



**HAL**  
open science

## Réfectomètres de teneur en eau CS650 vs CS616

Guillaume Giot

► **To cite this version:**

Guillaume Giot. Réfectomètres de teneur en eau CS650 vs CS616. J2M 2016- 14. Journées de la Mesure et de la Métrologie, Oct 2016, Blois, France. hal-02800583

**HAL Id: hal-02800583**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02800583v1>**

Submitted on 5 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.



# Réflectomètres de teneur en eau CS650 vs CS616



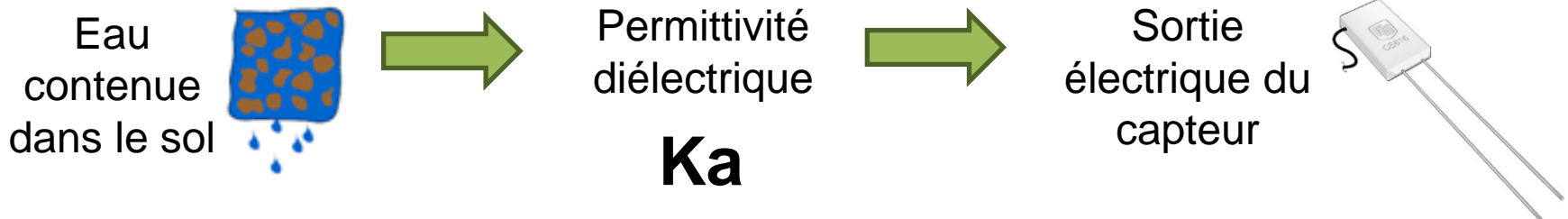
# Contexte

Les simulations de transfert d'eau dans les sols et d'émissions de GES (notamment  $N_2O$ ) par les sols sont très sensibles à la teneur en eau du sol.

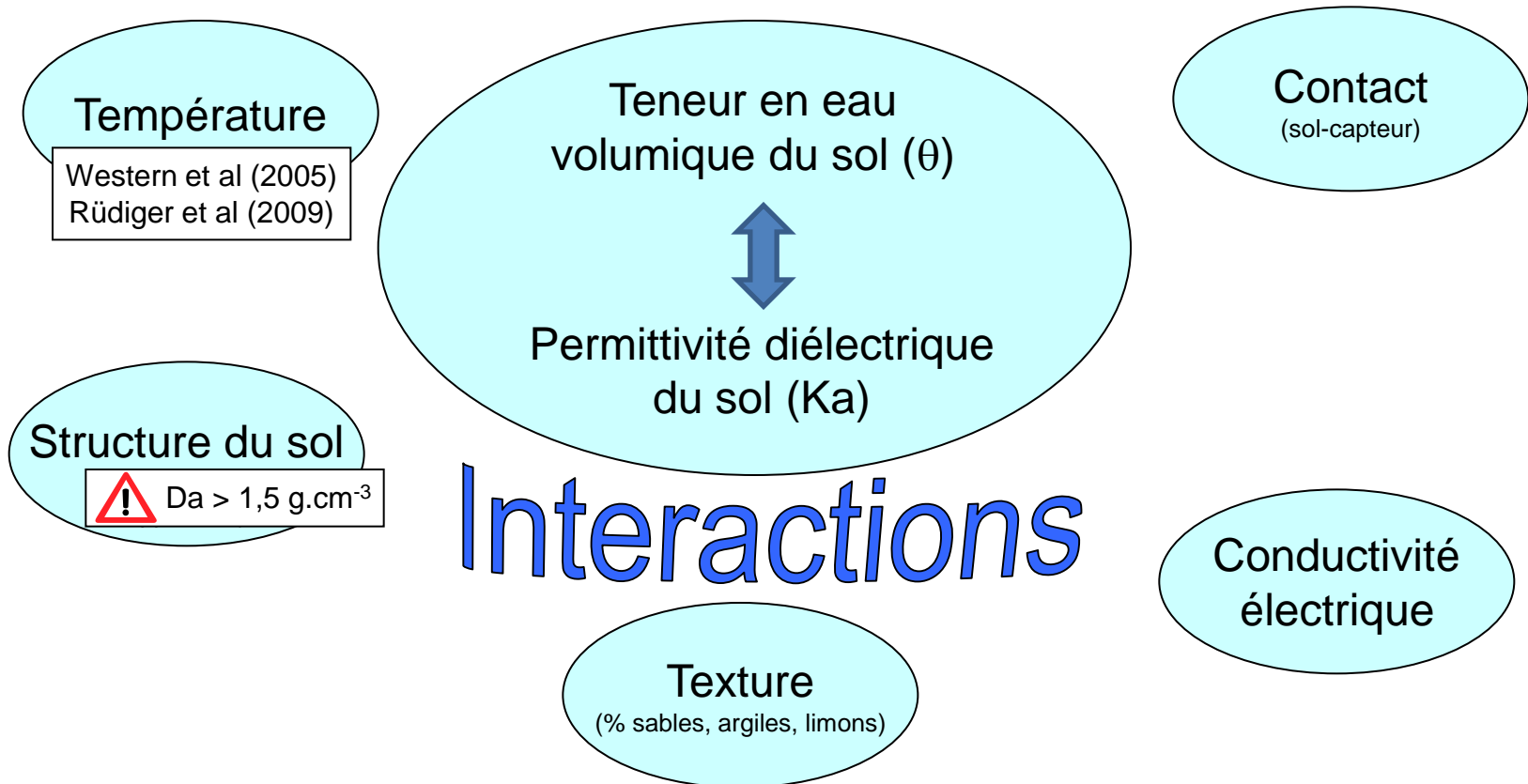
➔ Besoin d'utiliser des capteurs de teneur en eau du sol fiables (justes, fidèles) et robustes

➔ Besoin d'une instrumentation exhaustive des parcelles expérimentales pour caractériser le fonctionnement hydriques des sols à différentes échelles spatiales et temporelles

Il n'existe pas de capteurs de teneur en eau qui mesurent l'eau directement !



