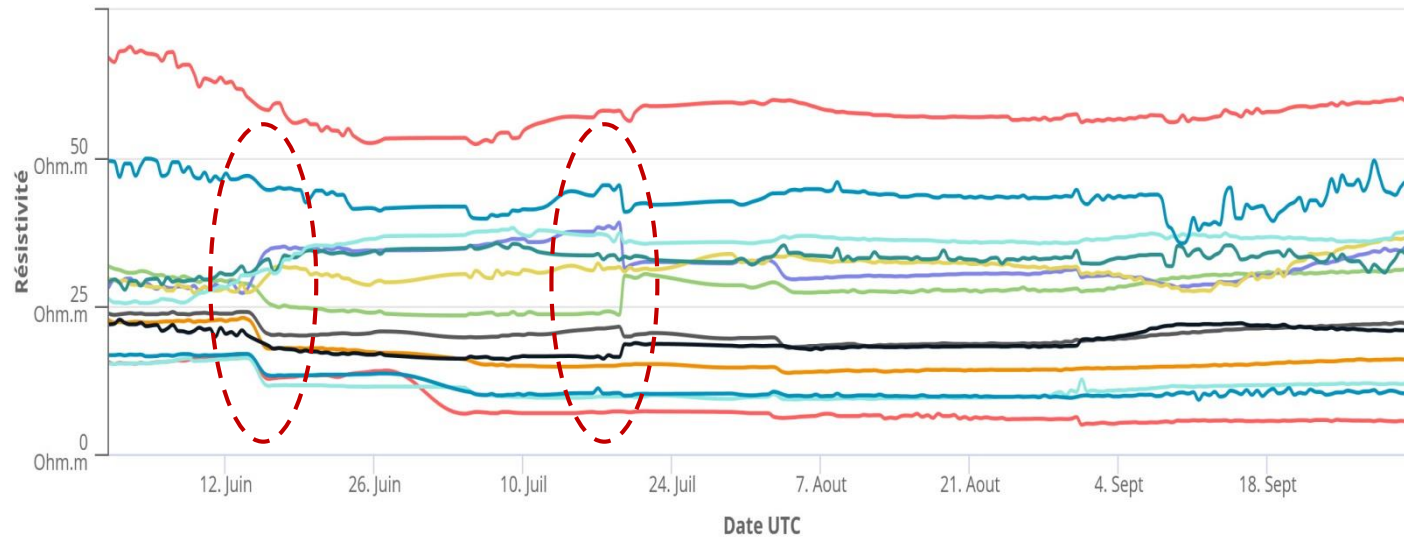
— Inr1 - Conductivité - 1.05 m   
 — Inr1 - Conductivité - 1.15 m   
 — Inr1 - Conductivité - 1.25 m   
 — Inr1 - Conductivité - 1.375 m  
— Inr1 - Conductivité - 1.525 m   
 — Inr1 - Conductivité - 1.7 m   
 — Inr1 - Conductivité - 1.9 m   
 — Inr1 - Conductivité - 2.1 m   
 — Inr1 - Conductivité - 2.3 m  
— Inr1 - Conductivité - 2.5 m   
 — Inr1 - Conductivité - 2.7 m   
 — Inr1 - Conductivité - 2.9 m   
 — Inr1 - Conductivité - 3.1 m



— Inr1 - Conductivité - 0.25 m   
 — Inr1 - Conductivité - 0.35 m   
 — Inr1 - Conductivité - 0.45 m   
 — Inr1 - Conductivité - 0.55 m   
 — Inr1 - Conductivité - 0.65 m  
— Inr1 - Conductivité - 0.75 m   
 — Inr1 - Conductivité - 0.85 m   
 — Inr1 - Conductivité - 0.95 m

# Analyse des suivis de résistivité

Chronique de résistivité des électrodes profondes (>100 cm)  
en période sèche (été 2017)



