



**HAL**  
open science

## Etat de l'art des capteurs et technologies numériques pour caractériser les sols cultivés

Guillaume Coulouma, Maud Seger

### ► To cite this version:

Guillaume Coulouma, Maud Seger. Etat de l'art des capteurs et technologies numériques pour caractériser les sols cultivés. Séminaire AGROTIC "Caractériser les sols agricoles: le point sur les technologies numériques", Dec 2017, Bordeaux, France. hal-02791156

**HAL Id: hal-02791156**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02791156v1>**

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.

# Etat de l'art des capteurs et technologies numériques pour caractériser les sols cultivés

Guillaume Coulouma *INRA, UMR LISAH*, Montpellier, France



LISAH

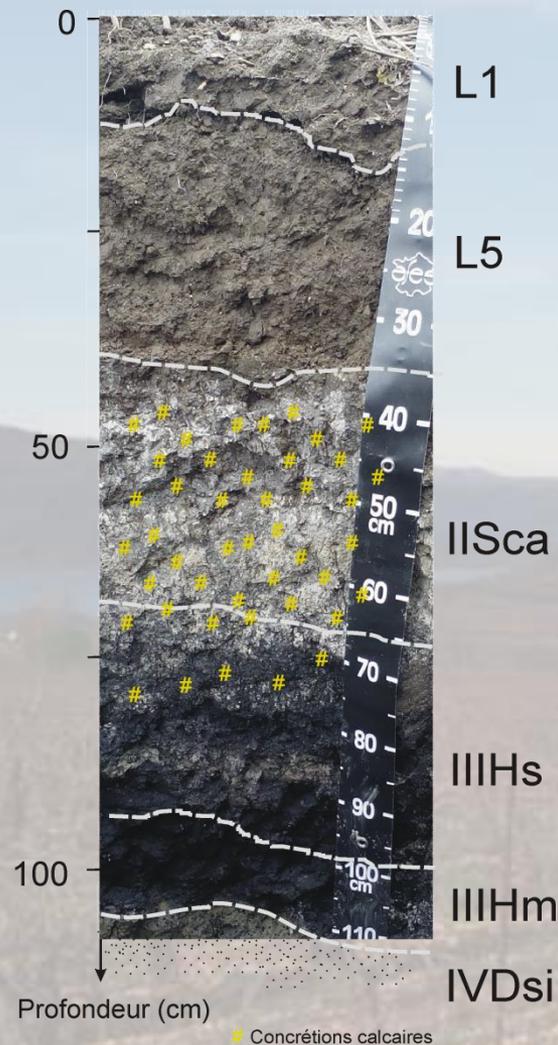
Maud Seger *INRA, UR SOL*, Orléans, France