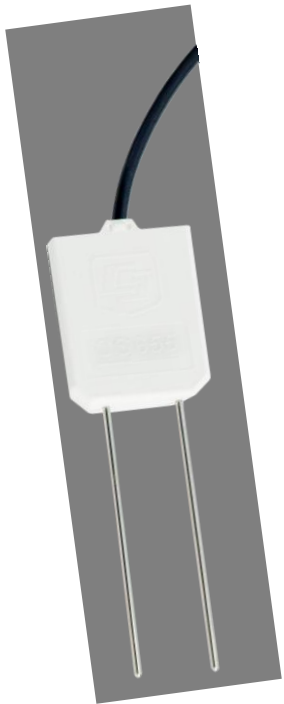
## Facteurs de sensibilité des capteurs



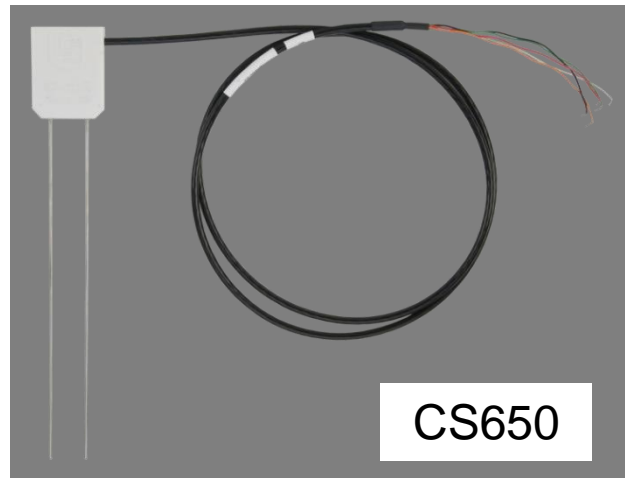
# Contexte

2 réflectomètres (Campbell Scientific) pour estimer la teneur en eau du sol

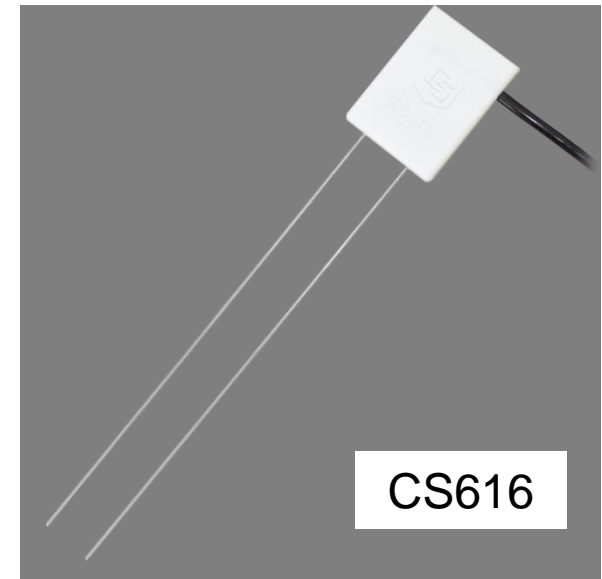
- CS616  $\Rightarrow$  très répandue et utilisée depuis  $\approx$  15 ans
- CS650 / CS655  $\Rightarrow$  commercialisées depuis 3 ans, peu de recul, peu d'études



CS655



CS650



CS616

	CS655	CS650
Volume mesuré	3600 cm <sup>3</sup>	7800 cm <sup>3</sup>
Gamme de conductivité électrique	0 à 8 dS/m	0 à 3 dS/m
Incertitude sur la mesure de permittivité	$\pm$ 3% de la lecture + 0,8	$\pm$ 2% de la lecture + 0,6



**Différences entre CS616 et CS650 ?**

# Caractéristiques



CS650	CS616
Sonde multiparamètres $\theta$ , EC, T°C, Ka	Teneur en eau volumique ( $\theta$ )
Thermistance intégrée	Pas de mesure de T°C
Sortie SDI-12 (port SDI-12 de la centrale)	1 entrée unipolaire + 1 port de contrôle (multiplexables)
Teneur en eau à $\pm 3\%$	Teneur en eau à $\pm 2,5\%$
Gamme de conductivité 0 à 3 dS/m	Gamme de conductivité < 0,5 dS/m
Paramètres de sortie : période ( $\mu$ s), voltage ratio (VR), température Détermination de Ka et EC $\theta=f(Ka)$ équation de Topp	Paramètre de sortie : Période ( $\mu$ s) $\theta=f(P)$ équation d'étalonnage
243 €	144 €

# Caractéristiques



**Sonde CS616  $\Rightarrow$  sonde de température (107T) pour corriger l'effet de la température sur la mesure de teneur en eau**

## Cas d'une fosse à 4 niveaux de profondeur

- 12 sondes CS616 (3 sondes par profondeur) + 4 sondes 107T + CR1000 + 1 multiplexeur AM16/32  $\Rightarrow$  **4 210 €**
- 12 sondes CS650 (3 sondes par profondeur) + CR1000  $\Rightarrow$  **4 555 €**

## Cas de 2 fosses à 4 niveaux de profondeur (centrale commune)

- 24 sondes CS616 + 8 sondes 107T + CR1000 + 1 multiplexeur AM16/32  $\Rightarrow$  **6 222 €**
- 24 sondes CS650 + CR1000  $\Rightarrow$  **7 471 €**

### Pour info :

- 40 sondes CS650 peuvent être connectées à une CR1000 (ports C1, C3, C5, C7)
- 8 sondes CS616 peuvent être connectées à une CR1000
- 48 sondes CS616 peuvent être multiplexées sur une CR1000 (avec AM16/32)

