

# Application du Géoradar pour le diagnostic des problèmes de drainage et variabilité spatiale

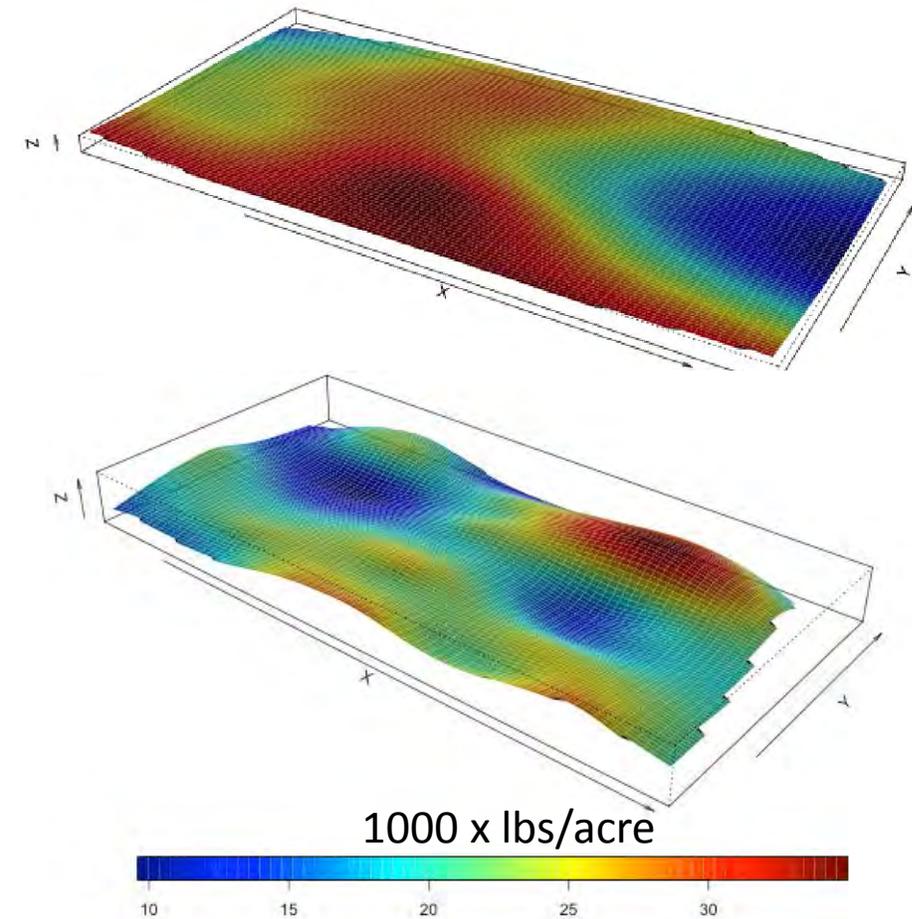
SILVIO J. GUMIERE, AWA MBODJ, JONATHAN LAFOND

[silvio-jose.gumiere@fsaa.ulaval.ca](mailto:silvio-jose.gumiere@fsaa.ulaval.ca)

Université Laval

# Variation des rendements, pourquoi?

On aimerait avoir tout rouge!



Une fonction complexe qui dépend de :

- Propriétés du sol
- Drainage et irrigation
- Évolution du sol
- Variabilité de la nappe
- Pureté génétique, fertilisation, etc.



# Caractérisation de la variabilité spatiale

Special Issue: Irrigated Agriculture

Research Paper

## Mapping soil hydraulic conductivity and matric potential for water management of cranberry: Characterisation and spatial interpolation methods

Silvio J. Gumiere\*, Jonathan A. Lafond, Dennis W. Hallema, Yann Périard, Jean Caron, Jacques Gallichand

Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, 2480 boulevard Hochelaga, Quebec City, QC G1V 0A6, Canada

Special Section: Organic Materials Used in Agriculture, Horticulture, Reconstructed Soils, and Filtering Applications



Maps of soil water availability for plants are a tool for precision irrigation management, allowing the growers to save water and apply an accurate amount of water in appropriate areas.

## Spatial Distribution Patterns of Soil Water Availability as a Tool for Precision Irrigation Management in Histosols: Characterization and Spatial Interpolation

Jonathan A. Lafond\*, Silvio J. Gumiere, Dennis W. Hallema, Yann Périard, Sylvain Jutras, and Jean Caron

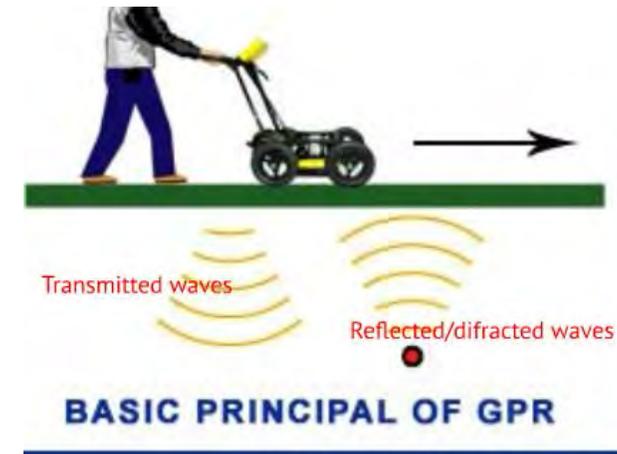
Lettuce (*Lactuca sativa* L.) production in organic soils is important in Quebec, Canada. Lettuce is highly sensitive to tip burn, a physiological disorder that can lead to significant yield losses. Tip burn losses have been linked to various factors, such as root water uptake deficits. A precision irrigation approach using local applications of water based on lettuce requirements and soil water available capacity (SWAC) reduces the occurrence of tip burn but may need mapped spatial information of SWAC for proper irrigation management. The objectives of this study were (i) to determine a rapid, efficient, and reliable method for interpolating SWAC and (ii) to use this interpolation method in precision irrigation simulations in management zones to demonstrate the importance of using SWAC maps. The methods for SWAC interpolation used in this study were inverse distance weighting (IDW), thin plate splines (TPS) and kriging with external drift (KED). The simulation used a calculation procedure for mass balance that contained SWAC maps, evapotranspiration (ET) and precipitation. A comparison of each interpolation method and multiple statistical criteria revealed that IDW and KED were the most precise methods, depending on the study site. Simulations of precision irrigation showed that in many cases, local irrigation management in seven to eight zones must account for the spatial distribution of SWAC to attain an 80% irrigation adequacy for lettuce. Hence, using SWAC maps as a tool for managing irrigation would allow growers to save water and to apply an accurate amount of water in appropriate areas.

Vadose Zone Journal | Advancing Critical Zone Science

2000 à 2500 points d'échantillonnage

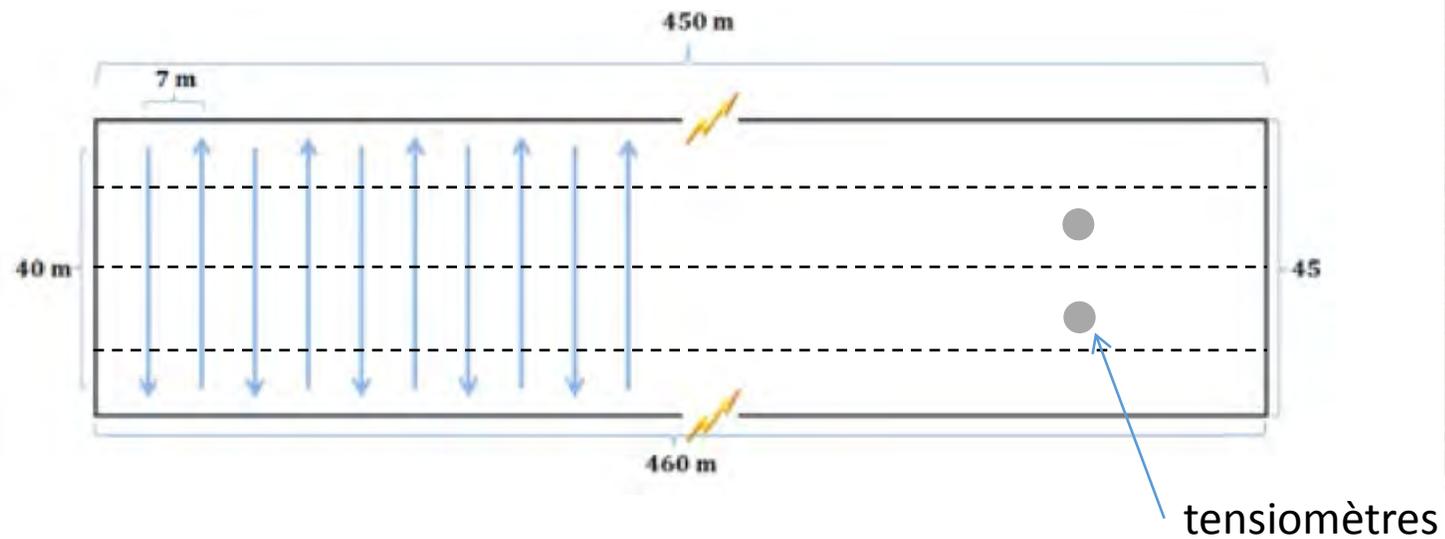
# Géoradar, une alternative!