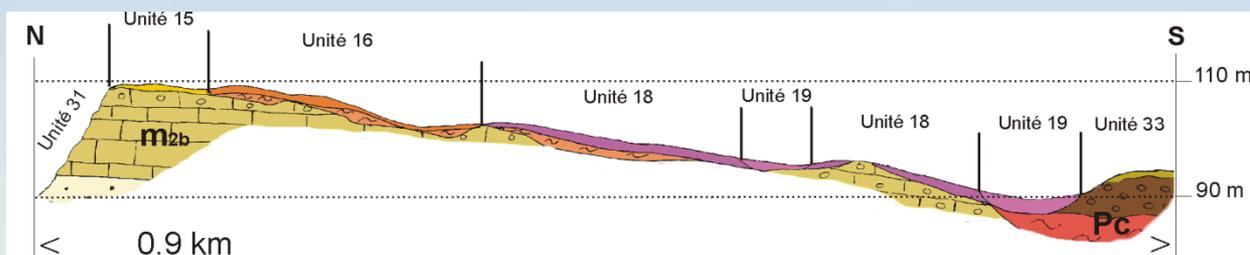
Séminaire AGROTIC 5 décembre 2017



## ■ Verticalement



## ■ Latéralement

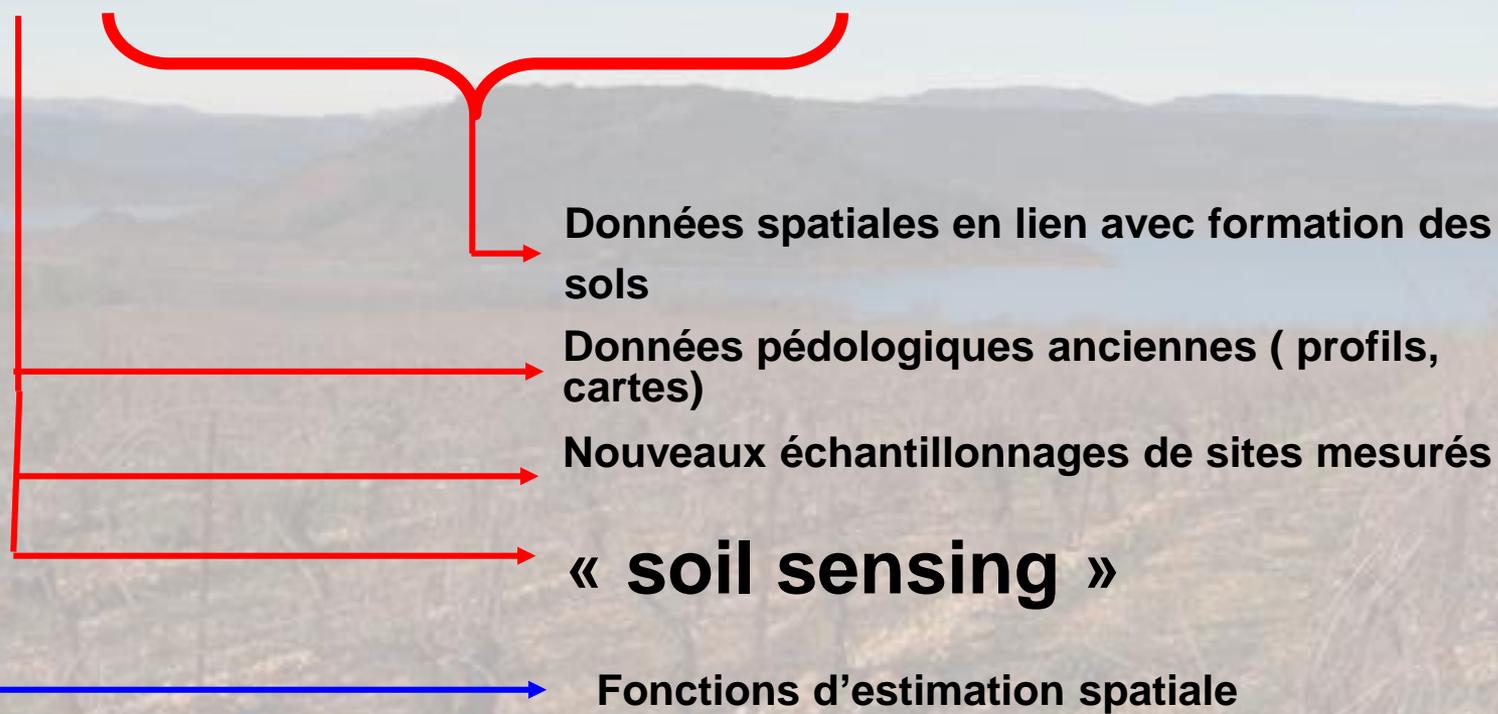


## ■ Temporellement pour certaines propriétés

# LISAH Comment traduire cette variabilité ?

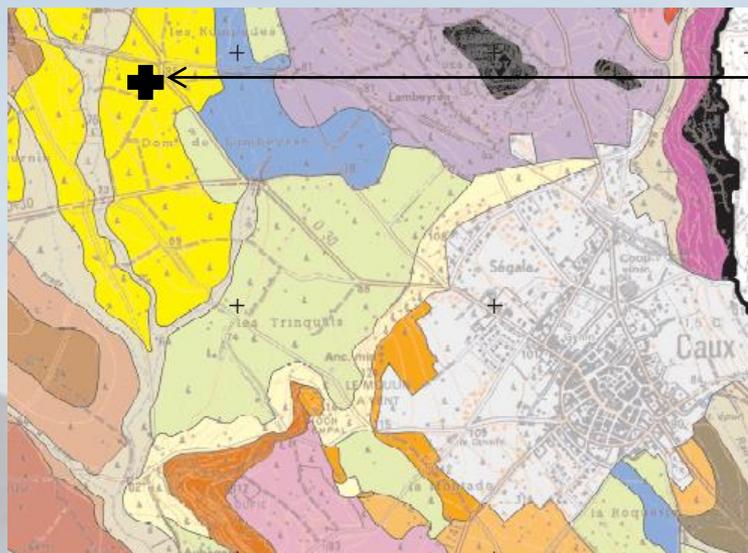
$$S = f(S, C, O, R, P, A, N) + \varepsilon \text{ (erreur)}$$

↓ Sol      ↓ Sol   ↓ Climat   ↓ Organismes   ↓ Relief   ↓ Roche mère   ↓ Age   ↓ Position(x,y)

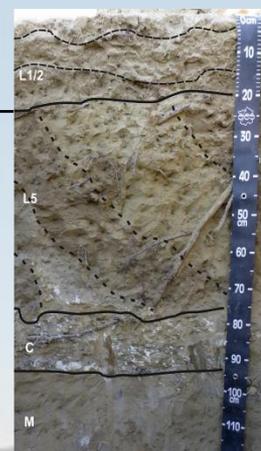




## ■ De la carte traditionnelle



Profil représentatif d'une unité de sol



sol

géostatistiques

roche

Nouveaux capteurs au sol

## ■ Aux propriétés de sol

Nouveaux capteurs aéroportés ou satellites

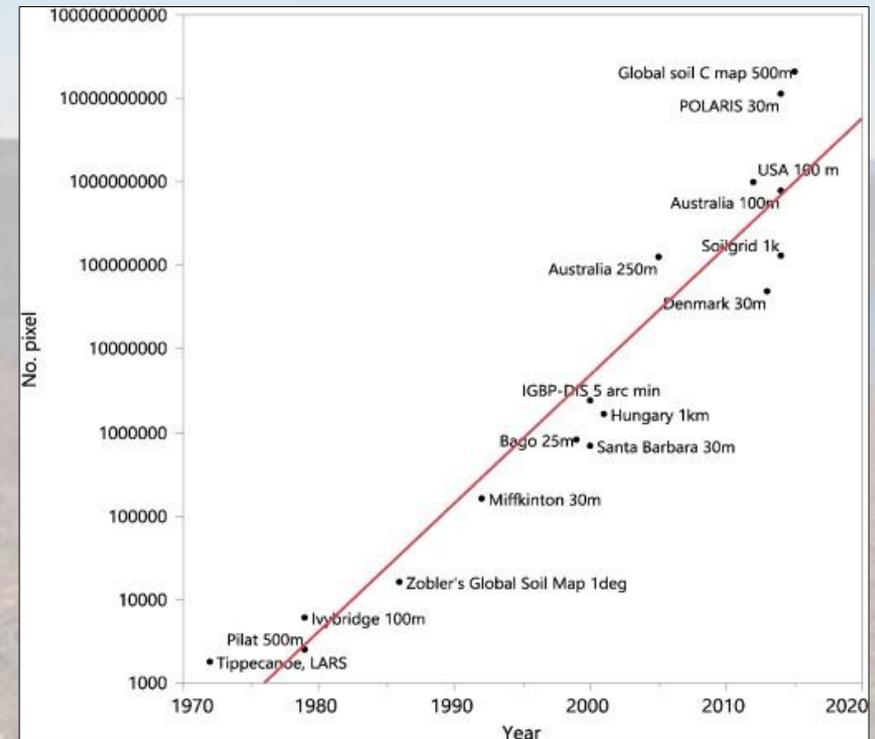


- Des progrès techniques
  - Au niveau de l'instrumentation



- Au niveau des capacités informatiques

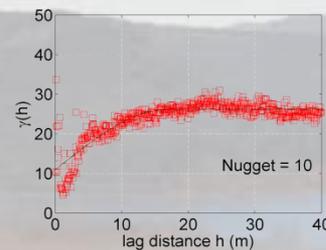
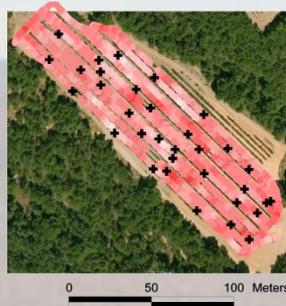
Minasny and McBratney, 2016



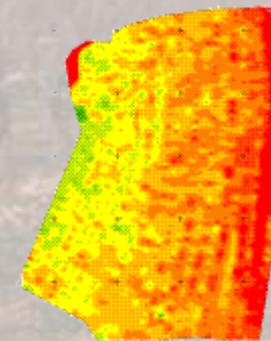


## ■ Au grain de la parcelle agricole, plusieurs voies possibles

- Augmenter les observations et analyses classiques
- Utiliser des techniques géostatistiques sur l'info préexistante