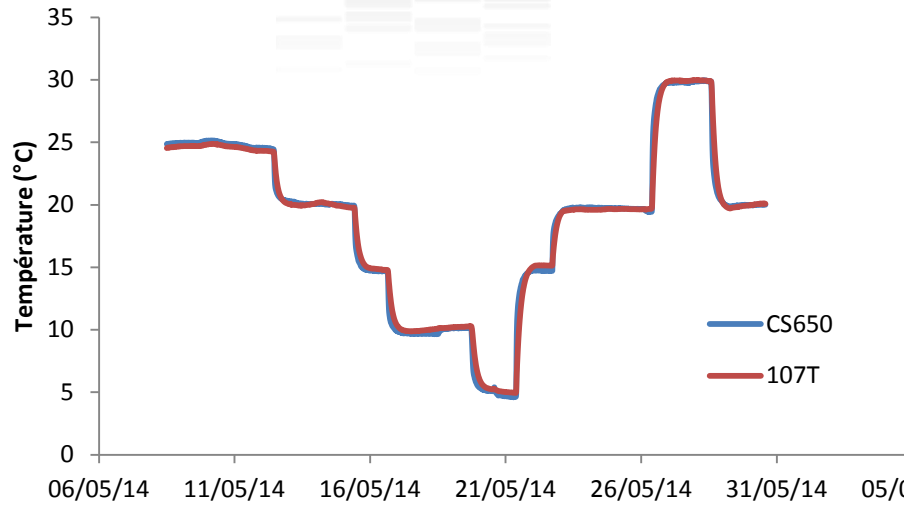


# Mesure de température avec la sonde CS650

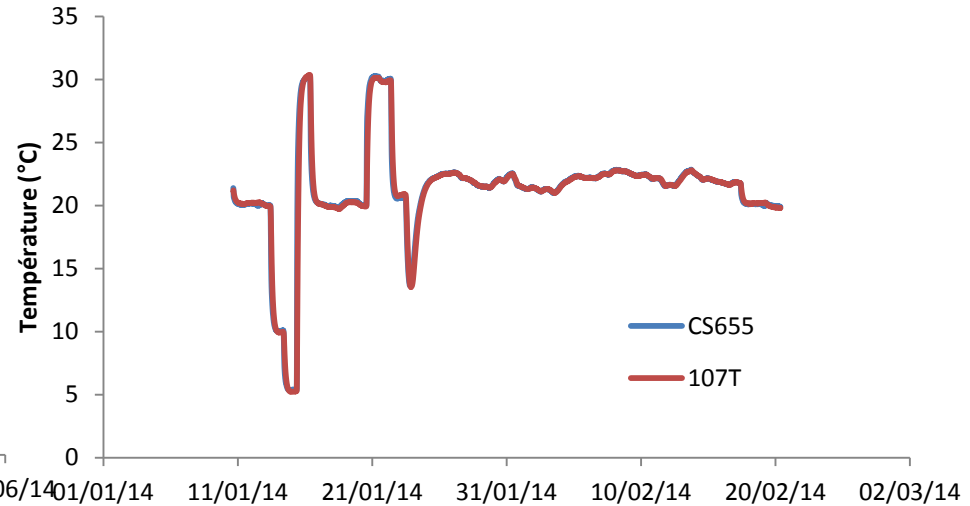


# Thermistance de la CS650

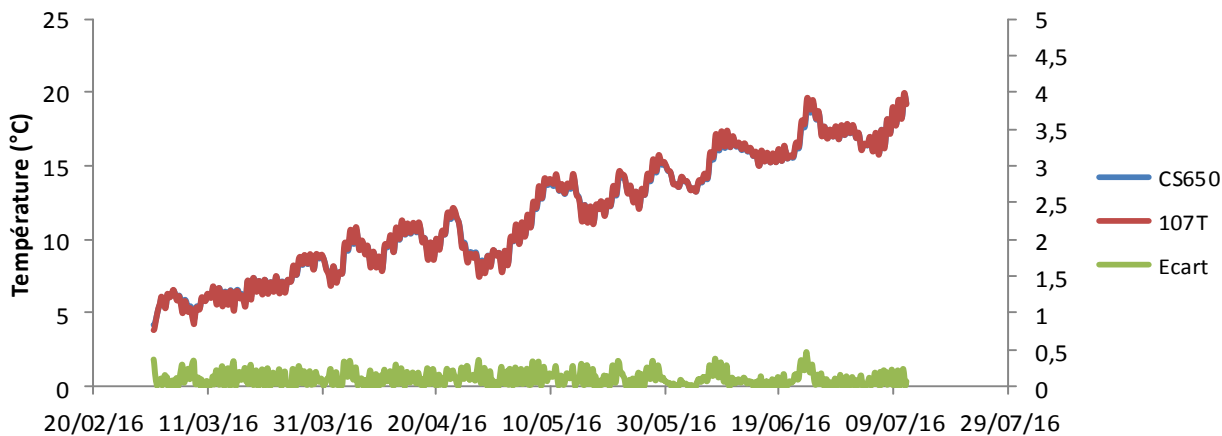
Suivi de la température d'une colonne de sol (CS650) au laboratoire



Suivi de la température d'une colonne de sol (CS655) au laboratoire



Suivi de la température du sol - site Villamblain (-25cm)



Les mesures de température avec la thermistance intégrée de la CS650 sont très proches des mesures de température avec une thermistance 107T :

**écart < 0,5°C**



# Influence de la température sur les réflectomètres

# Sensibilité des sondes à la température

**CS 650**



Mesure VR, P ( $\mu\text{s}$ ) et  $T^{\circ}\text{C}$



Equation empirique  
 $K_a = f(P, \sigma)$

Calcule  $K_a$  et EC (dS/m)



Polynôme de Topp  
(Topp et al., 1980)

Calcule  $\theta$

**CS 616**



Mesure P ( $\mu\text{s}$ )



Equation empirique  
(Campbell et al., 1998)

Calcule  $\theta$

Influence  
de la  
température ?



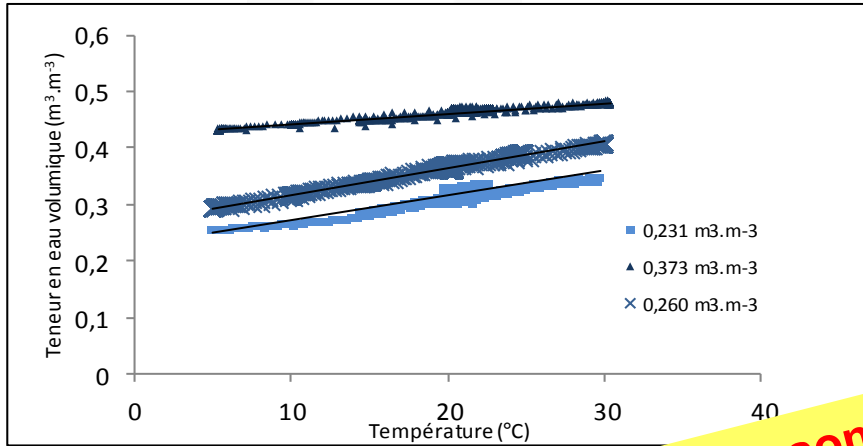
Essais en chambre climatique sur  
colonnes de sol reconstituées  
( $\varnothing = 15 \text{ cm}$  et  $h = 35 \text{ cm}$ )



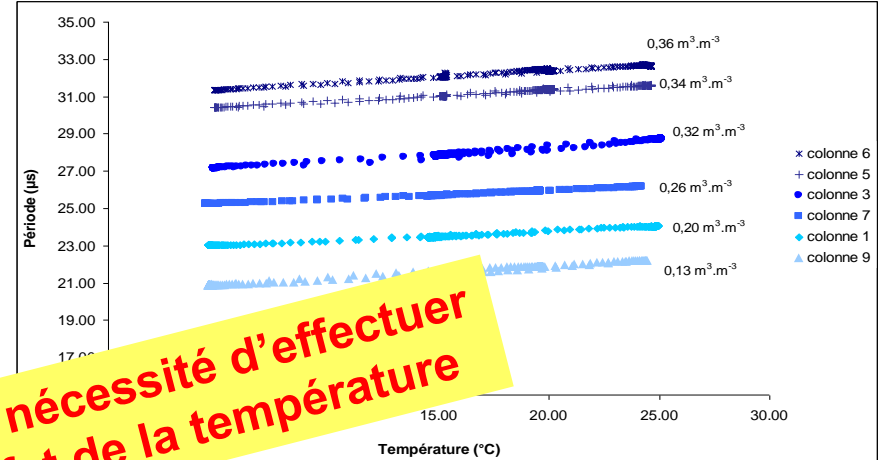
Pas d'évaporation et pas de drainage  
 $\Rightarrow$  teneur en eau constante  
Acquisition des données à 20 minutes