- Non destructive, en hiver
- Basée sur l'interaction de l'onde électromagnétique et de la matière
- Caractérisation souterraine : stratigraphie, topographie et hydrogéologie
- Localisation des objets et discontinuités



# Méthodologie : identification drainage

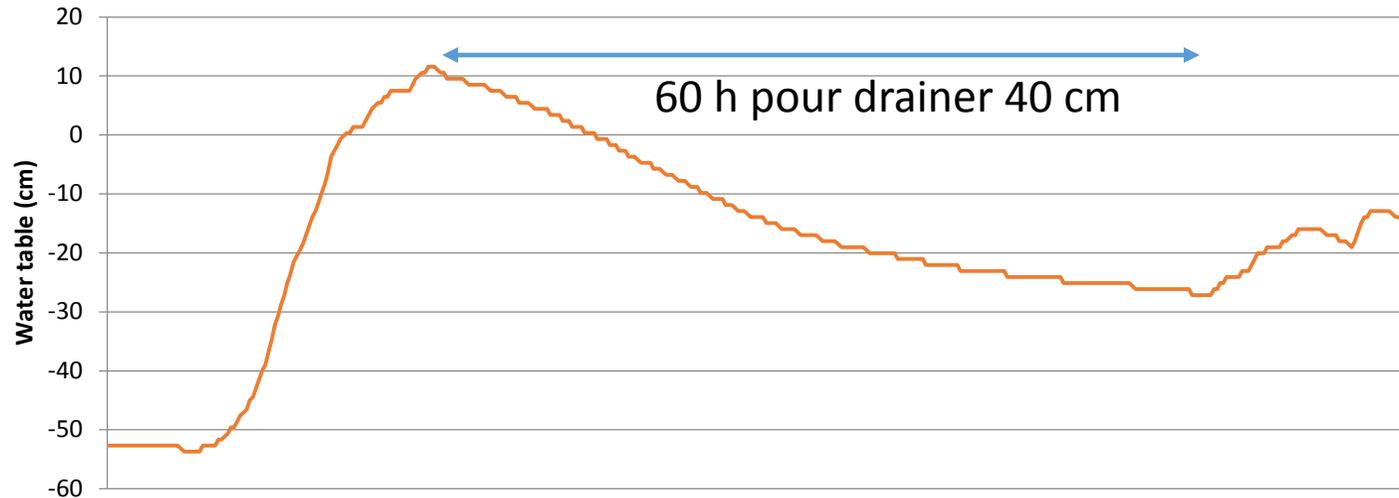
- Vitesse de drainage après 6h irrigation (24 mm)



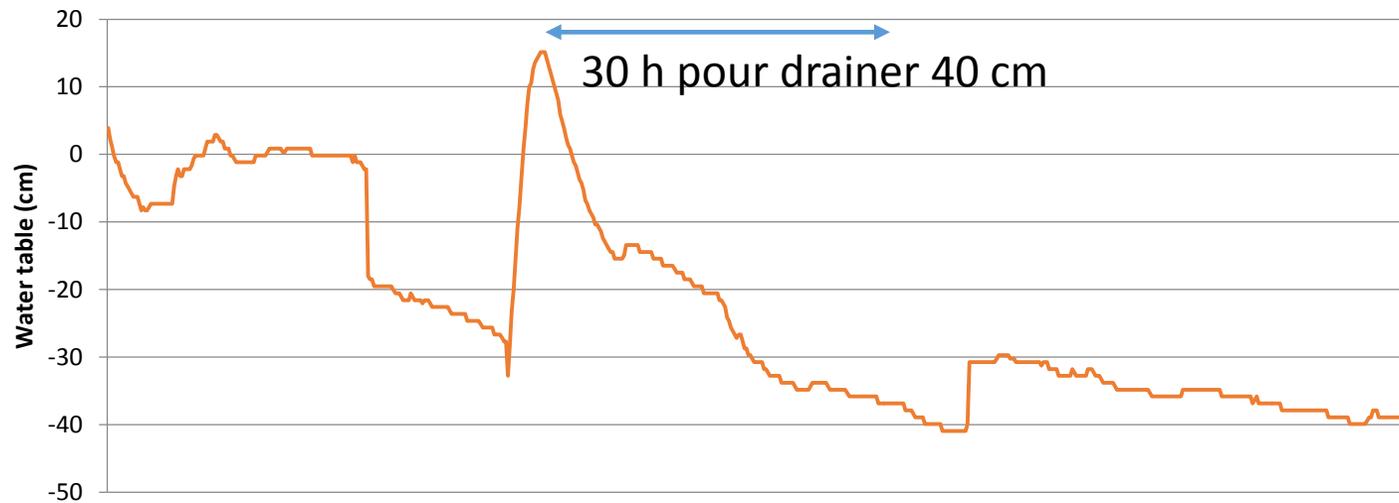
# Évolution de la profondeur de la nappe après 6h d'irrigation

La norme:

40 cm en  
24 à 48 hres

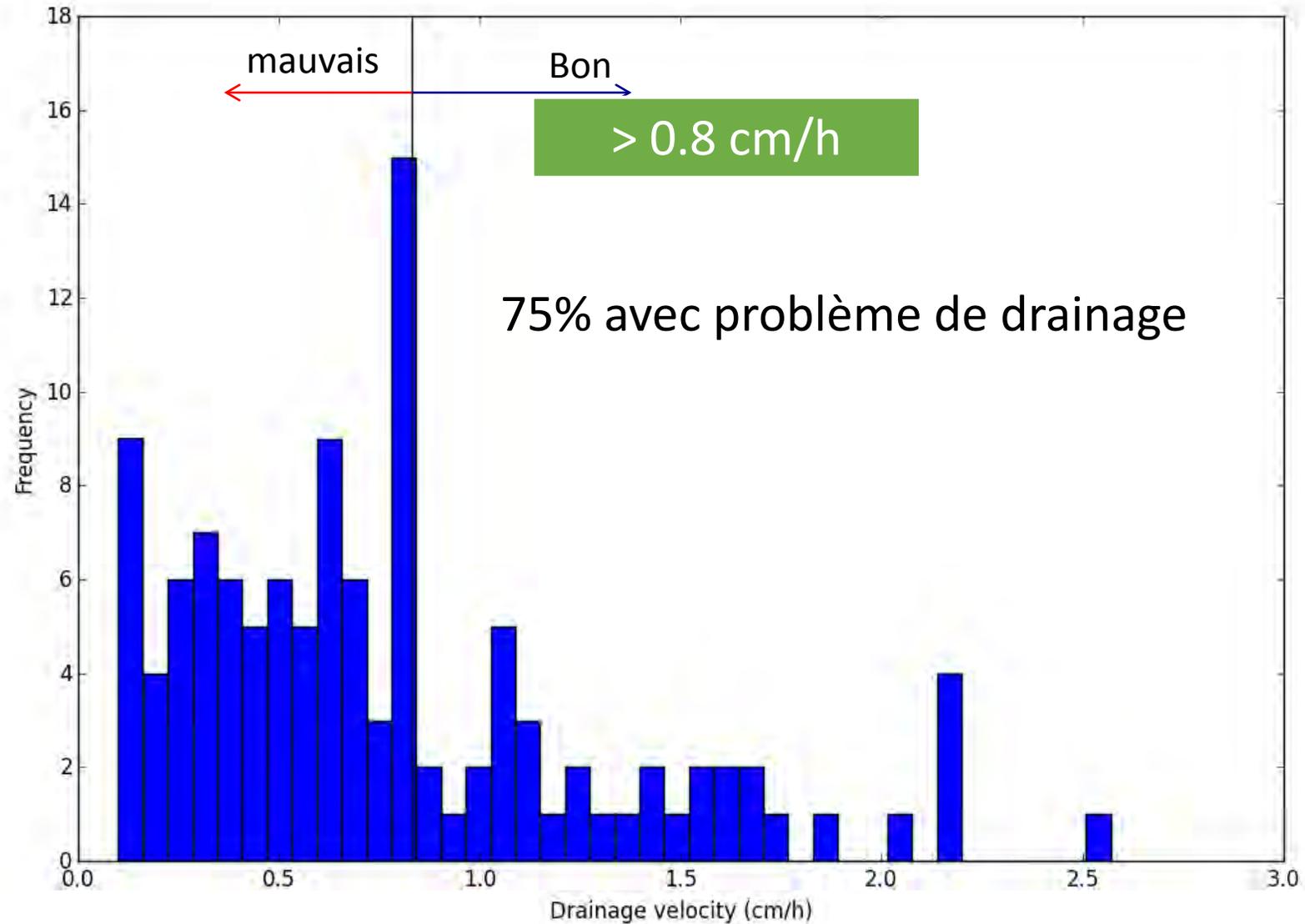


Mauvais drainage



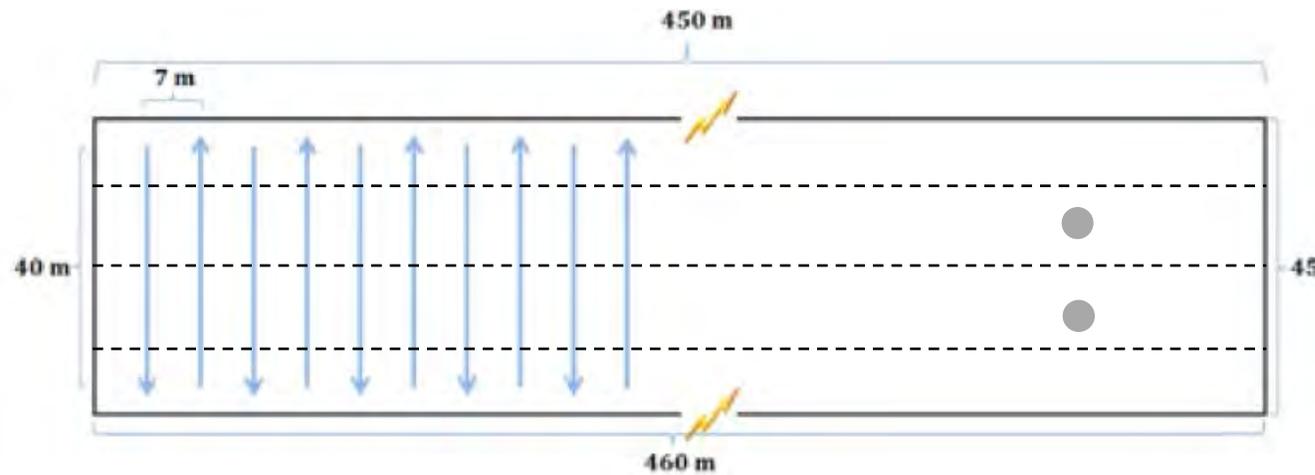
Bon drainage

## Dans 40 champs, 2013-2014



# Méthodologie : Géoradar

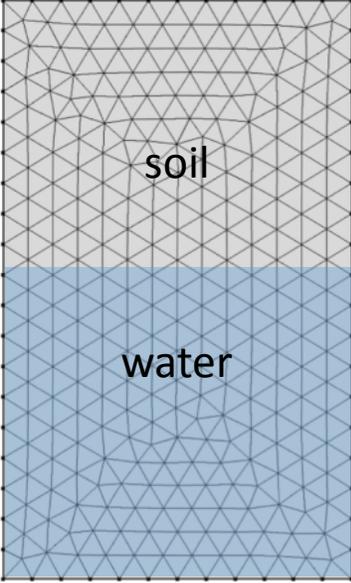
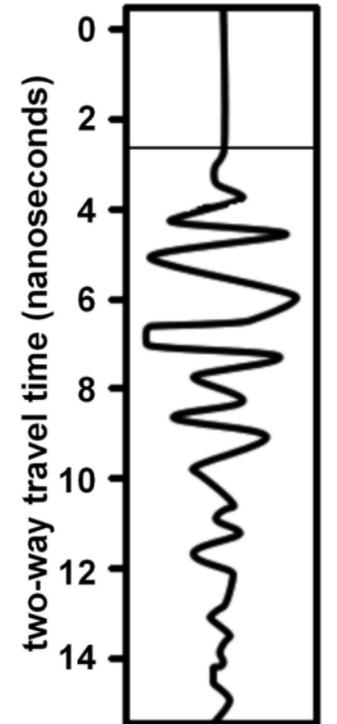
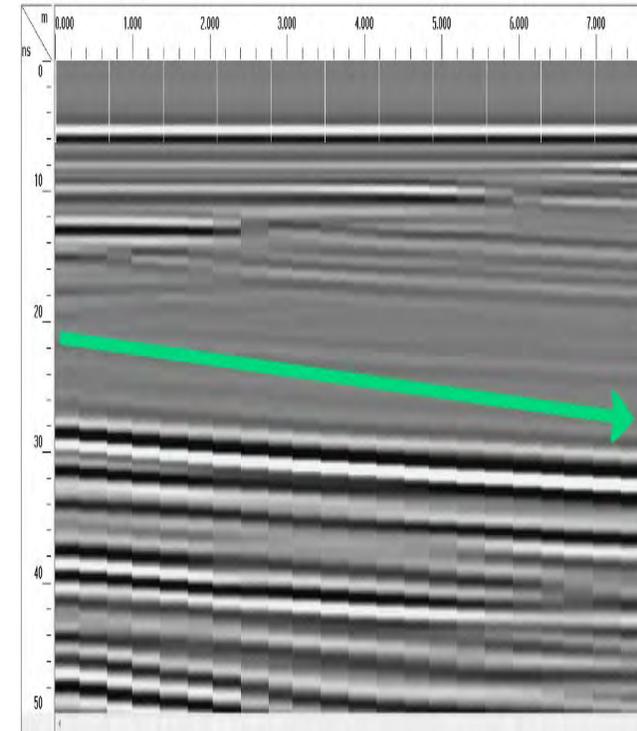
- Vitesse de drainage après 6h d'irrigation
- Terrain en hiver et en été
- Échantillonnage de cylindres de sol



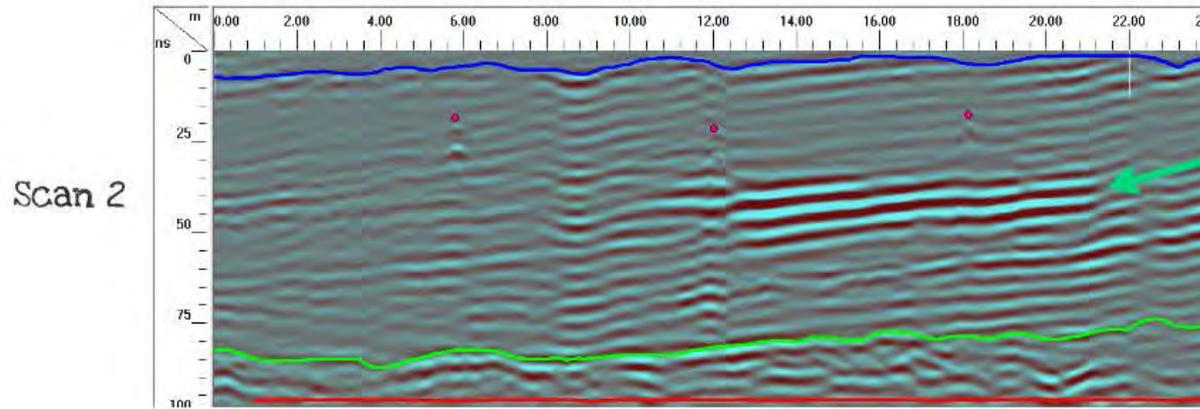
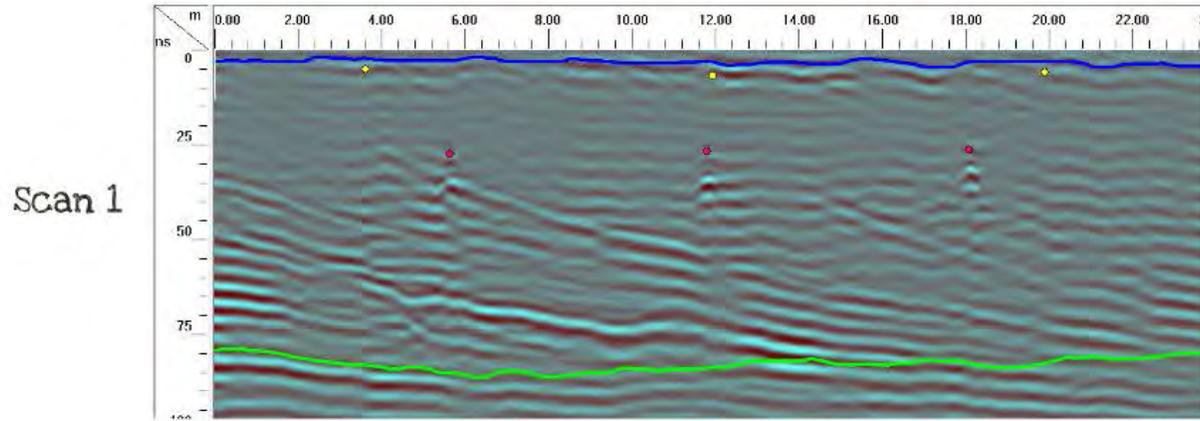
# Calibration et validation dans les conditions contrôlées



Équations de Maxwell  
(FEM)


$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\end{aligned}$$
$$\begin{cases} \bar{\mathbf{J}} = \sigma \cdot \bar{\mathbf{E}} \\ \bar{\mathbf{D}} = \epsilon \cdot \bar{\mathbf{E}} \\ \bar{\mathbf{B}} = \mu \cdot \mathbf{H} \end{cases}$$


