# CLOSE RANGE AERIAL SENSING OF SOILS FOR IMPROVED REMOTE SENSING PRODUCTS

SÉBASTIEN LAMBOT, KRISTOF VAN OOST, DOMINIQUE DERAUW

GABRIELA ARAMBULO RODRIGUEZ, MARJANA ZAJC AND EMILIEN ALDANA JAGUE

(sebastien.lambot@uclouvain.be)

RAPAS

### GPRLouvain

# Soil moisture governs infiltration and runoff, evaporation, energy exchanges with the atmosphere, plant growth (food & energy), contamination



**GPRLouvain** 



Characterization of soil properties and dynamics is essential for optimal and sustainable management of soil and water resources in a growing demographic context





GPRLouvain



### Towards precision irrigation



### Saving 5% of absolute moisture

Saving of 500 m<sup>3</sup> of water per ha

« Between 1961 and 2009, irrigated areas increased from 139 to 301 millions ha, which represents an increase of 117%. In 2009, these represented 20% of the global agricultural areas (300 millions on 1,5 billions ha), ensuring 40% of the global food production. »

GPRLouvain

Source : Les chiffres clés de 2012, Alim'agri hors série n°26 – Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

### UCL – Earth & Life Institute



GPRLouva

To integrate ground-penetrating radar (GPR) and hyperspectral spectrometer (HS) on a close range remotely piloted aircraft system (RPAS) for improving digital soil sensing capabilities



### Project objectives



Ground-penetrating radar (GPR) transmits electromagnetic waves into the ground and records the echoes coming from electromagnetic contrasts



GPRLouvain

### UCL – Earth & Life Institute



### Civil engineering

Archaeology









### Glaciology and Geology

### **UCL** – EARTH & LIFE INSTITUTE



### Environment and agriculture





(Cheval Blanc, Saint-Emilion, France)

**GPRLouvain** 



### Link between soil physico-chemical properties and electromagnetic properties



- Dielectric permittivity  $\mathcal{E} \implies$  moisture
- Electrical conductivity σ → moisture, clay content, salinity, ...



GPRLouvain

### **UCL** – Earth & Life Institute

### Example in a vineyard in Saint-Emilion



**UCL** – EARTH & LIFE INSTITUTE



► Non-destructive testing of soils and materials using full-wave modeling and inversion of GPR data

wit

$$S(\omega) = \frac{b(\omega)}{a(\omega)} = T_0(\omega) + \mathbf{T}_s \left( \mathbf{I}_N - \mathbf{G}^0 \mathbf{R}_s \right)^{-1} \mathbf{G} \mathbf{T}_i$$
  
th  
$$\mathbf{T}_i = \begin{bmatrix} T_{i,1}(\omega) \ T_{i,2}(\omega) \ \cdots \ T_{i,N}(\omega) \end{bmatrix}^T$$
$$\mathbf{T}_s = \begin{bmatrix} T_{s,1}(\omega) \ T_{s,2}(\omega) \ \cdots \ T_{s,N}(\omega) \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{R}_s = \text{diag} \left( \begin{bmatrix} R_{s,1}(\omega) \ R_{s,2}(\omega) \ \cdots \ R_{s,N}(\omega) \end{bmatrix} \right)$$



Product

**Signal inversion** 

**UCL** – EARTH & LIFE INSTITUTE



### Soil moisture mapping



UCL – EARTH & LIFE INSTITUTE –



## A new drone-borne GPR $\implies$ surface and root-zone characterization



- Handheld vector network analyzer
- Home-made, 4 m length dipole antenna 30-42 MHz
- Controlling Intel computer stick
- Smartphone remote control
- Transmitted power: 1 mW, weight: 900 gr



### UCL – Earth & Life Institute







#### RÉCRÉATIE < 1KG CLASSE / CI ASSI < 5 KG

## Belgian drone legislation

### // USAGE LIMITÉ

Cette catégorie a vu le jour pour les personnes qui ont un drone "jouet". De cette manière, petits et grands peuvent voler pour le plaisir dans leur jardin, avec un drone de moins d'un kilo.

### CONDITIONS OBLIGATOIRES

Drone < 1kg

Jusqu'à 10 m de haut & vol à vue Interdiction de survoler ces lieux et leurs environs : aérodromes, industries, prisons,

centrales nucléaires, personnes, ...

A des fins personnelles hors de l'espace public

#### **EXEMPLES**

Je peux voler dans mon jardin Je ne peux pas voler dans un parc public

Je peux voler à l'intérieur Je ne peux pas voler sur la plage

Je ne peux pas filmer les voisins sans autorisation

Je peux filmer ma fille Je peux filmer un mariage sur un terrain privé Je ne peux pas filmer un mariage sur la grand place

### // RISQUE FAIBLE

Cette catégorie a vu le jour pour permettre aux utilisateurs de faire voler leur drone même hors des terrains d'aéromodélisme agrées. Avec cette catégorie, vous pouvez essentiellement pratiquer votre loisir, vous entraîner ou vous adonner à la photographie aérienne.

### CONDITIONS OBLIGATOIRES

Minimum 16 ans Drone < 5 kg

- Attestation de télépilote
- Rester à plus de 50m d'un obstacle
- Hors des villes et des villages,
- survol de personnes interdit
- Assurance
- Enregistrement du drone

#### FORMATION OBLIGATOIRE Théorie

Pratique sur un terrain de formation agréé un instructeur certifié

ATTESTATION Examen pratique

### // RISQUE MODÉRÉ (1B) & ÉLEVÉ (1A)

Cette catégorie a vu le jour pour permettre aux professionnels de travailler. Ils peuvent d'ailleurs bénéficier de certaines exceptions dans le cas d'un risque élevé.



- Enregistrement du drone
- Manuel opérationnel
- Déclaration (1B) ou autorisation (1A)

#### FORMATION OBLIGATOIRE

Théorie/Pratique Cours théoriques (approfondis) Instructeur certifié Terrain de formation agréé

#### LICENCE

Examen théorique Examen pratique





### Numerical analyses: well-posedness of the inverse problem



**GPRLouvain** 

3 unknown parameters: height, permittivity and conductivity



### UCL – EARTH & LIFE INSTITUTE



**UCL** – EARTH & LIFE INSTITUTE

## Thank you for your attention



### **UCL** – EARTH & LIFE INSTITUTE