# Sensibilité des sondes à la température

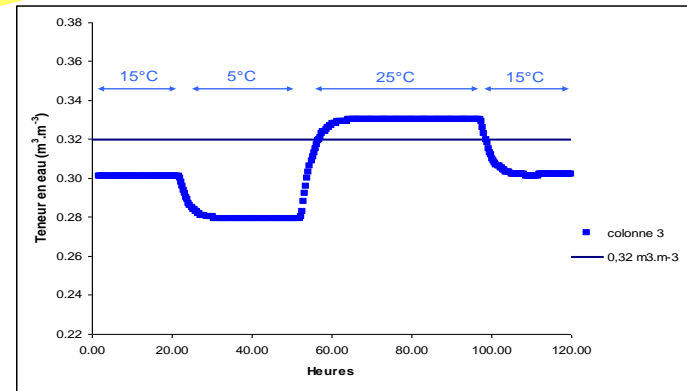
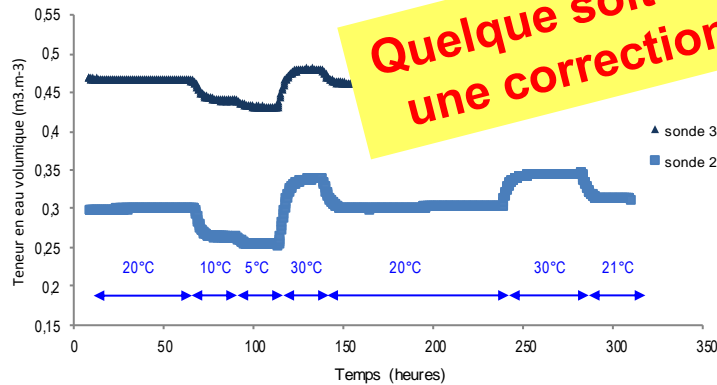
## CS650



## CS616



**Quelque soit la sonde, nécessité d'effectuer une correction de l'effet de la température**



Variation de 5 à 8 points de teneur en eau sur la plage [5°C - 30°C] en appliquant l'équation de Topp

Variation de 5 points de teneur en eau sur la plage [5°C - 25°C] en appliquant l'équation Campbell

# Sensibilité des sondes à la température



## CS 616

Passage à une période corrigée en température par l'application d'un coefficient de correction à la période mesurée.

$$P_m = P_T + P_T \alpha (T_m - T)$$

Avec

$P_m$  : période mesurée

$P_T$  : période corrigée à la température T

$T_m$  : température mesurée

$\alpha$  : coefficient de correction en  $\mu\text{s} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

Multitude des coefficients de correction  $\Rightarrow$  **à déterminer pour le sol concerné**

## CS 650

Plus grande sensibilité à l'effet de la température.

Influence de la température sur l'électronique  $\approx$  semblable CS 616

Influence de la température sur la permittivité diélectrique du sol :

$K_a$  de l'eau varie en fonction de la température :  $K_a = 88$  à  $0^\circ\text{C}$   $K_a = 80$  à  $20^\circ\text{C}$   $K_a = 64$  à  $70^\circ\text{C}$

Effet de la température sur la conductivité électrique :  $\sigma$  augmente avec  $T^\circ\text{C}$

$$K_a(\sigma, \tau) = C_0 \cdot \sigma^3 \cdot \tau^2 + C_1 \cdot \sigma^2 \cdot \tau^2 + C_2 \cdot \sigma \cdot \tau^2 + C_3 \cdot \tau^2 + C_4 \cdot \sigma^3 \cdot \tau + C_5 \cdot \sigma^2 \cdot \tau + C_6 \cdot \sigma \cdot \tau + C_7 \cdot \tau + C_8 \cdot \sigma^3 + C_9 \cdot \sigma^2 + C_{10} \cdot \sigma + C_{11}$$

where  $K_a$  is apparent dielectric permittivity,  $\sigma$  is bulk electrical conductivity (dS/m),  $\tau$  is period average ( $\mu\text{S}$ ), and  $C_1$  to  $C_{11}$  are constants



**Construire son équation de correction en température sur sol spécifique**



# Mise en œuvre des réflectomètres

# Mise en œuvre sur le terrain



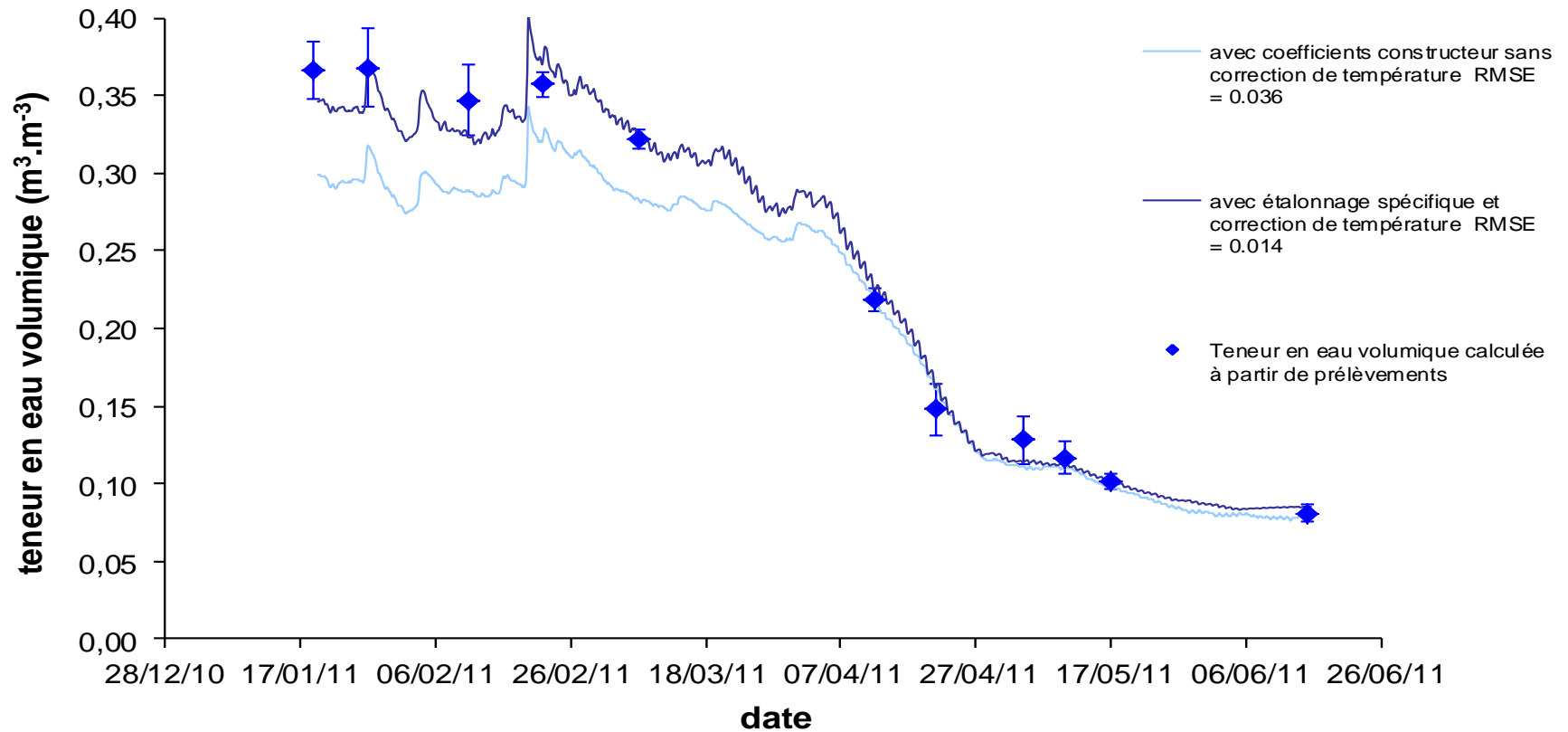
## CS616

- Installation des sondes avec guide spécifique (contact)
- Enregistrement de la période brute  $P_m$
- Correction en température  $\Rightarrow P_T$
- Suivi de la masse volumique (Da) et de la teneur en eau pondérale (W) au cours de la saison culturale (3 points minimum)
- Etalonnage à posteriori (à partir des mesures ponctuelles)  $\Rightarrow$  ajustement linéaire entre  $P_T$  et les points de teneur en eau ponctuels