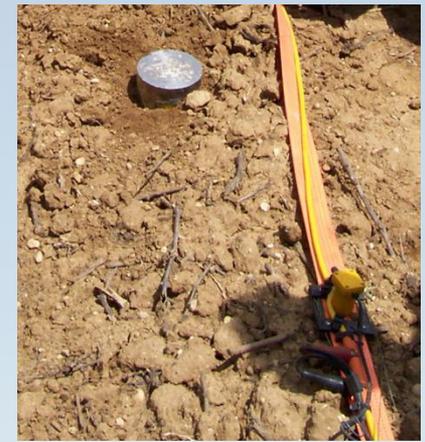
- Utiliser des données issues de « capteurs »



# LISAH Différents types de capteurs



- Un **capteur** transforme l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable



Capteurs distants



Capteurs au sol



Capteurs profonds

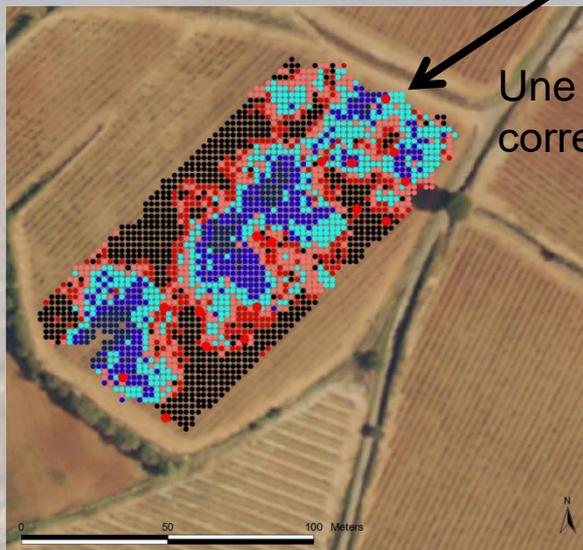
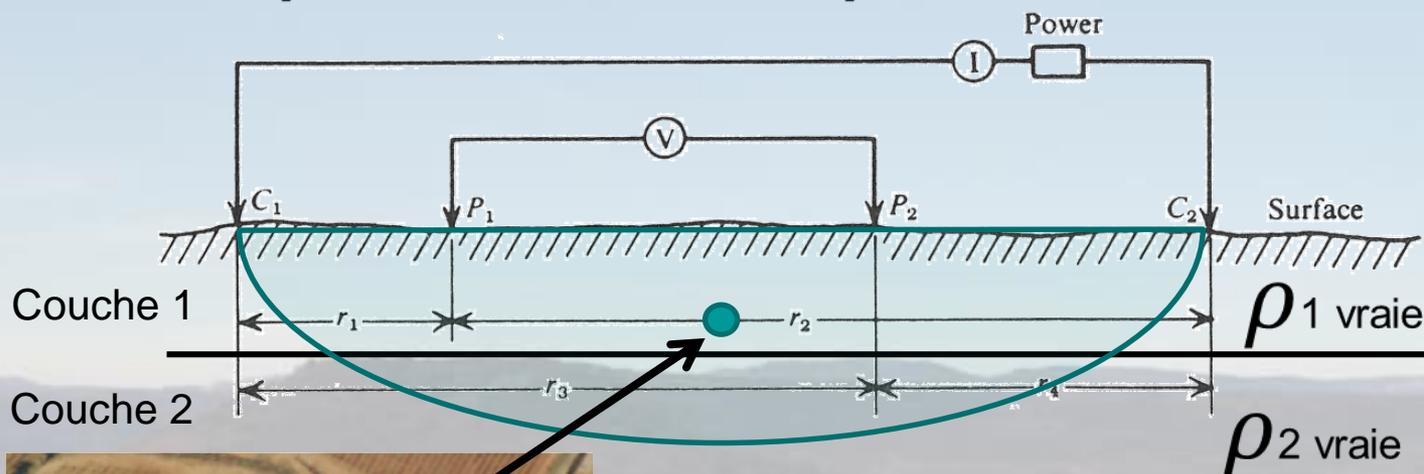


- Electrique
  - Résistivité vraie (tomographie)
  - Résistivité apparente (MUCEP/ARP/VERIS)
  - Chargeabilité (Polarisation provoquée PP)
- Electromagnétisme
  - Permittivité diélectrique (TDR,FDR, capacitif)
  - Conductivité apparente (EM38,31)
- Sismique
  - Réflexion
  - Réfraction
- Radar
  - Surface (teneur en eau)
  - Profondeur
- Spectral (multi/hyper)
- Gammaradiométrie



## ■ L'exemple de la résistivité

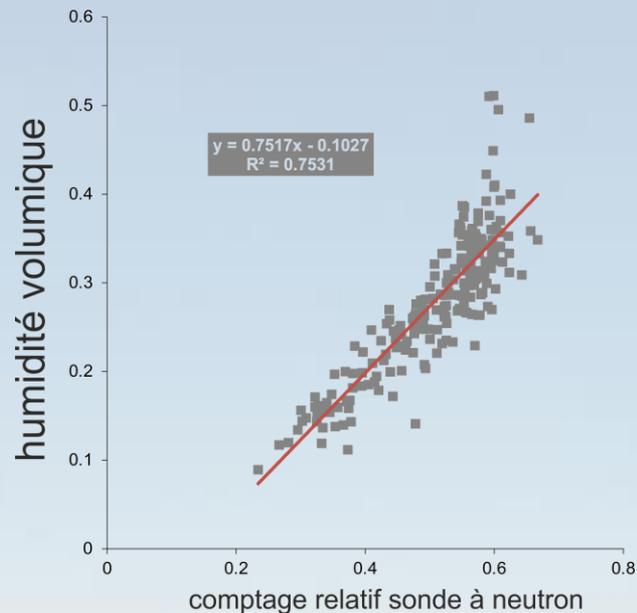
$$\rho_{\text{apparente}} = \rho_1 \text{ vraie} \times \text{épaisseur 1} + \rho_2 \text{ vraie} \times \text{épaisseur 2} + \dots$$



Une valeur de résistivité apparente correspond à une profondeur d'investigation



- « Étalonnage » direct (en labo ou in situ)



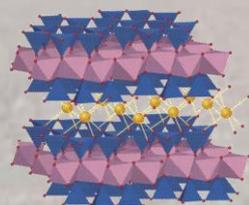
- « Étalonnage » indirect (in situ)