# Résultats : identification d'objets et des horizons de sol

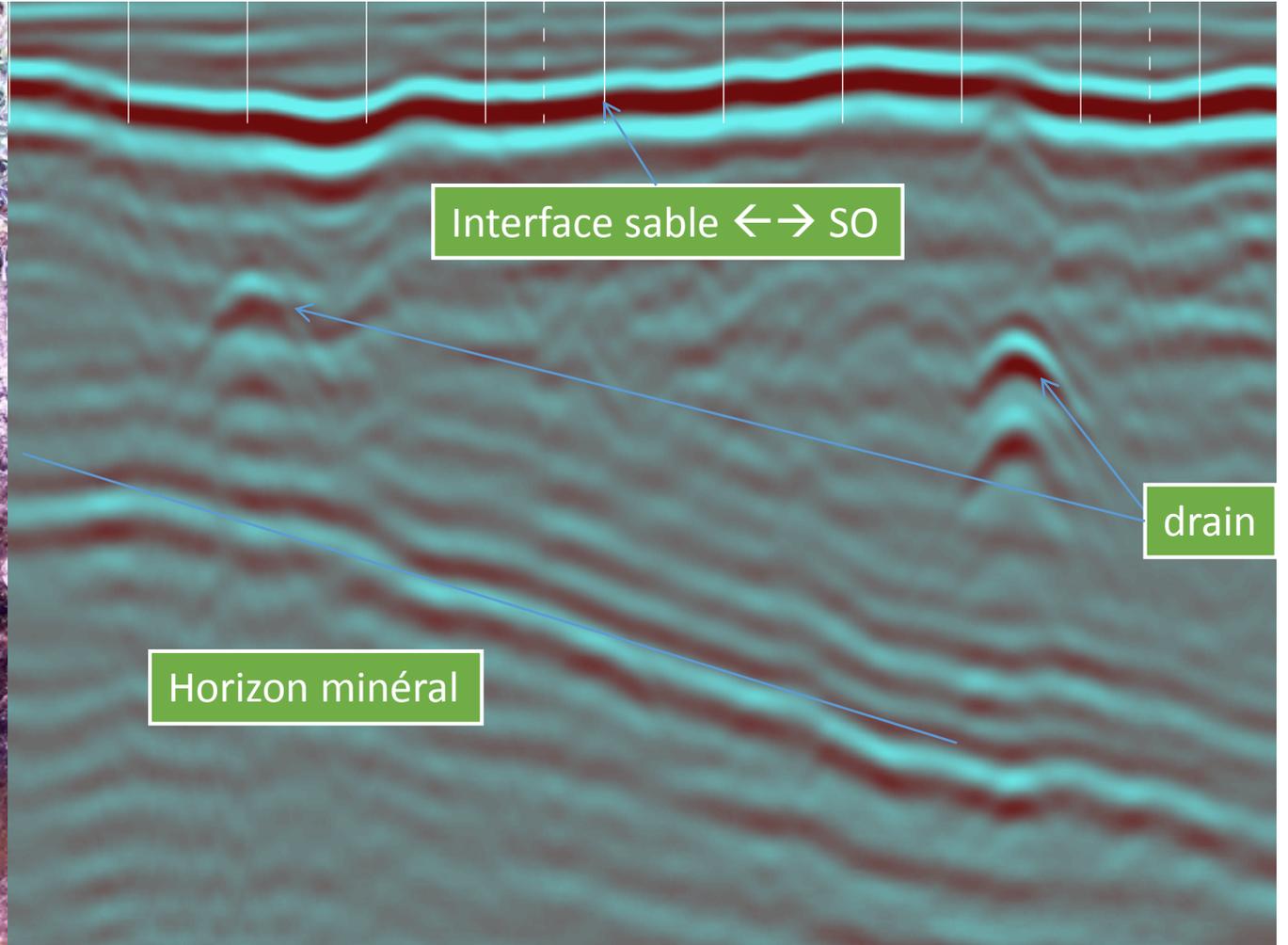


- Groundwater level
- Original material
- Level where the noise takes over the signal
- Presence of a drain
- Presence of an irrigation conduit