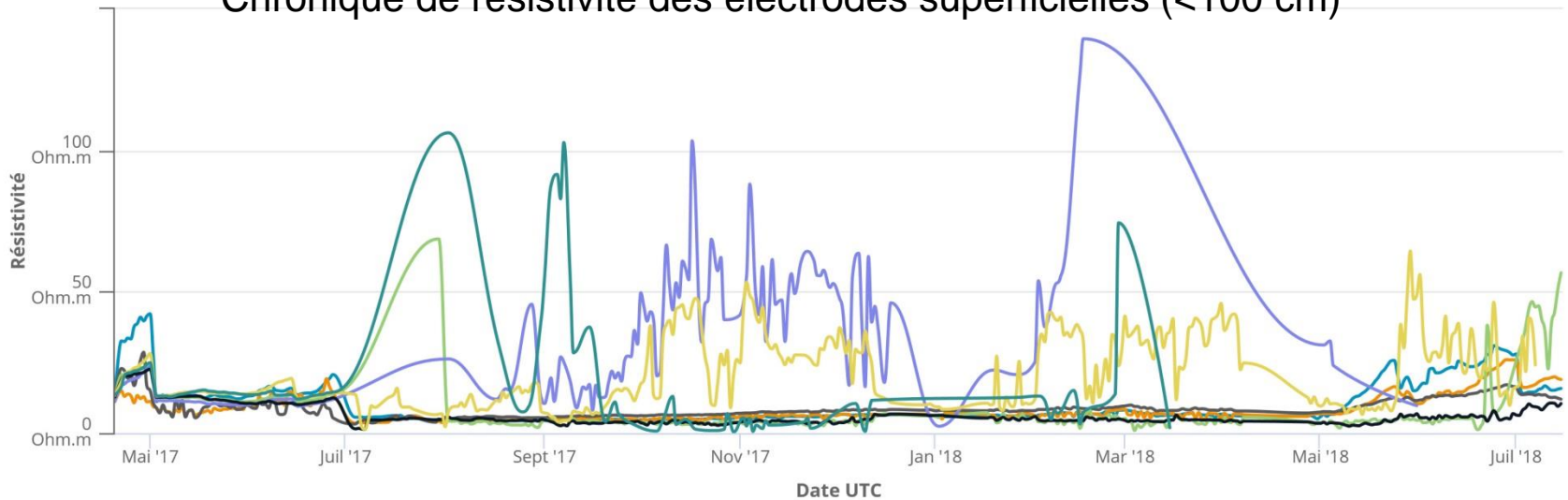
Ce sont des épisodes d'irrigation !!!





# Analyse des suivis de résistivité

## Chronique de résistivité des électrodes superficielles (<100 cm)



— Inr1 - Conductivité - 0.25 m — Inr1 - Conductivité - 0.35 m — Inr1 - Conductivité - 0.45 m — Inr1 - Conductivité - 0.55 m — Inr1 - Conductivité - 0.65 m  
— Inr1 - Conductivité - 0.75 m — Inr1 - Conductivité - 0.85 m — Inr1 - Conductivité - 0.95 m

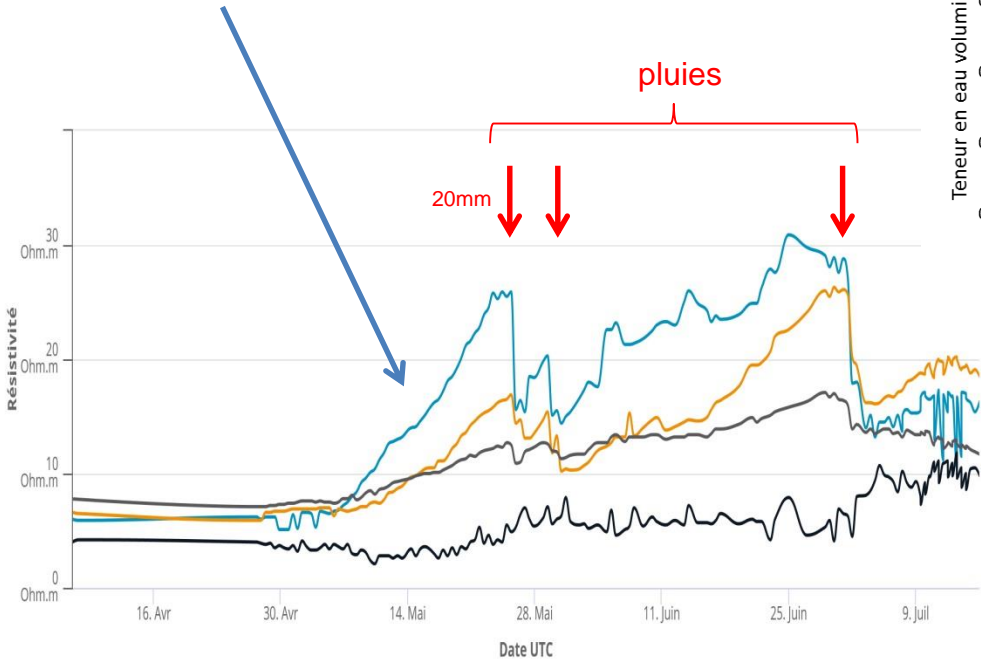
- Electrode défaillante entre 50cm et 100cm ?
  - ↳ *électrode n°8 à 80cm est impliquée dans tous les quadripôles de cette zone...*
- Qualité du contact sol-électrode (effet de la bentonite) ?