# Mise en œuvre sur le terrain

## CS616

### Suivi de la teneur en eau volumique à 15 cm





# Mise en œuvre sur le terrain



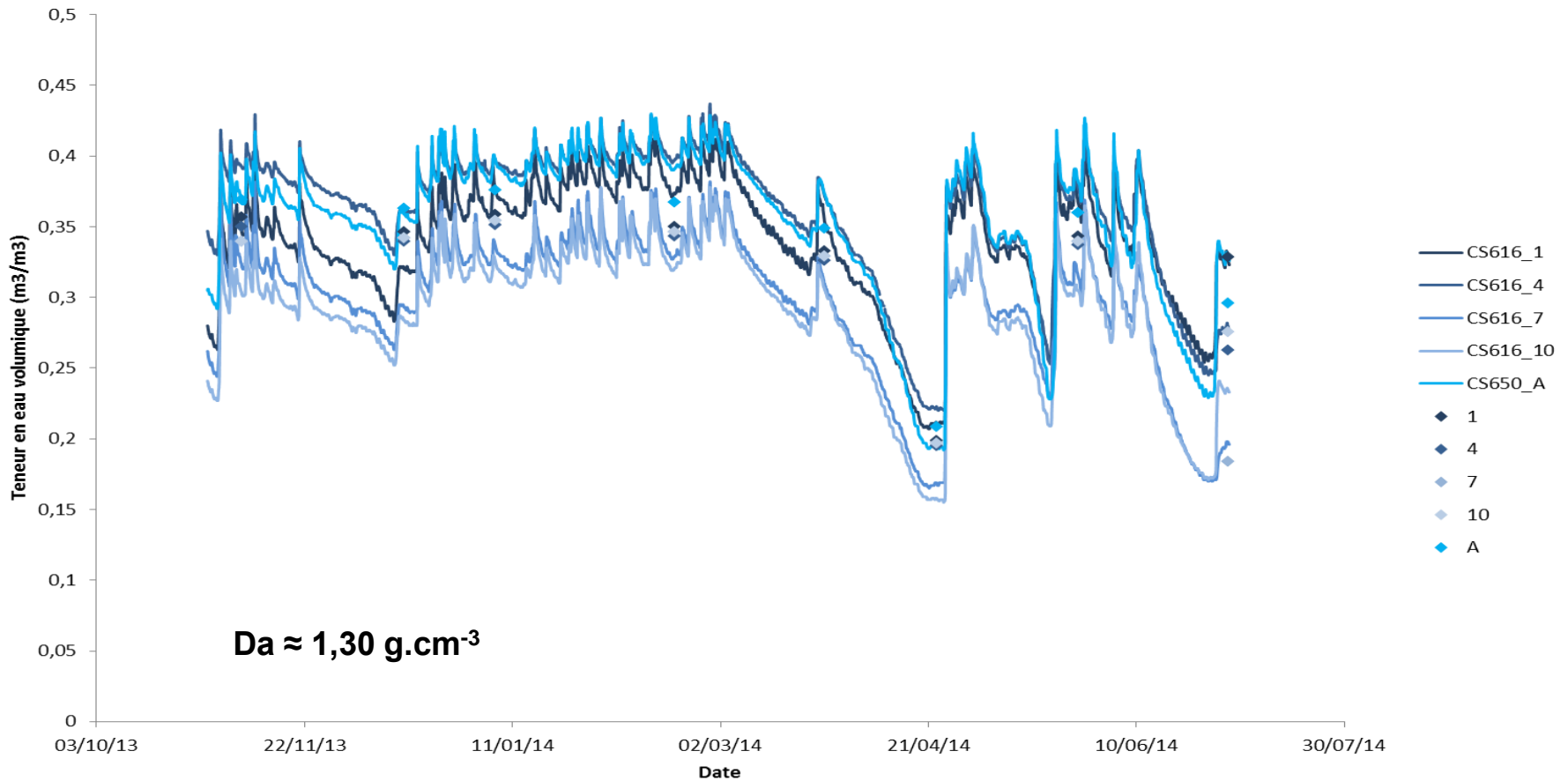
## CS650

- Installation des sondes avec guide spécifique (contact)
- Enregistrement des 6 paramètres (commandes aM3! en mode SDI12) : VR, P, Temperature, Ka,  $\sigma$ ,  $\theta$
- Suivi de la masse volumique (Da) et de la teneur en eau pondérale (W) au cours de la saison culturale (3 points)

# Mise en œuvre sur le terrain

## CS650

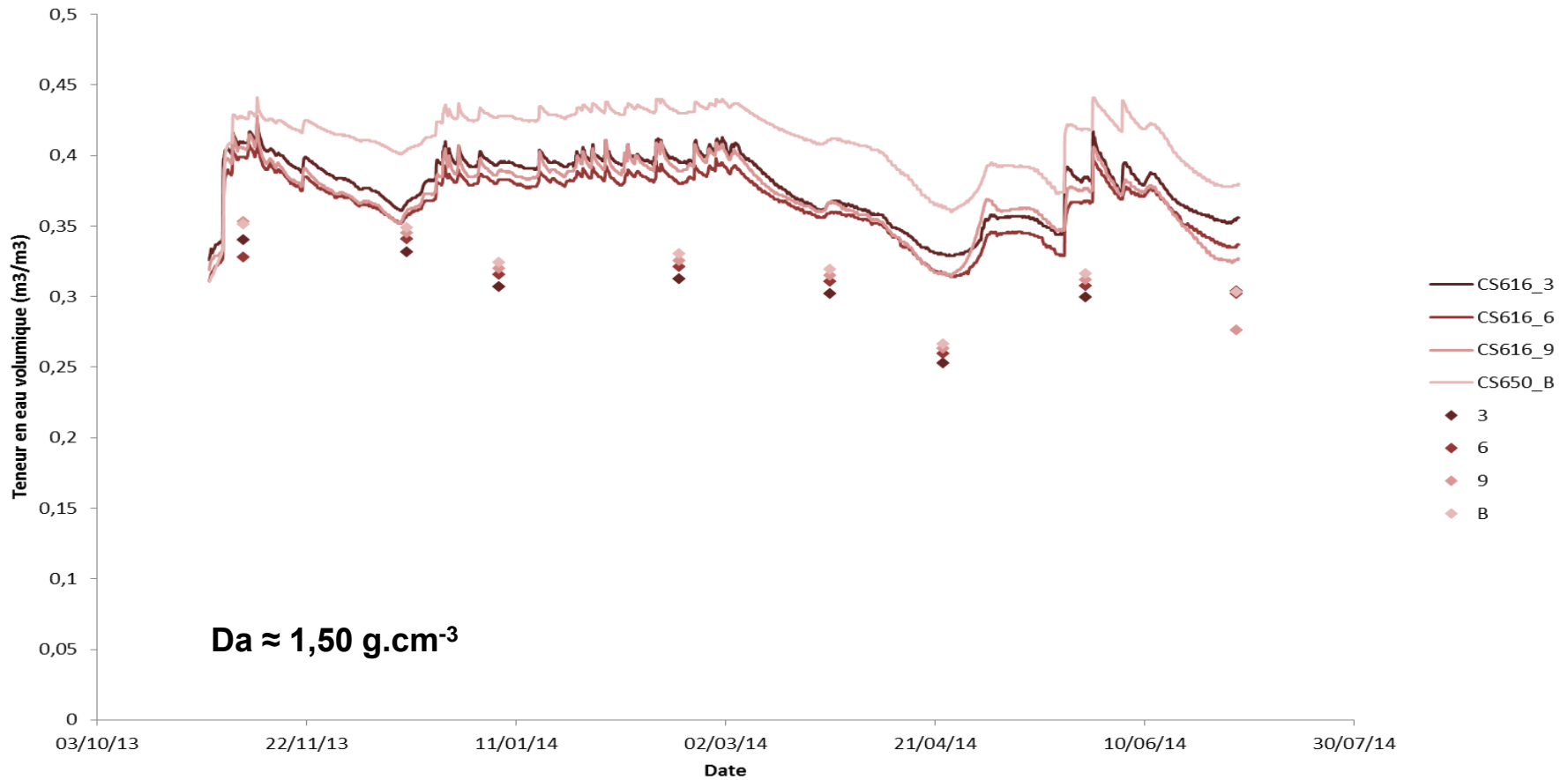
### SUIVI DE LA TENEUR EN EAU VOLUMIQUE A - 10 CM