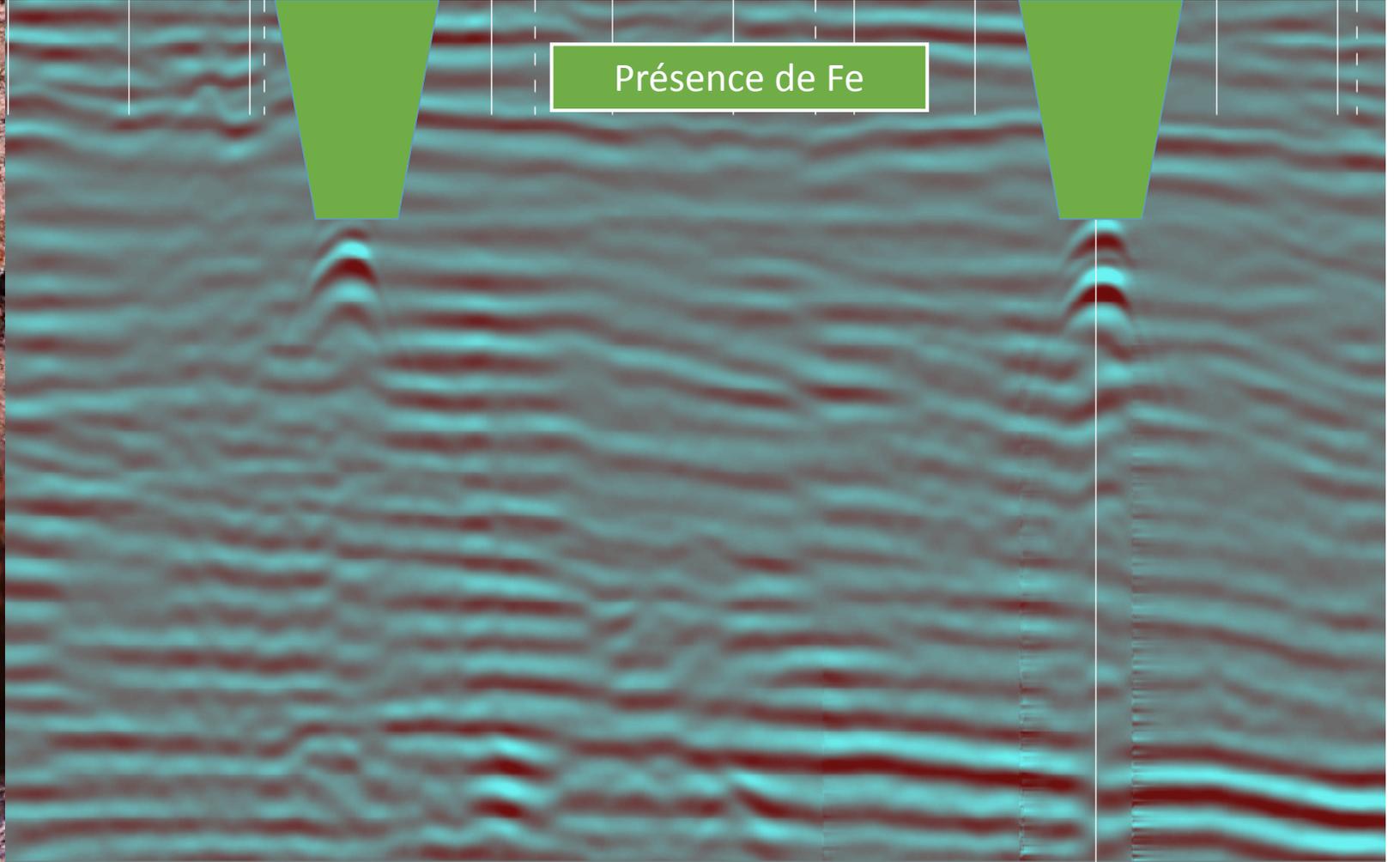


- Argillaceous deposit or
- Ferrous concretion

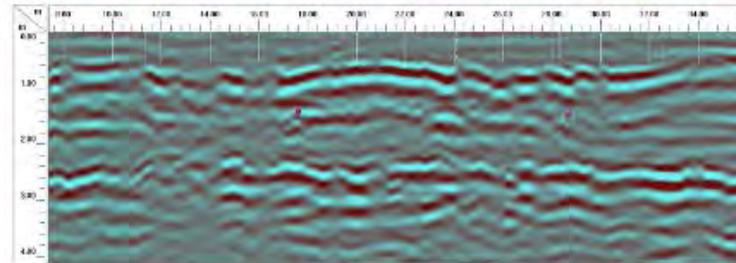
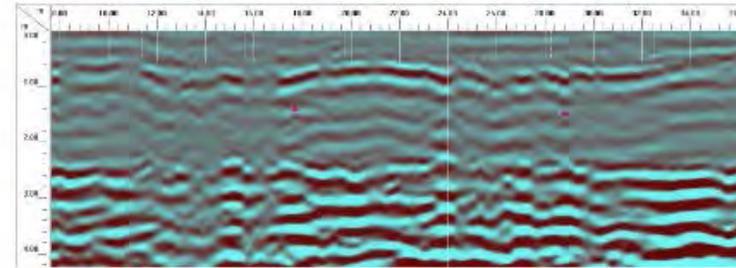
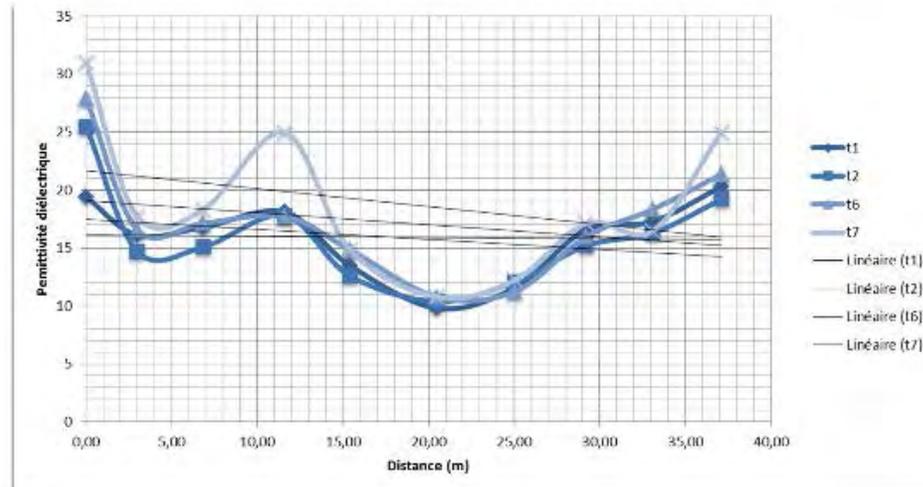
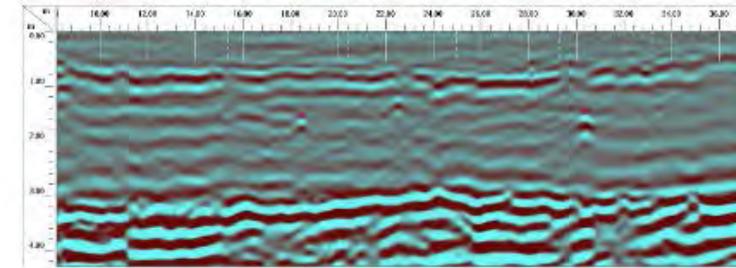
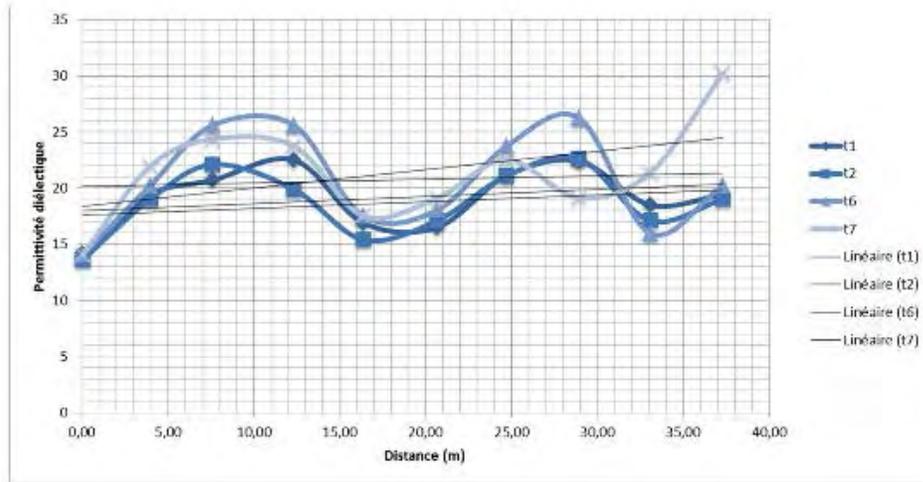
# Résultats : identification d'objets et des horizons de sol



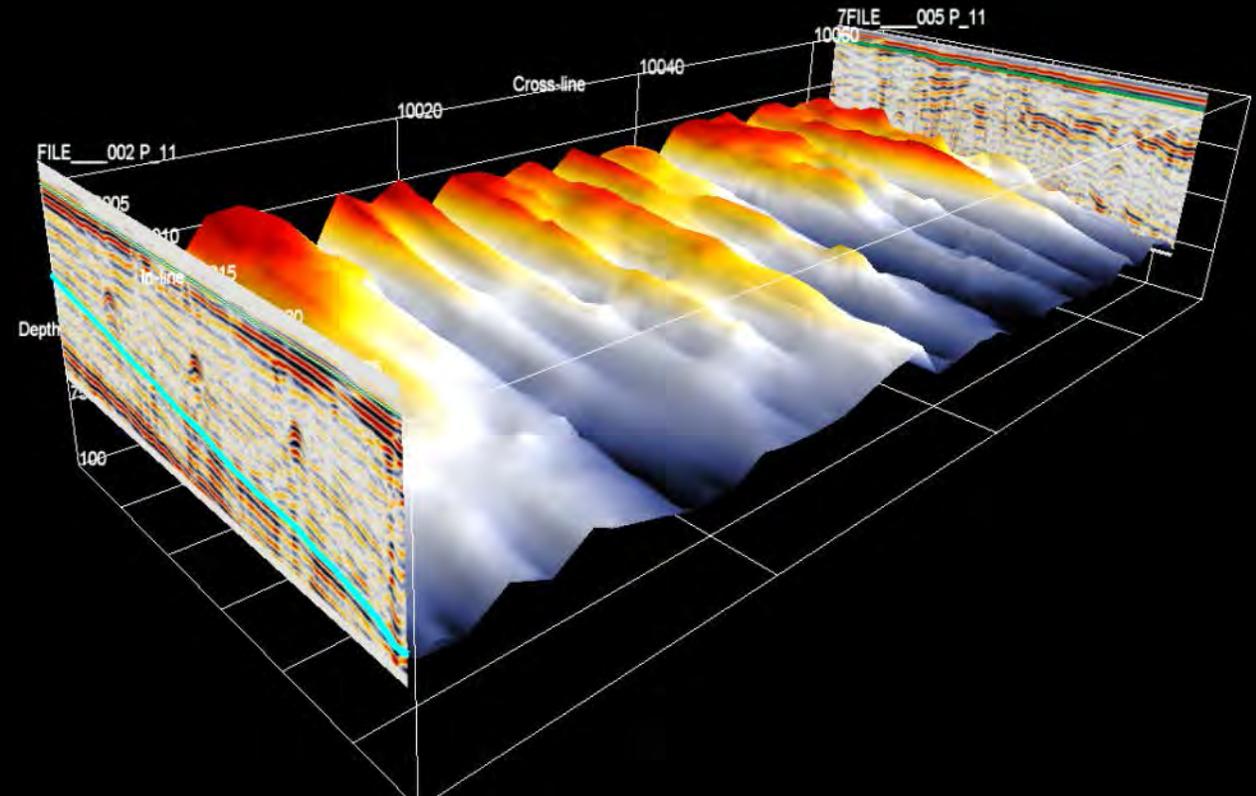
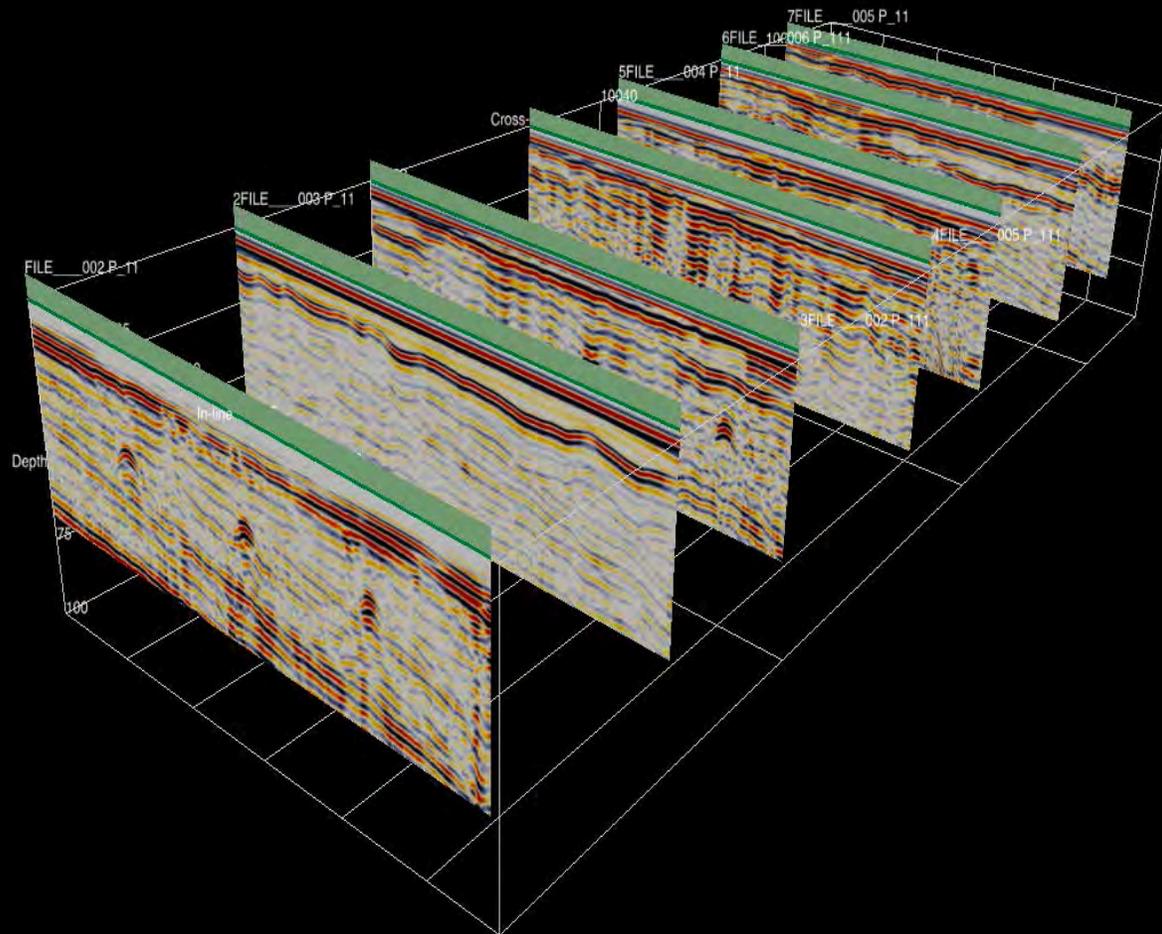
# Résultats : identification d'objets et des horizons de sol