Igneous minerals: high content of  $^{232}\text{Th}$

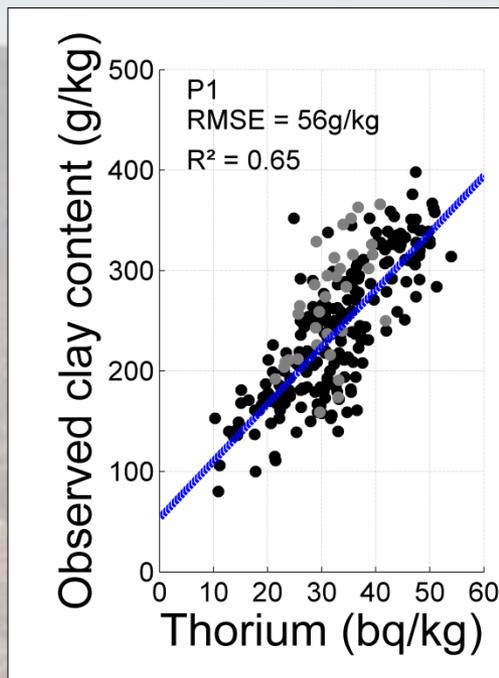


$\gamma$  ray

weathering



$^{232}\text{Th}$  fixed by clays





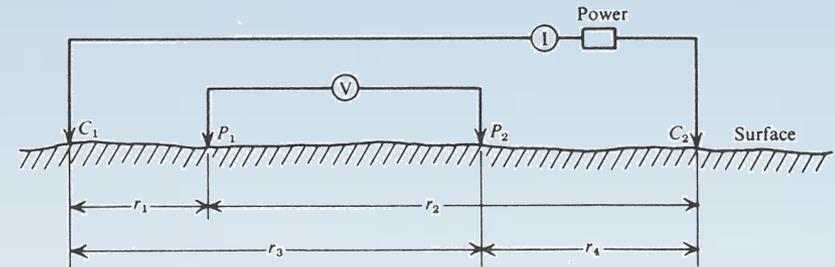
- Tomographie de résistivité électrique
  - Cartographie de la RU en vigne
- Cartographie de résistivité apparente
  - Zonage pédologique
  - Taux d'éléments grossiers
- Gammaradiométrie au sol
  - Taux d'argile granulométrique
- VIS-NIR par satellite
  - Teneur en carbonate de calcium



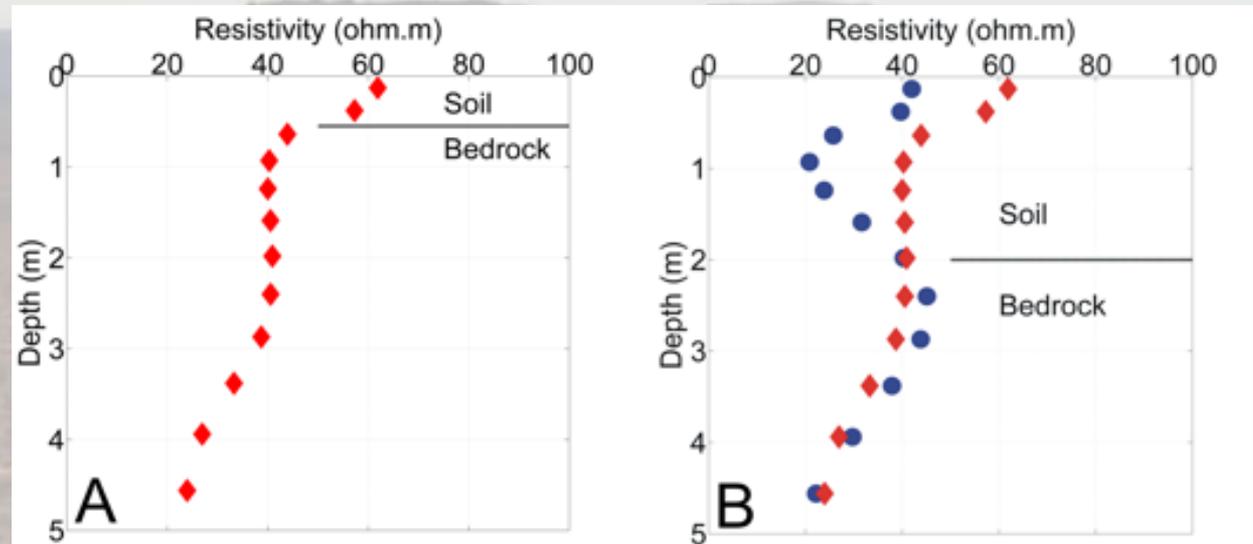
## ■ Tomographie de résistivité électrique

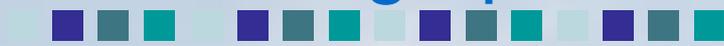


$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right)$$



## ■ Mesures diachroniques



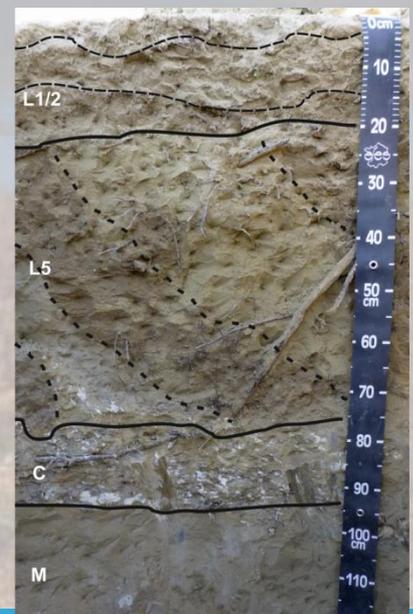
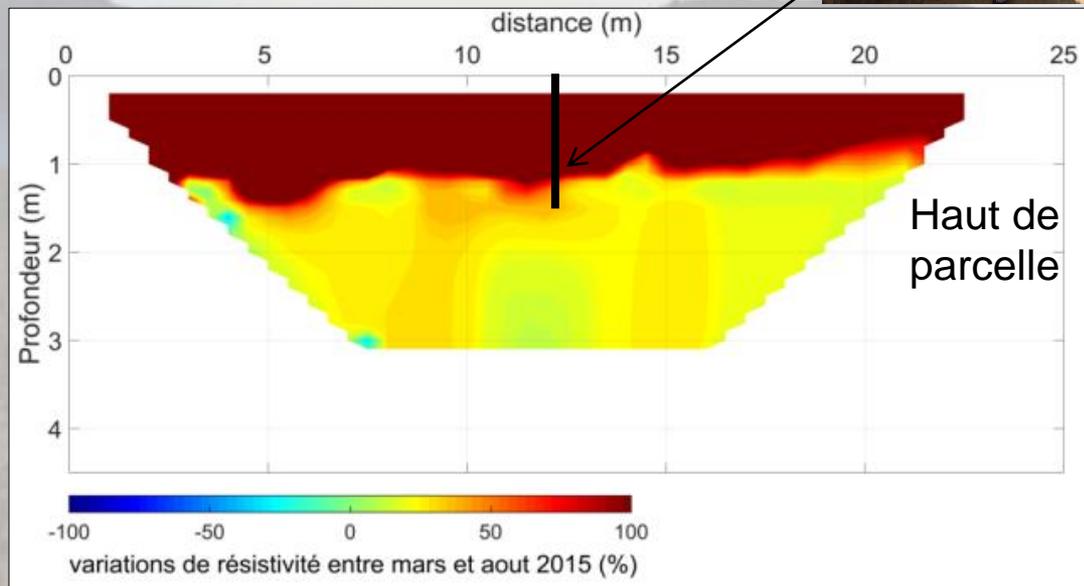