# Mise en œuvre sur le terrain

## CS650

SUIVI DE LA TENEUR EN EAU VOLUMIQUE A - 35 CM



# Mise en œuvre sur le terrain



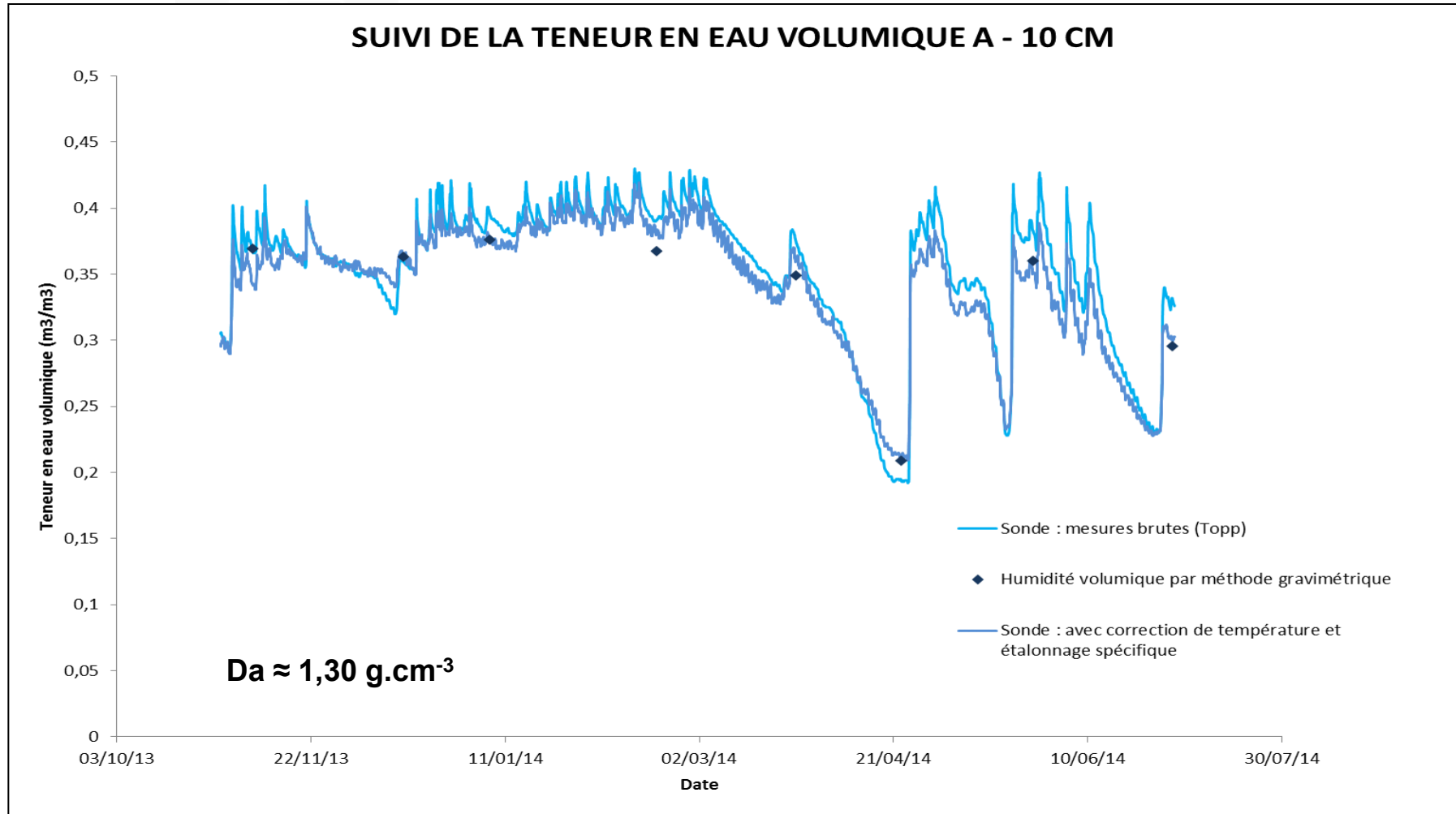
## CS650

Comme pour la CS616, un étalonnage à posteriori (à partir des mesures ponctuelles) est indispensable !!