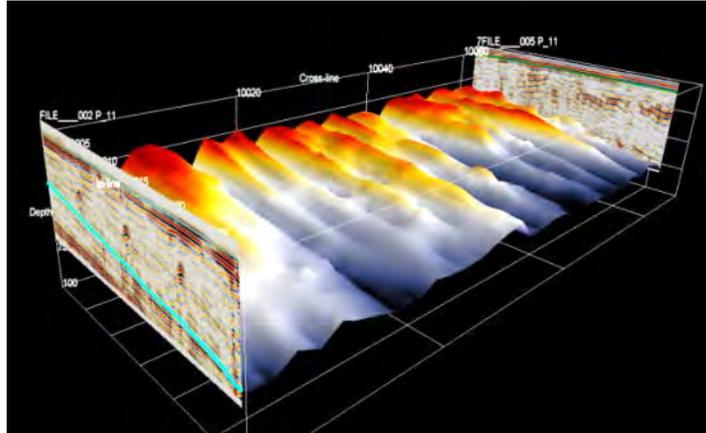
# Résultats : Évolution temporelle de la nappe



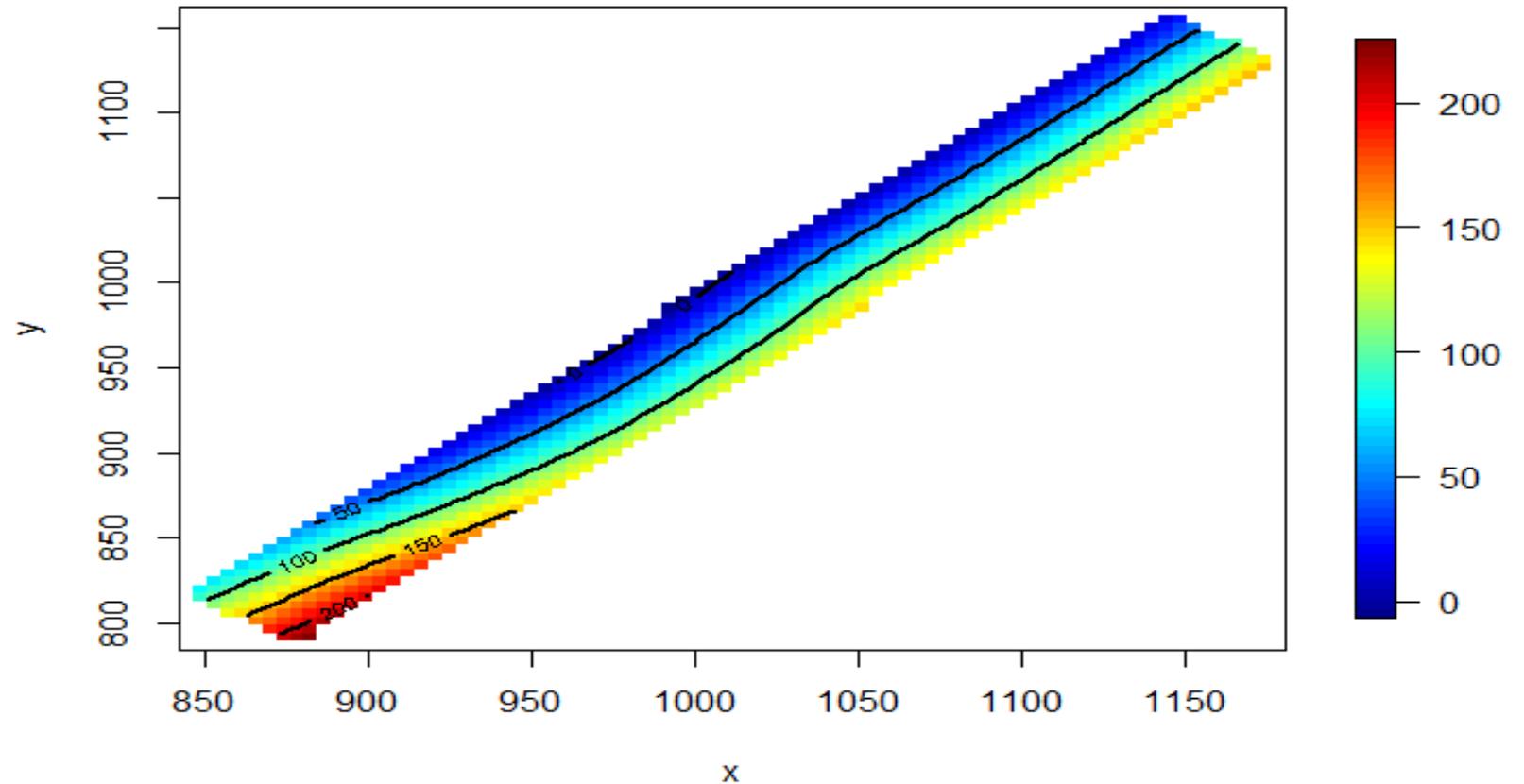
# Résultats : surfaces 3D des horizons



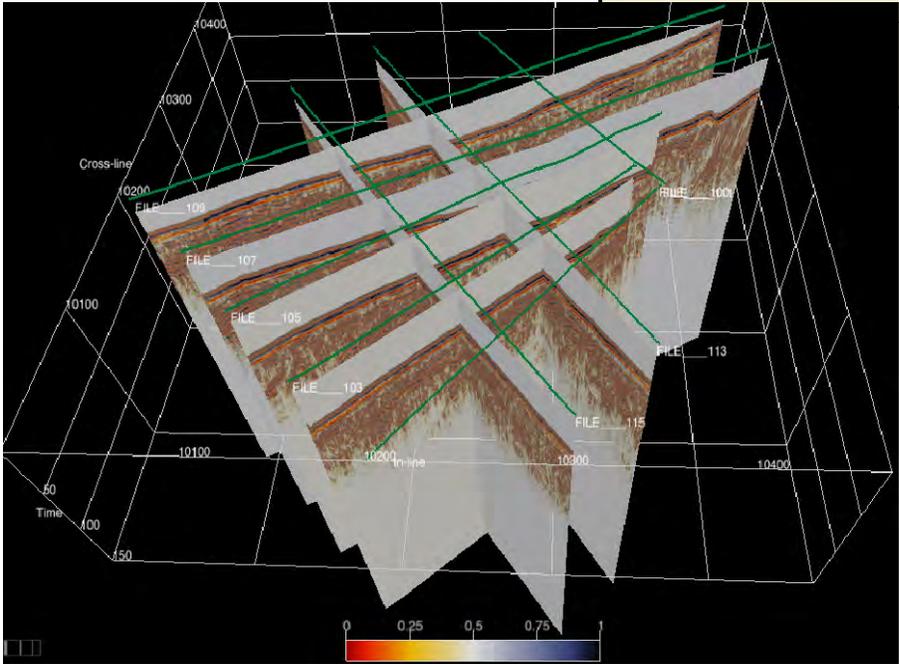
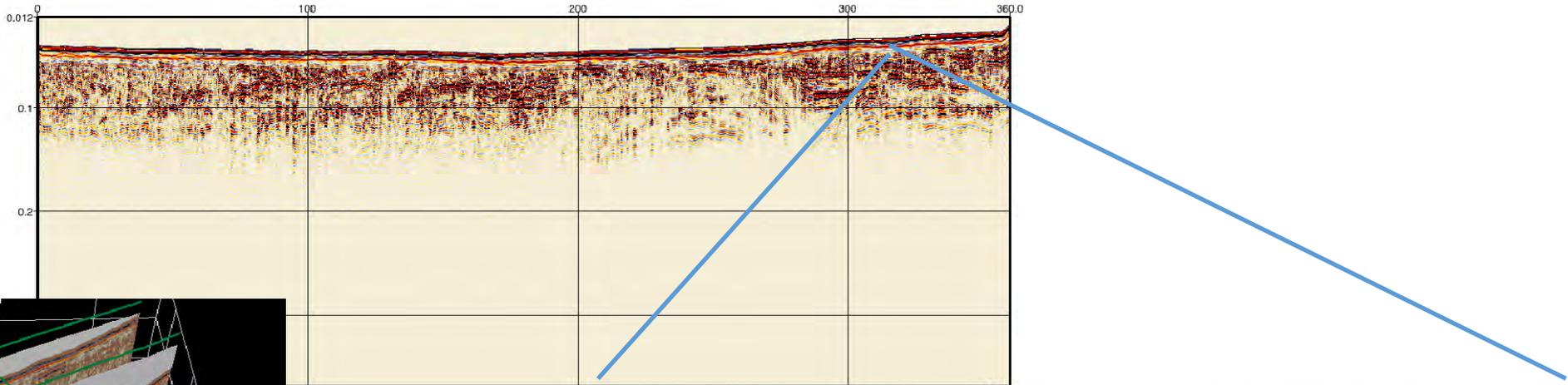
# Résultats : Lien avec les propriétés hydrodynamiques du sol