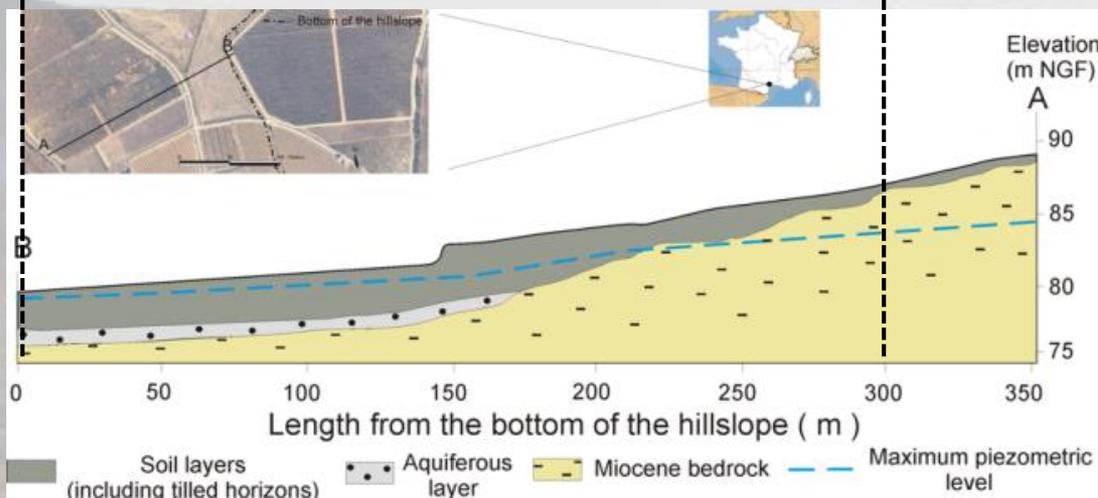
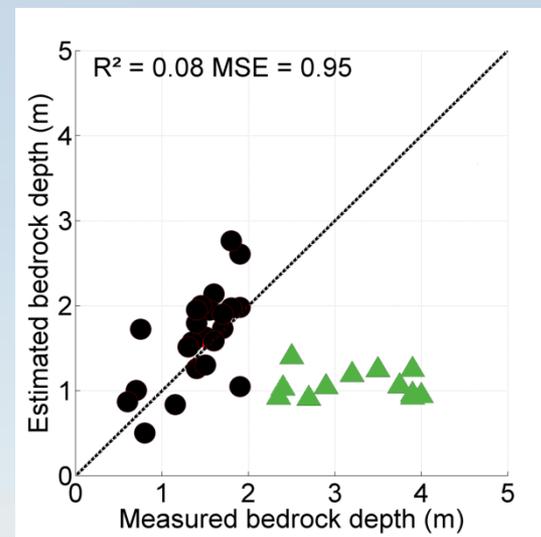
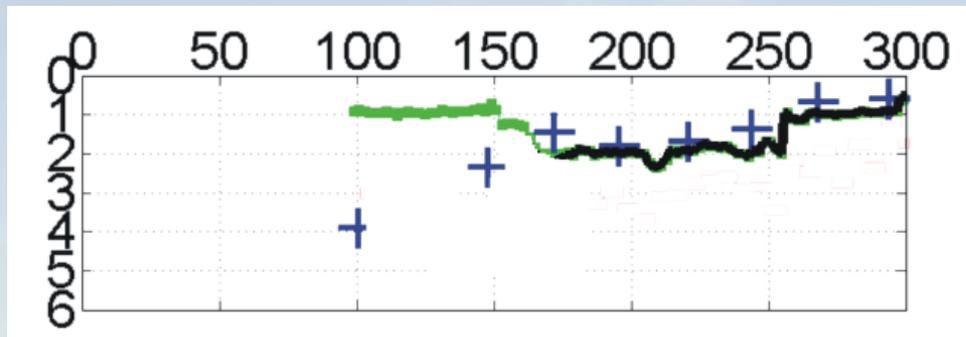
- L'extraction d'eau par la vigne entre mars et fin août 2015 se visualise sur la tomographie

bas de parcelle



Haut de parcelle



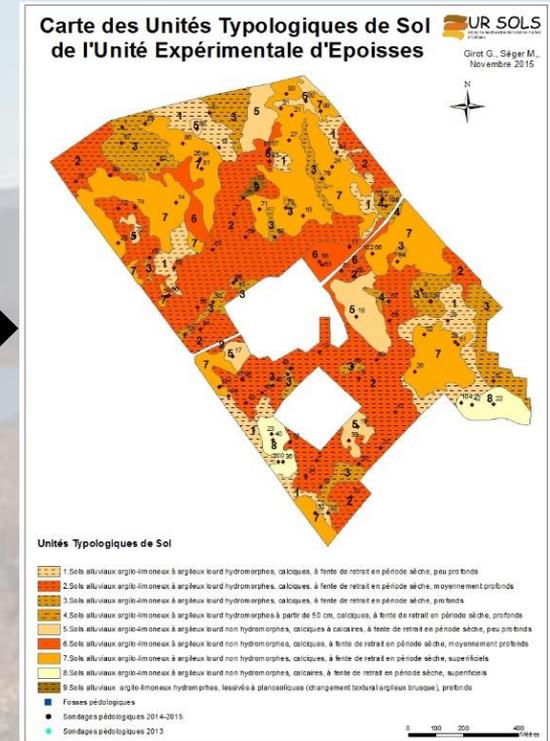
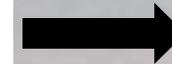
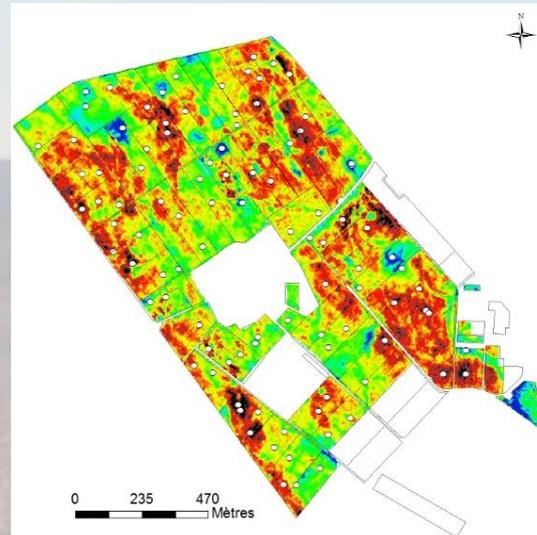