- Correction de l'effet température pour atténuer les amplitudes dues aux effets de la température
- Ajustement linéaire entre les mesures de teneur en eau par la méthode gravimétrique et les mesures de teneur en eau « constructeur » de la sonde
- Attention à l'effet de la masse volumique du sol : correction d'offset au-delà de  $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$

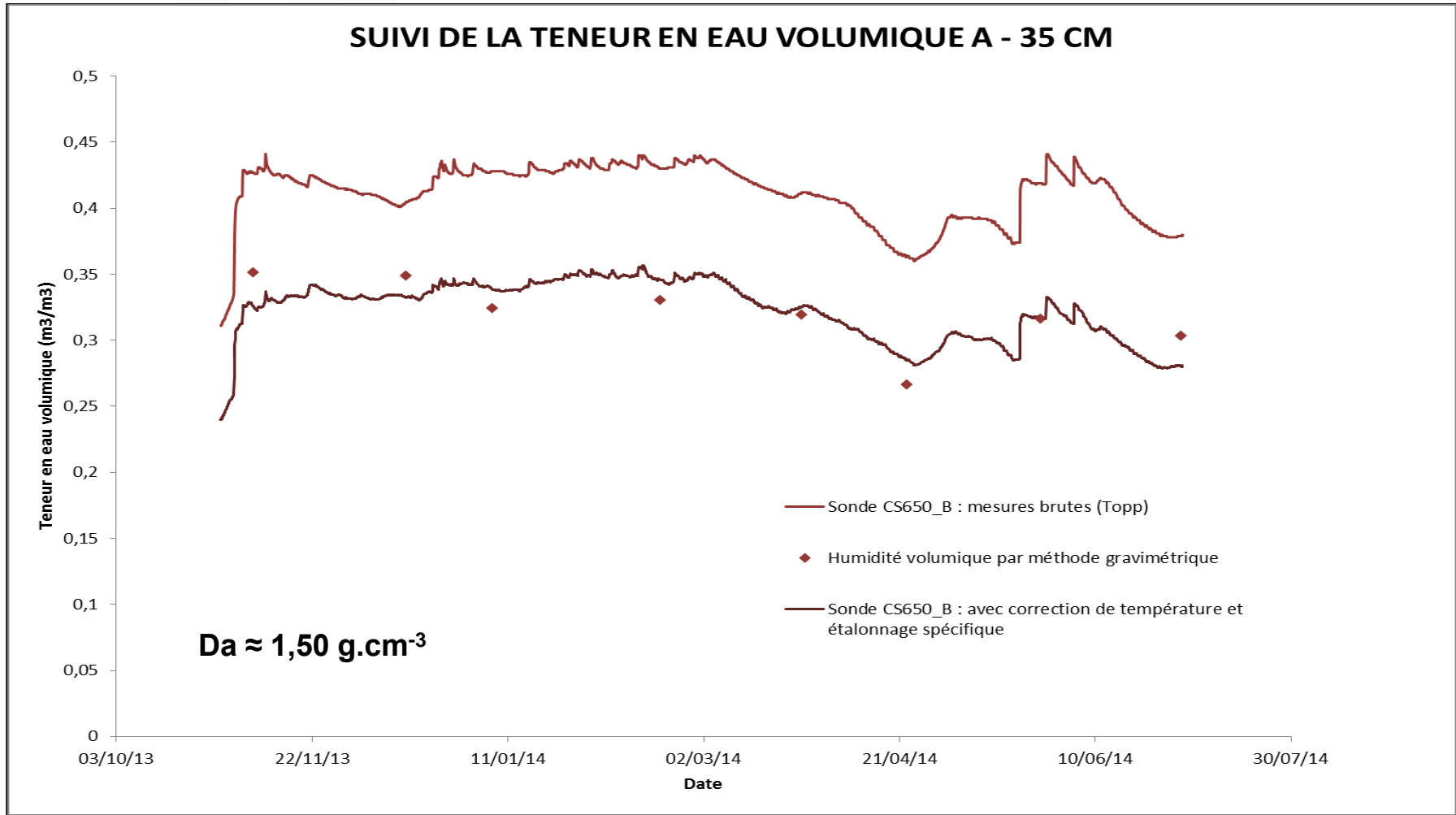
# Mise en œuvre sur le terrain

## CS650



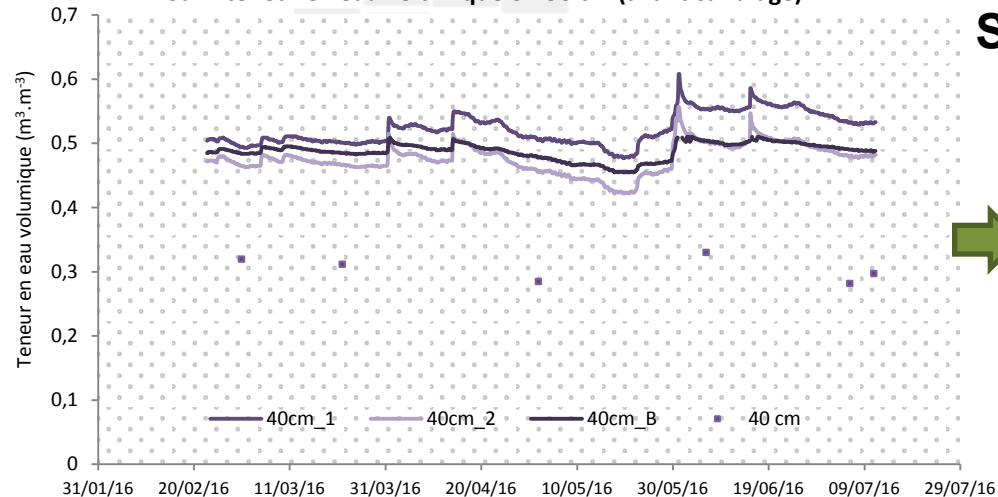
# Mise en œuvre sur le terrain

## CS650



# Mise en œuvre sur le terrain

Suivi teneur en eau volumique 32-50 cm (avant calibrage)

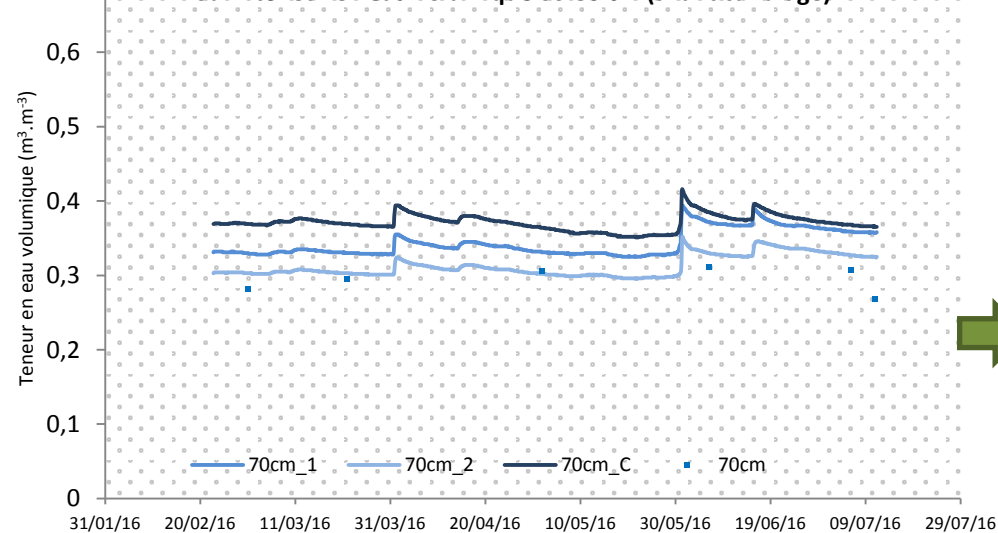


## Site expérimental de Villamblain

$D_a \approx 1,40 \text{ g.cm}^{-3}$   
 $0,5 \text{ dS.m}^{-1} < \sigma < 0,8 \text{ dS.m}^{-1}$   
 $\approx 35 \% \text{ d'argile}$