Conductivité hydraulique à Saturation (cm/jour)



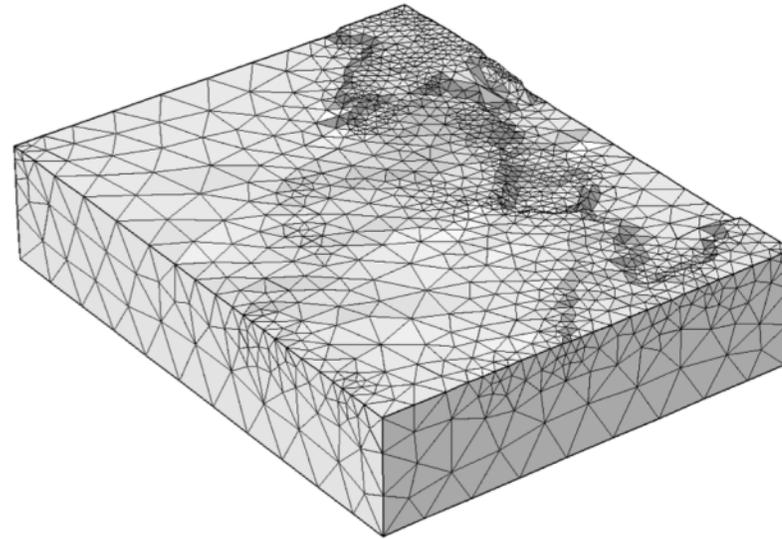
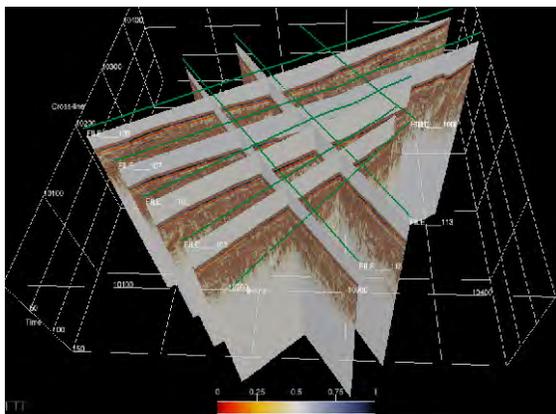
# Résultats : Identification de la compaction du sol



# Aide à la modélisation hydrologique pour la gestion de l'eau de la ferme



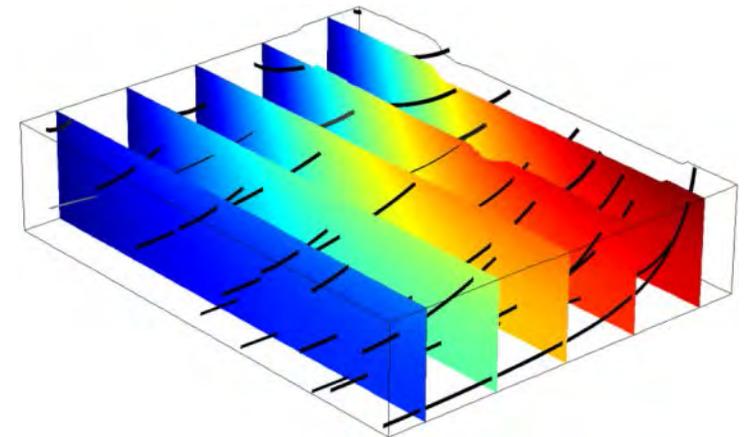
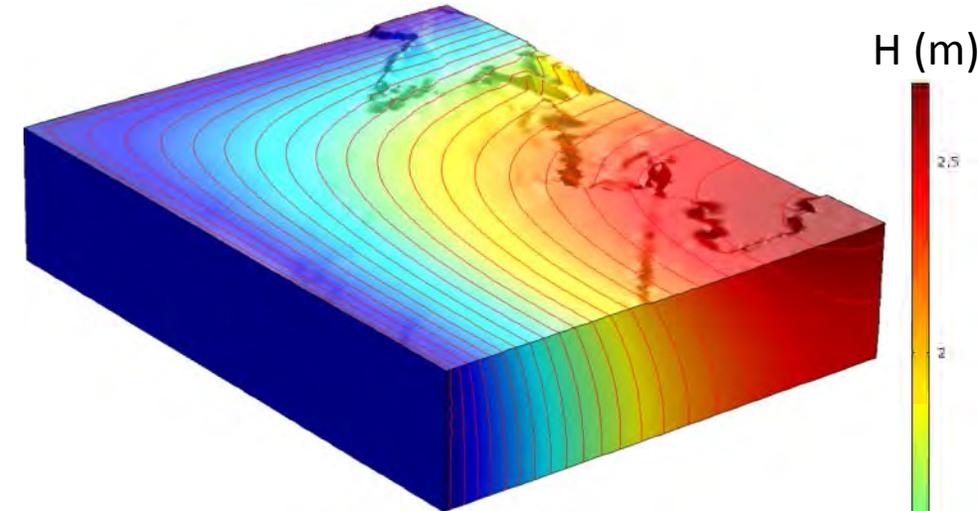
GPS grid  
+  
GPR layer



CATHY model (Camporese *et al.*, 2010)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c_k \frac{\partial Q}{\partial s} = D_h \frac{\partial^2 Q}{\partial s^2} + C_k q_s$$

$$S_w S_s \frac{\partial \psi}{\partial t} + \phi \frac{\partial S_w}{\partial t} = \nabla \cdot [K_s K_r(\psi) (\nabla \psi + \eta_z)] + q_{ss}$$



# Conclusion

- Problèmes de drainage variés à l'origine des pertes de rendement.
- Même si on homogénéise, les champs présentent des horizons de sol différents.
- Le Géoradar peut être utilisé pour caractériser ces horizons et leurs propriétés.
- Le Géoradar sera utilisé pour alimenter des modèles hydrologiques à l'échelle de la ferme.

# Projet RDC-Gestion de l'eau dans la canneberge

Mettre au point une méthode de **gestion intégrée** de l'**eau** à l'échelle de la **ferme**, basée sur des mesures en temps **réel** et **prévisionnelles**.