- La méthodologie ne peut pas s'appliquer en présence d'une alimentation hydrique profonde ( nappe )

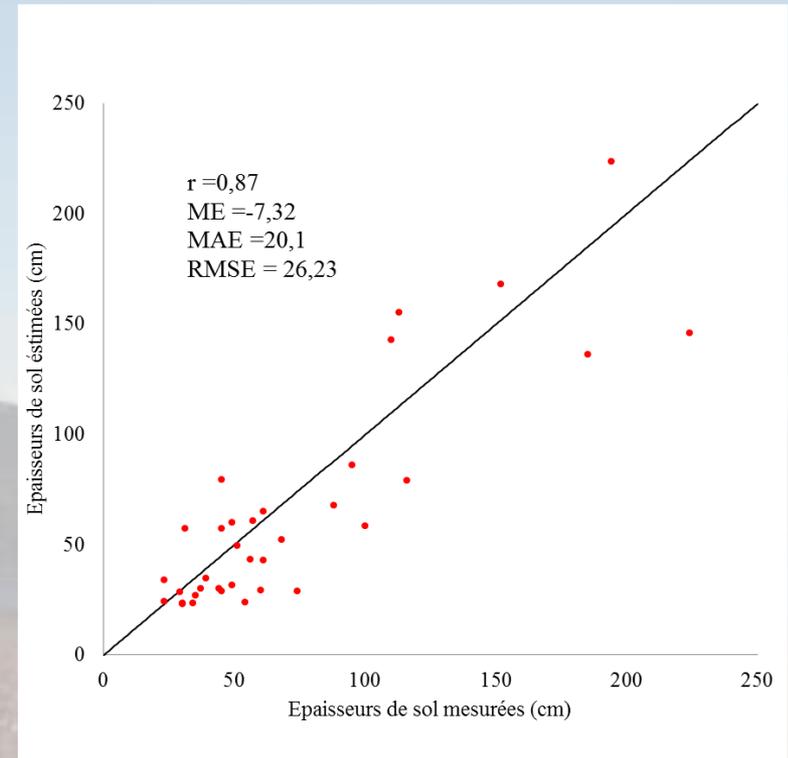
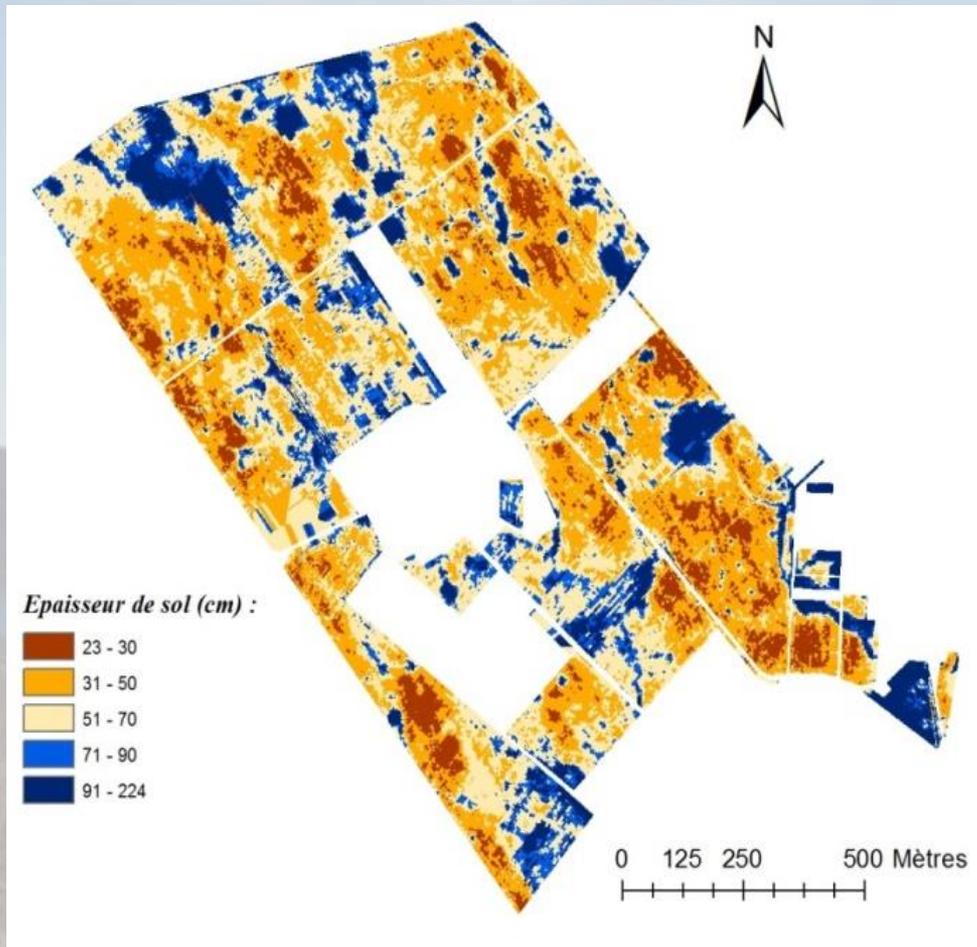


## ■ Description méthode ARP ® (geocarta)

- Objectif de zonage pédologique (Exemple sur projet CAREX INRA Unité d'époisses)
- 3 voie d'acquisition = trois profondeurs d'investigation différentes



Seger et al., 2016



Bourennane et al. 09 novembre 2016  
Geofcan Orléans (BRGM)

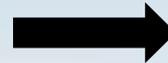
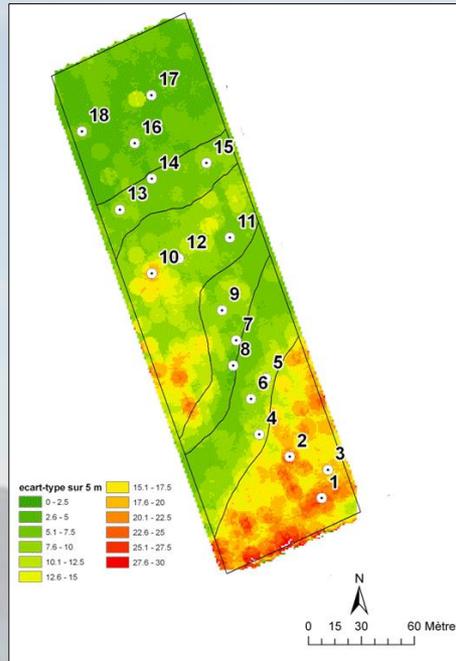


