

# Etude de la variabilité de l'humidité atmosphérique et suivi de l'humidité des sols par GPS en vue de l'amélioration des pratiques agricoles.

J. Van Baelen, L. Morel,  
G. Meunier, B. Presset, E. Arnaudet, R. Longechamp

LaMP, Clermont Ferrand,  
ESGT, Le Mans

- Contexte et Objectifs:

- Projet CNES: GNSS-Agri pour l'usage des méthodologies GNSS dans les applications de Météorologie Agricole de Précision, dans le cadre de la limitation des intrants.
- Plus particulièrement dans cette présentation:
  - ✓ Tomographie à haute résolution horizontale ET verticale
  - ✓ Réflectivité GPS pour le suivi de l'humidité des sols



## • Méthodologie:

- Simulation: atmosphère synthétique, différents réseaux, différents paramètres d'analyse
- Campagne de terrain
- Mise en œuvre et adaptation des chaînes de traitement des données pour la tomographie et la réflectométrie

## • Résultats:

- Tomographie:  $H \Rightarrow \sim 2 \text{ km}$ ,  $V \Rightarrow \sim 50 \text{ mètres}$
- Réflectométrie: Déphasage signal réfléchi en accord avec humidité du sol  $\Rightarrow r = 0,77$

## • Conclusions / Perspectives:

- *A discuter autour du poster ...*

**Etude de la variabilité de l'humidité atmosphérique et suivi de l'humidité des sols par GPS en vue de l'amélioration des pratiques agricoles.**

J. Van Baelen<sup>1</sup>, L. Morel<sup>2</sup>,  
G. Meunier<sup>1,2</sup>, B. Presset<sup>1,2</sup>, E. Arnaudet<sup>1,2</sup>, R. Longechamp<sup>1,2</sup>

(1) LaMP, Clermont Ferrand,  
(2) ESGT, Le Mans

**CONTEXTE DE L'ÉTUDE**

Dans un contexte de limitation des intrants (fertilisants, produits phytosanitaires, ...) et de la consommation d'eau, la connaissance de l'humidité atmosphérique de basse couche et du suivi de l'humidité des sols est un atout important pour l'amélioration des modèles agricoles de prévision du ruissellement, l'irrigation et les usages d'énergie et des produits agricoles afin d'optimiser la croissance des cultures et la stabilité des récoltes.

Il est maintenant établi que le GPS (et les systèmes GNSS en général) permet la mesure de l'humidité atmosphérique (contenu intégré de vapeur d'eau) avec une grande précision, une bonne résolution temporelle et une forte autonomie (résistance de la mesure, tout temps, ...). De même, lorsqu'un réseau GPS adéquat est disponible, le champ de vapeur d'eau atmosphérique 3-D peut être reconstruit. Enfin, dans une configuration spécifique, il est également possible de mesurer la réflectance des ondes GPS au sol, ce qui permet de suivre l'évolution de l'humidité du sol.

**Campagne GNSS-AGRI**

A l'issue de simulations sur atmosphères synthétiques, les recommandations suivantes ont été considérées pour l'implémentation terrain (juin - novembre 2012) et l'élaboration de la stratégie expérimentale en vue de restituer le champ de vapeur d'eau à fine échelle spatiale:

- Réseau orthogonal le plus régulier possible... mais avec les contraintes inhérentes au terrain.
- Maillois de stations le plus fin possible, mais en cohérence avec le coût, ainsi un compromis de 4 kilomètres a été défini.
- Taille des voxels correspondant à la résolution moyenne entre stations, dans certains cas segmentant (configuration de satellite peu homogène), une résolution plus fine est avantageuse, mais au prix d'un temps de calcul nettement accru.

Utiliser un nombre élevé de niveaux d'altitude avec une plus forte résolution dans les basses couches... Toutefois, une limite est apparue dans les basses couches lorsque les voxels voisins de rails sont trop nombreux.

Définition des paramètres canonique (à principalement) qui donne plus de poids aux données GPS dans l'inversion par rapport à l'initialisation, tant que cela n'engendre pas d'instabilité numérique du fait de l'importance des voxels voisins.

L'utilisation d'une résolution au moins égale à la distance moyenne inter-stations apporte une restitution fine du champ de vapeur d'eau, tandis que l'usage d'un plus grand nombre de voxels permet de fournir des détails mais est, peut-être plus sensible à des effets de bords vis-à-vis de la géométrie du réseau.

La résolution verticale la plus fine offre une excellente restitution de la variabilité en basse couche pour le suivi de l'humidité atmosphérique près du sol. C'est notable si l'on compare ces différents sous-ensembles entre des résolutions de 300, 100 et 60 mètres, mais est encore plus marquée si l'on compare les résultats de la tomographie à la cartographie de l'IRVW.

Il est important de donner un poids important aux observations par opposition à l'initialisation (paramètre compris entre 0,3 et 0,1) sans toutefois devenir contraignant car cela entraîne des instabilités numériques évidentes.

**Suivi de l'humidité du sol:**

Il existe une forte corrélation entre l'humidité du sol et le déphasage du signal GPS. Ici, les phases d'humidification et d'assèchement sont bien mises en évidence. De même, il existe une forte corrélation entre l'humidité et les précipitations. Des travaux récents ont mis en évidence l'importance de paramètres géométriques et systématiques et portent maintenant sur la capacité d'estimation directe de l'humidité du sol à partir du signal GPS.

**Approximation du SNR:**

$$SNR = A \cdot \cos\left(\frac{4\pi \cdot h}{\lambda} \cdot (2\psi + \psi)\right)$$

A = amplitude  
λ = longueur d'onde  
h = hauteur

Série temporelle de l'humidité du sol (en %), des phases de précipitations (en mm) et du déphasage du signal GPS (en degrés).

	h	ψ	σ <sub>h</sub>	σ <sub>ψ</sub>	σ <sub>h,ψ</sub>
300	0,82	0,14	0,03	0,17	
100	0,23	0,03	0,02	0,17	

**Remerciements:** Contrat CNRS 115183 / Stations GPS financées par le pôle INSU

**Laboratoire de Météorologie Physique,** <http://www.univ-clermont.fr/mpp>