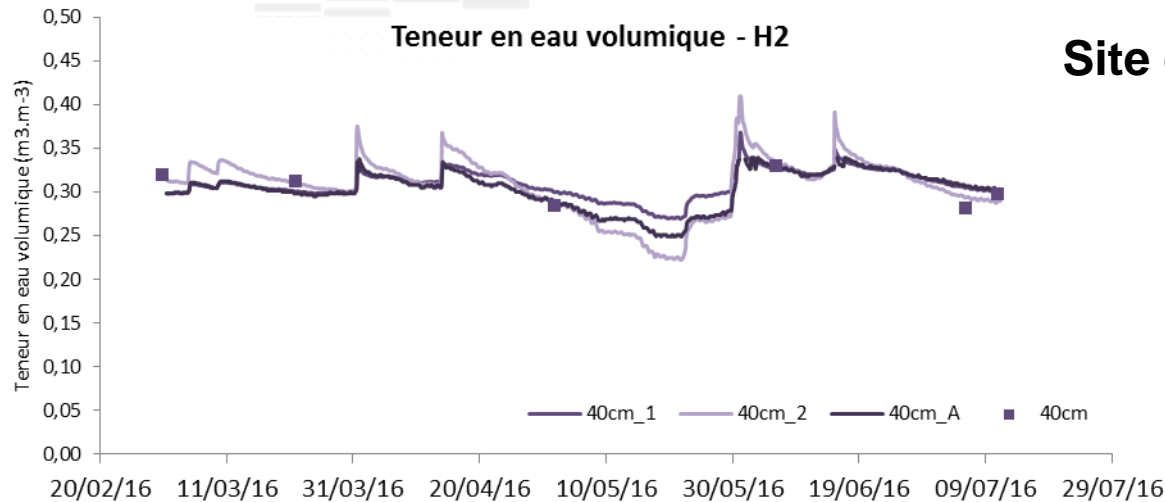
- L'effet de la conductivité électrique semble avoir un effet plus important que la masse volumique sur les sondes : attention dans les sols très argileux !!
- Les chroniques de teneur en eau des CS650  $\approx$  CS616

Suivi teneur en eau volumique 60-80 cm (avant calibrage)



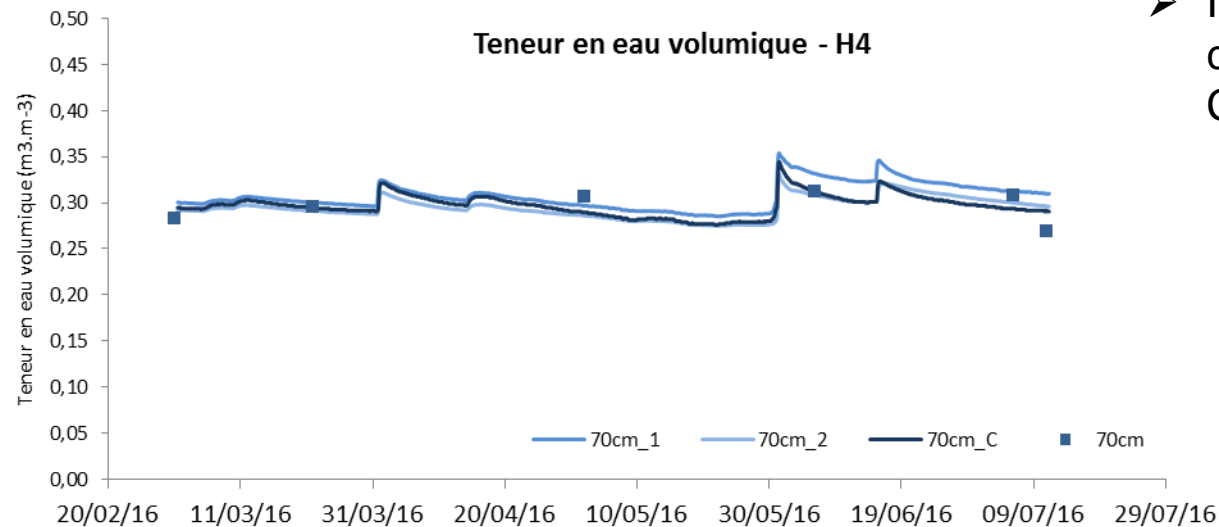
$D_a \approx 1,60 \text{ g.cm}^{-3}$   
 $\sigma < 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$   
 $\approx 30 \% \text{ d'argile}$

# Mise en œuvre sur le terrain



## Site expérimental de Villamblain

- OK après calibrage
- CS616 ≈ CS650
- EMT de  $\pm 0,02 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$  est respectée
- Intérêt de la mesure de conductivité avec les CS650





# Conclusion



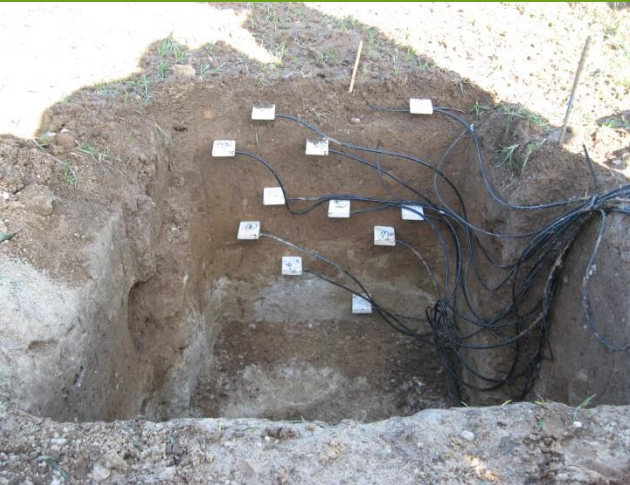
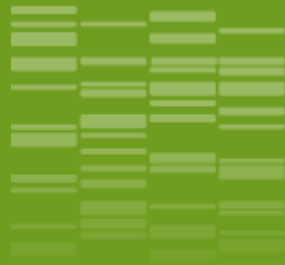
	CS 650	CS616
Prix (/3)	1	2
Performances (/5)	3	3
Mise en œuvre (/3)	3	2
Exploitation (/4)	2	3
Entretien/maintenance (/2)	2	2
Polyvalence (/3)	3	2
<b>Total (/20)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

**Match nul !**

# Conclusion



- Peu de différences sur les performances techniques des 2 sondes  
**attention** : effet densité et effet conductivité !
- Intérêt de la mesure de conductivité sur la CS650
- Pas d'accès à la mesure brute sur la CS650 (≈ boîte noire)
- Pour des installations « légères » (moins d'une dizaine de sondes), les CS650 sont financièrement intéressantes.
- A contrario, privilégier les CS616 (associées à un multiplexeur + des thermistances 107T) pour des sites très instrumentés ⇨ matériel évolutif et polyvalent pour un moindre prix
- **Nécessité d'un étalonnage à partir de mesures gravimétriques pour les 2 sondes**



# Merci de votre attention