## ■ Utilisation de la variabilité de la mesure

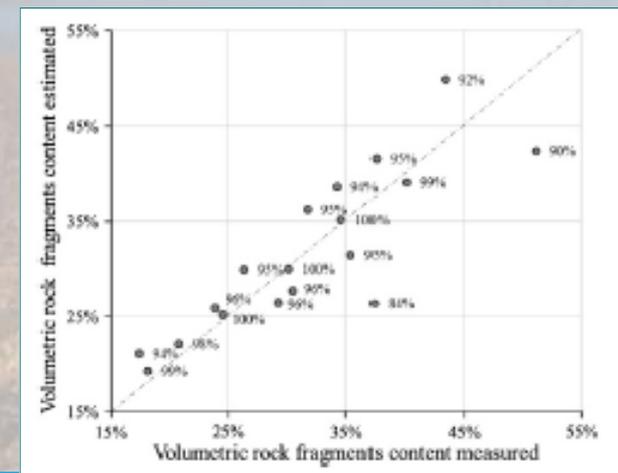
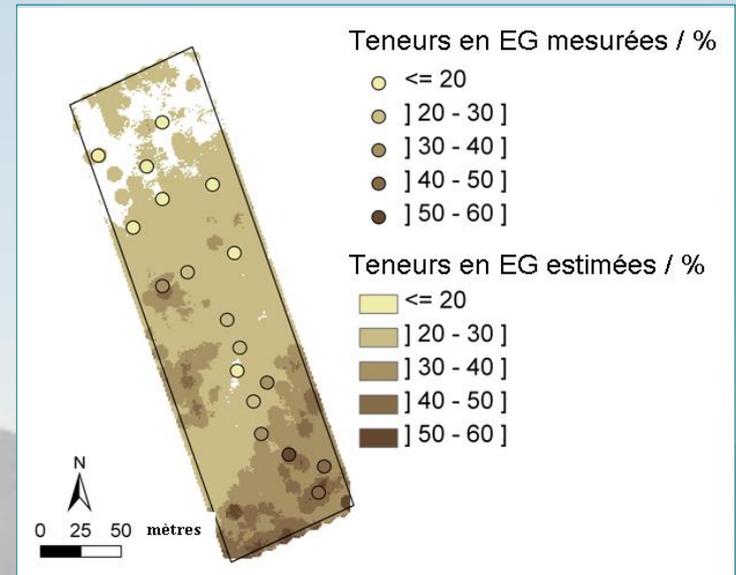
- une prospection MUCEP
- Analyse de la variabilité de la mesure sur un rayon de 5 mètres
- 18 points de calibration avec la teneur en éléments grossiers sur 0-45 cm



## Carte de l'écart-type de la résistivité apparente voie 1



## Carte de la teneur en EG estimée

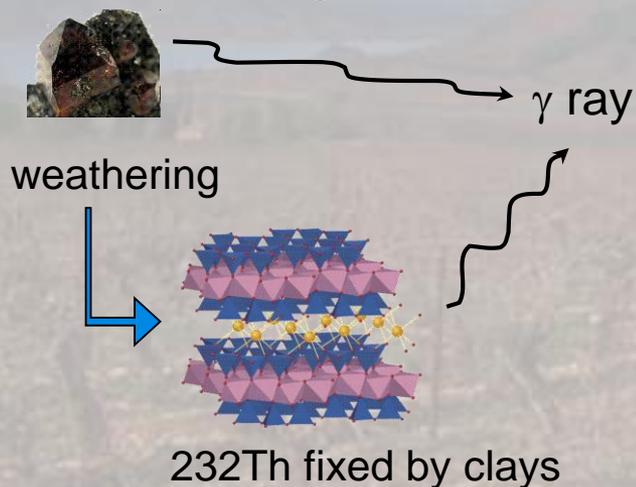




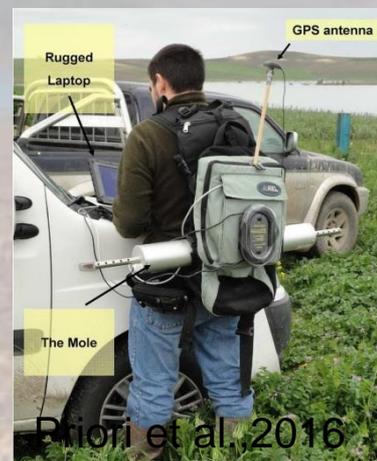
- U, Th and K principaux éléments naturels producteurs de rayons gamma

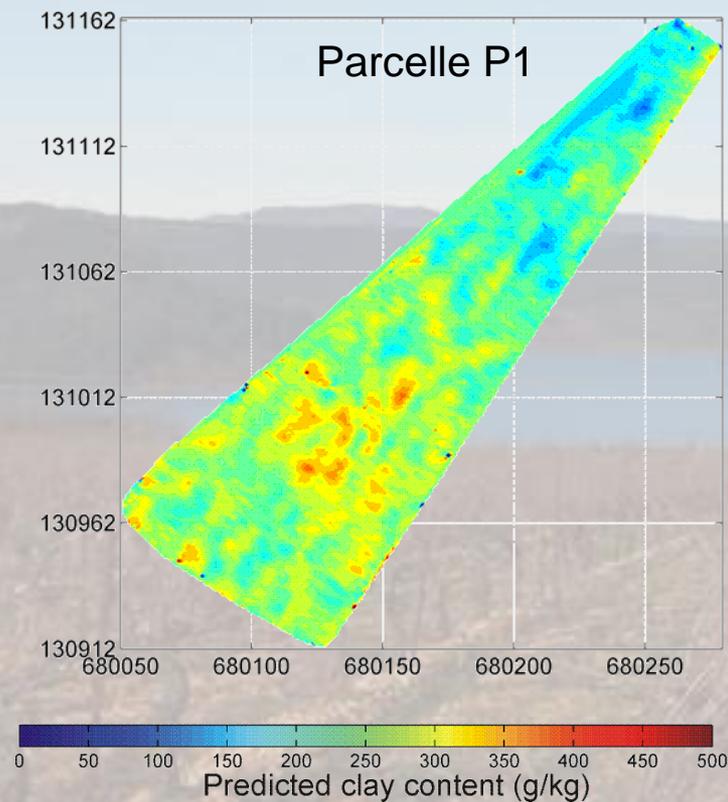
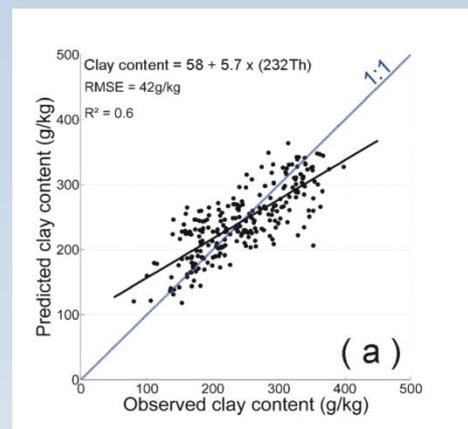
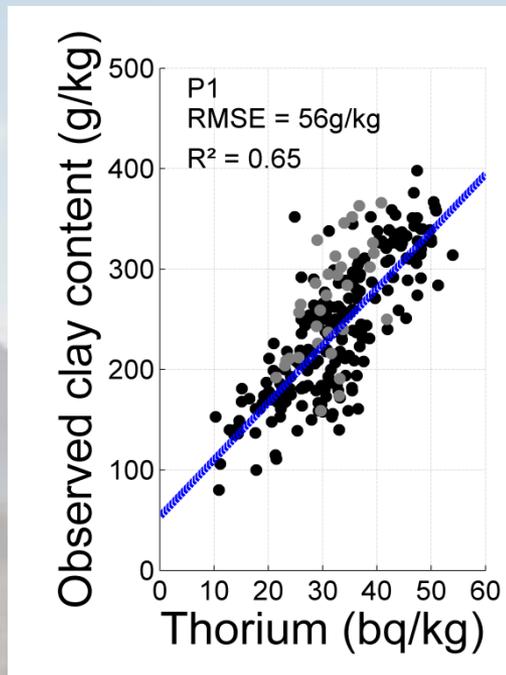
- Les isotopes “radioactifs” sont relativement abondants