Confirmé lors de l'excavation du 6/09/18 sur 90cm de profondeur

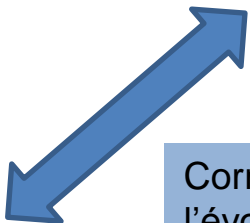
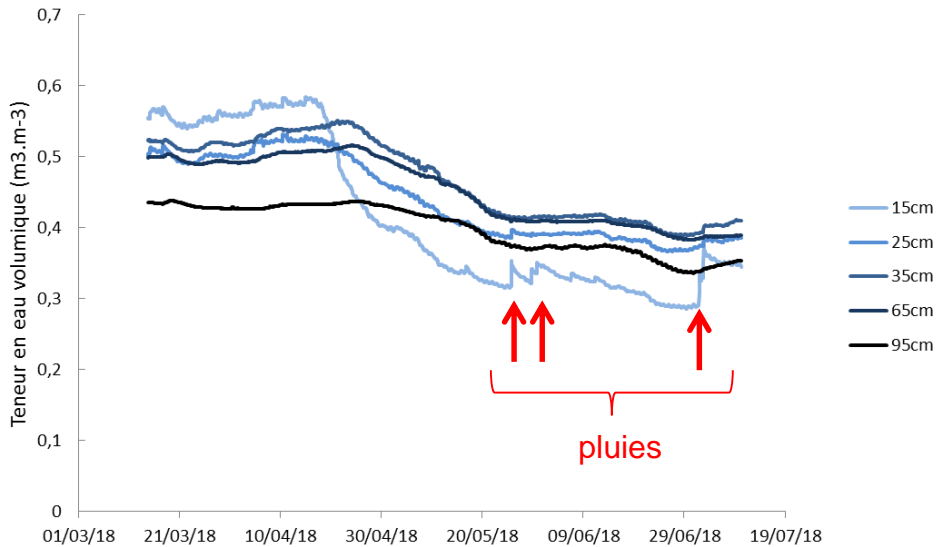
# Influence de la teneur en eau

Impact de la croissance du blé  
 ⇒ Diminution de la teneur en eau du sol ⇒  
 Augmentation de la résistivité



— Inr1 - Conductivité - 0.25 m — Inr1 - Conductivité - 0.35 m — Inr1 - Conductivité - 0.45 m — Inr1 - Conductivité - 0.55 m — Inr1 - Conductivité - 0.65 m  
 — Inr1 - Conductivité - 0.75 m — Inr1 - Conductivité - 0.85 m — Inr1 - Conductivité - 0.95 m