- Recommandation des besoins en eau en temps réel
- Recommandation de niveau de nappe à maintenir en subirrigation



## **Au total : environ 40 personnes formées**

- Gestion de l'eau et agriculture de précision
- Production horticole à haute valeur commerciale et valeurs nutraceutiques reconnues
- Développement durable et technologies vertes

Préservation de la qualité de l'environnement  
Rationalisation de l'utilisation de l'eau  
Conservation des ressources (eau, sol)

# Partenaires

- Entreprise de gestion de précision de l'irrigation (équipements de diagnostic et de contrôle)
  - **Hortau**
- Producteurs de canneberge
  - **Canneberges Bieler**
  - **Transport Gaston Nadeau**
  - **Ferme Daniel Coutu**
  - **Atocas Blandford**
  - **Pampev**



# Retombées

- Projet d'environ **3 M\$**
- Plus de **40** personnes hautement qualifiées
- **Logiciel** pour la gestion intégrée de l'eau à l'échelle de la ferme
- Retombées **économiques** et **environnementales** pour l'industrie canadienne de la canneberge
- Retombées en **innovation technologique** pour le **Canada**
- Connaissance développée transposable à d'**autres cultures**
- Diffusion des résultats à l'**international** – rayonnement du **savoir-faire canadien**

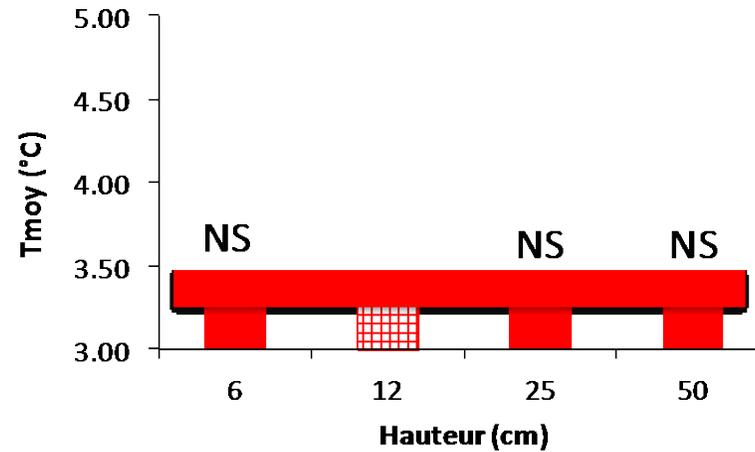
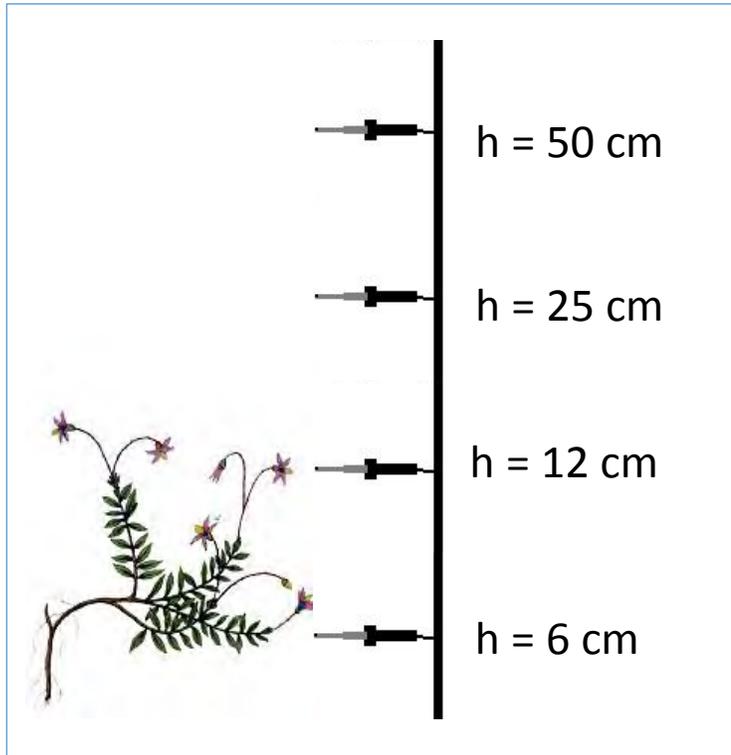
# Contrôle du gel par irrigation

- Grand potentiel de perte dans les périodes clés
- Printemps et automne
- Deux types de gel : advectif et radiatif
- Basé sur l'énergie latente de fusion de la glace
- Installation de sondes de température pour le contrôle



# Position de la sonde ?

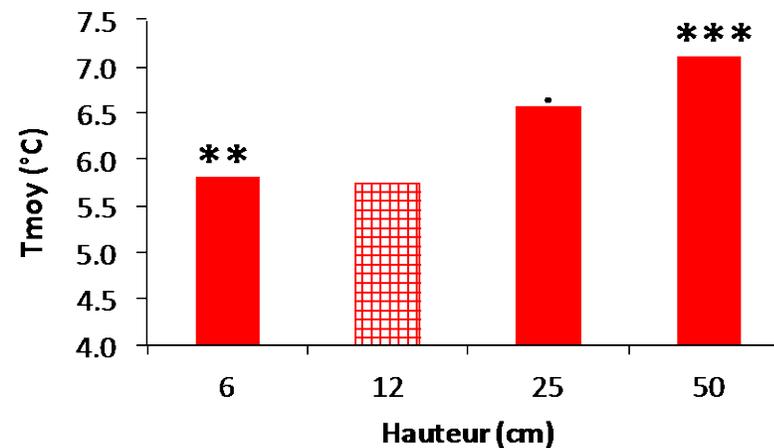
## Analyse sur 5 nuits venteuses (vent > 8 km/h)



### Codes

“ NS ” : Non significatif  
“ . ” :  $p < 0.1$   
“ \* ” :  $p < 0.05$   
“ \*\* ” :  $p < 0.01$   
“ \*\*\* ” :  $p < 0.001$

## Analyse sur 6 nuits peu venteuses (vent < 8 km/h)

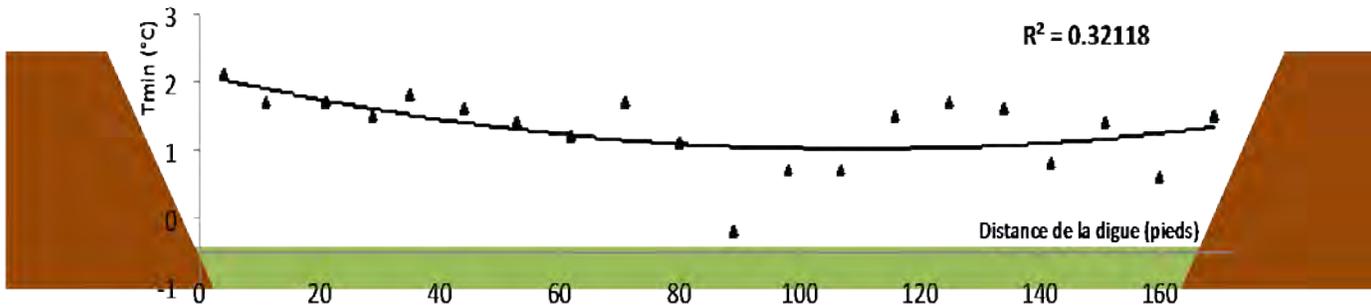


### Codes

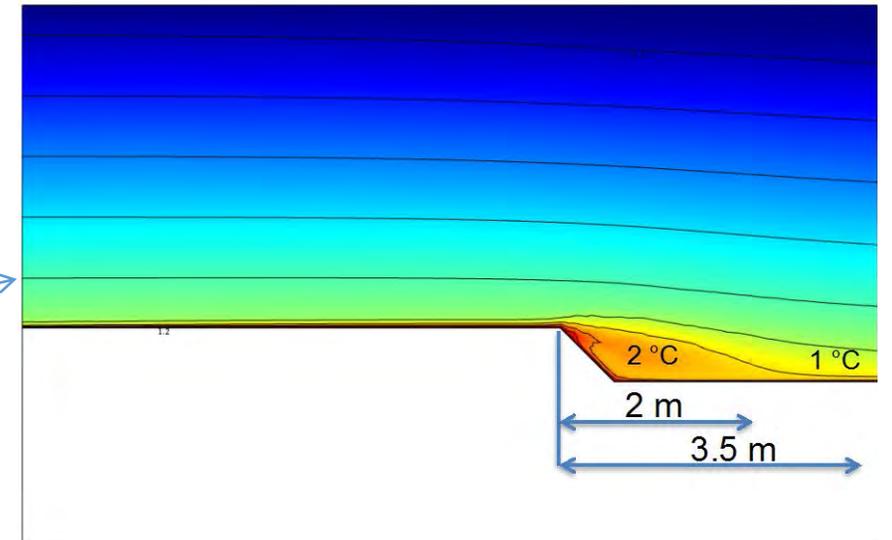
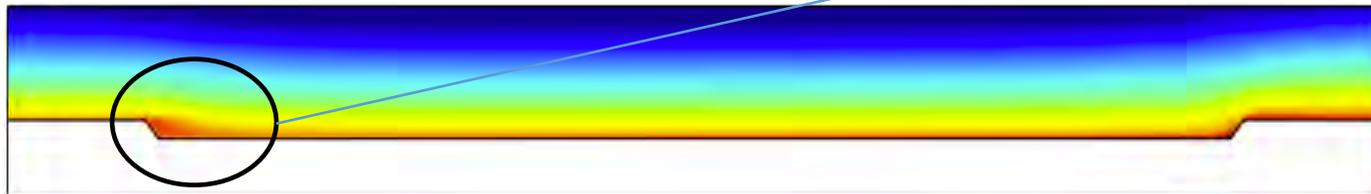
“ NS ” : Non Significatif  
“ . ” :  $p < 0.1$   
“ \* ” :  $p < 0.05$   
“ \*\* ” :  $p < 0.01$   
“ \*\*\* ” :  $p < 0.001$

# Position de la sonde ?

Température minimale pendant une nuit peu venteuse



Simulation à  $V=8$



# Remerciements