Igneous minerals: high content of  $^{232}\text{Th}$



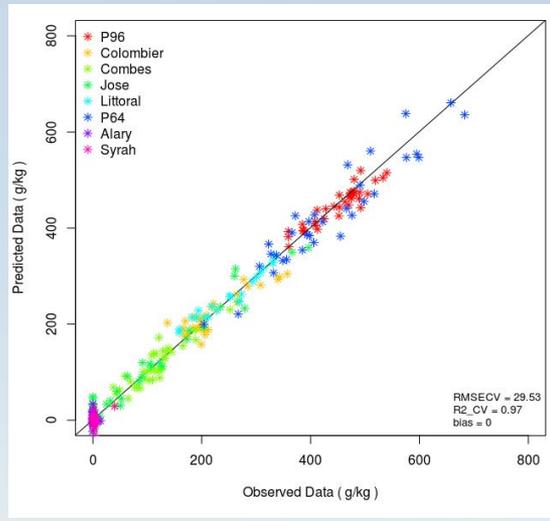
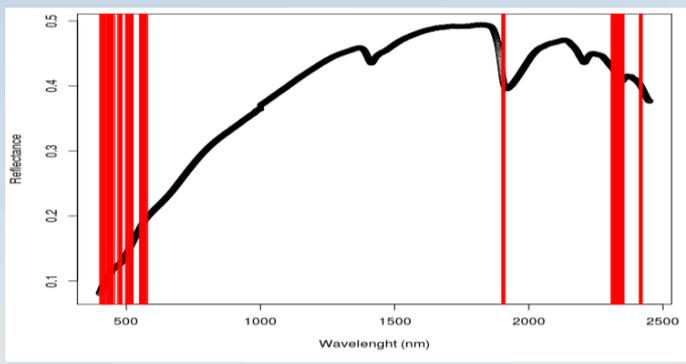
- Mesure des rayons gamma



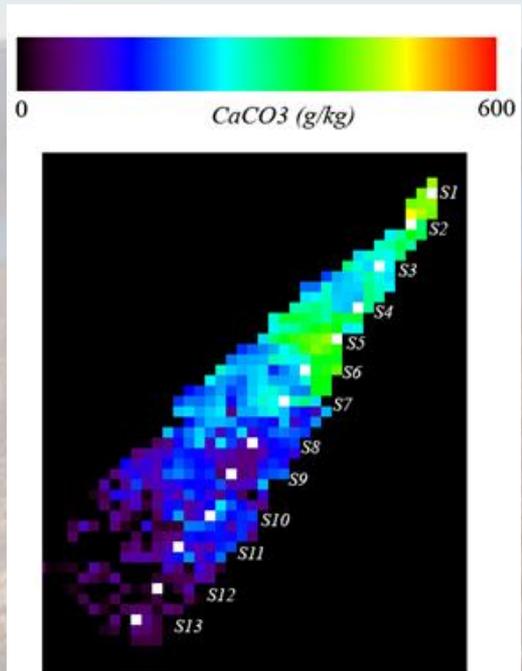
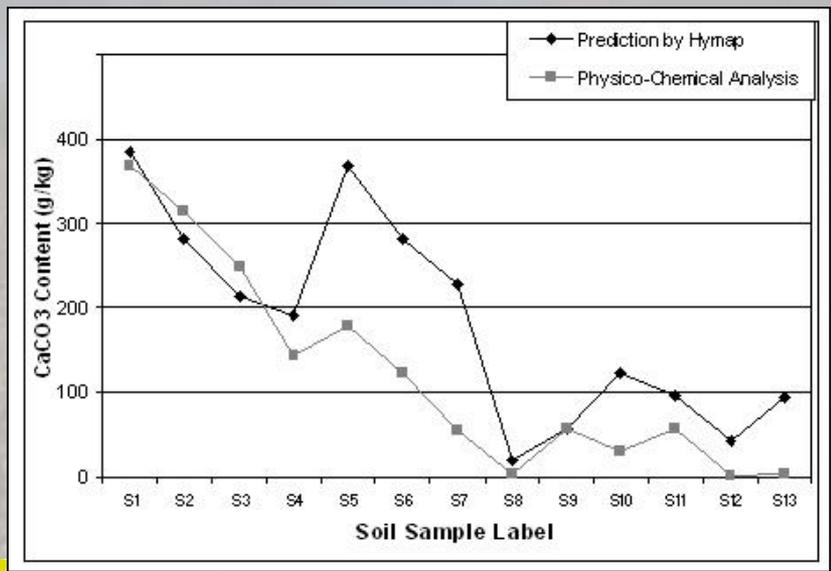




## ■ Calibration en labo avec spectro ASD



## ■ Carte issue d'une image HYMAP





- Les développements techniques et méthodologiques permettent d'aborder les sols à travers leurs propriétés
- Il n'existe pas de capteur universel. Chaque technique présente des avantages et inconvénients
- Chaque technique permet de mesurer des variables qui sont liées à une ou plusieurs propriétés de sols. La calibration est fondamentale



- Les facteurs de progression :
  - Nombreux capteurs développés par les industries, potentiellement dévotables vers la science du sol
  - Facilité d'acquisition et de traitement de données multicapteur (+- collaboratif)
- Les facteurs limitants :
  - Le sol, système complexe, fortes interactions entre propriétés
- Ce qu'il reste à travailler :
  - Le lien entre propriété de sol et variables mesurées
  - L'injection des connaissances pédologiques existantes (cartes, bases de données) dans les chaines de traitements des nouveaux capteurs