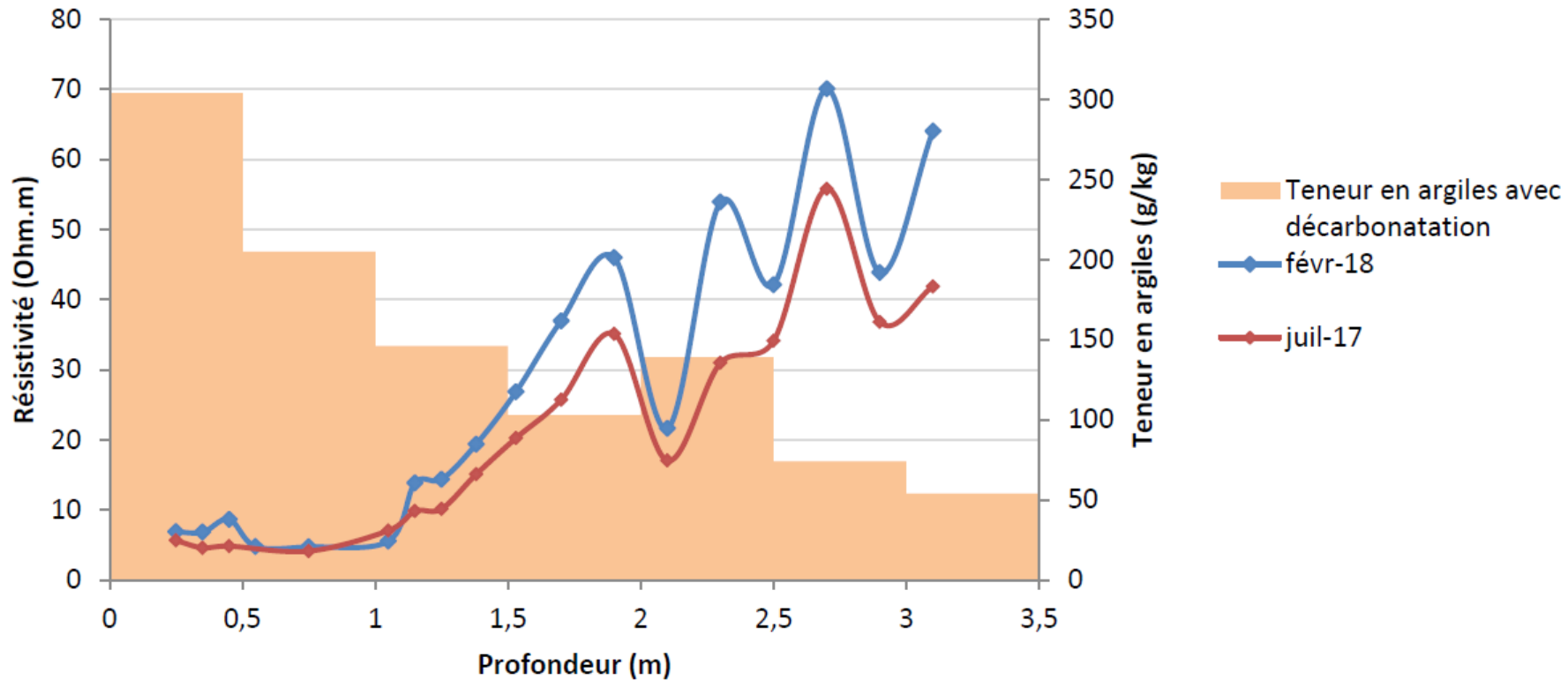
Evolution teneur en eau volumique



Correspondance entre l'évolution de la teneur en eau et de la résistivité. Mise en évidence des événements pluvieux.

# Paramètres intrinsèques

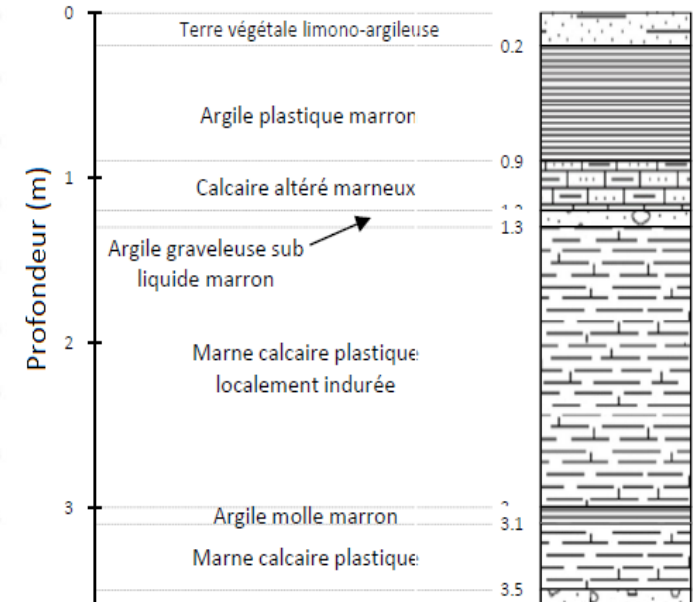
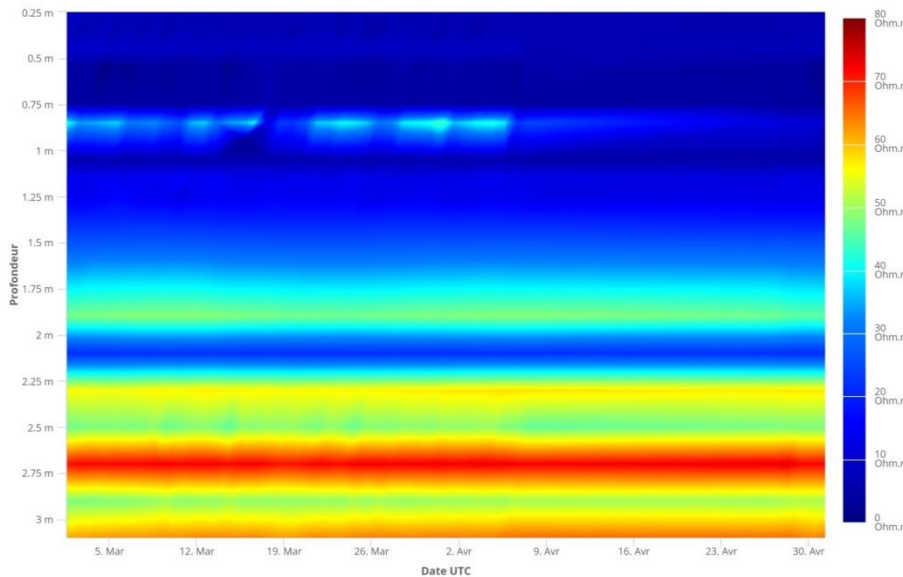
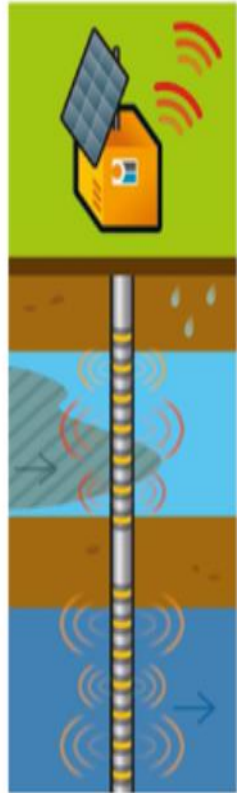
## La teneur en argile





# Paramètres intrinsèques

## La texture du sol



# Conclusion



## Les premières observations sont prometteuses :

Le système fonctionne !

Fiabilité des mesures de température

Corrélation avec l'effet de la teneur en eau en surface

Cohérences avec connaissance du milieu (pédologie, géologie, teneur en argile, météo)

Autonomie et mesures en continu

Possibilité d'interroger les données à distance

## Les limites actuelles :

Phase de qualification

Problème de contact sol/électrodes => rôle de la bentonite

Impact des épisodes pluvieux sur le dispositif

Peu de recul sur les données

Réparation des électrodes en surface

Zone peu connue entre 1,20 m et 3,40 m

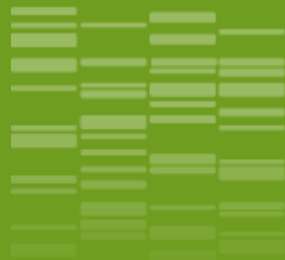
Pas de mise en évidence de phénomènes de remontées capillaires

## Des perspectives :

Poursuivre les comparaisons avec les mesures en continu de teneur en eau (en surface)

Observations sur de longues périodes en fonction de la rotation des cultures

Confrontation avec les observations de la plateforme O-ZNS



# Merci de votre attention