



## Mesure par GPS de la déformation du sol liée aux pompages du site hydrogéologique de Ploemeur (Morbihan)

*Frédérique Moreau, Olivier Dauteuil, Olivier Bour,  
Pierre Gavrilenko  
Géosciences Rennes – Université Rennes 1*

### *Objectifs du projet*

- ? Evaluation de la déformation du sol liée aux variations de hauteur d'eau dans un aquifère
  - => Déformation principalement verticale
- ? Relation avec les propriétés hydro-mécaniques de l'aquifère : porosité, coefficient d'emmagasinement

## *Choix du site de Ploemeur*

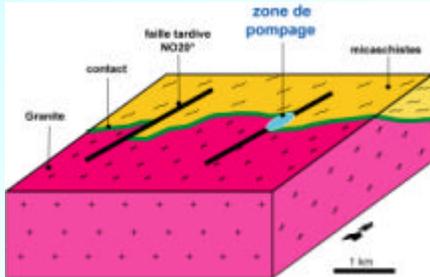


## *Choix du site de Ploemeur*

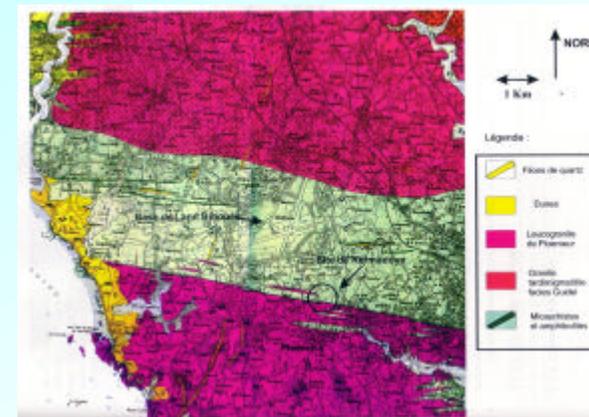
- ? Site exploité par la ville de Ploemeur pour son alimentation en eau potable
- ? Possibilités d'expérimentation par pompage contrôlé
- ? Site bien instrumenté (ORE H+) : niveaux piézométriques, station météorologique, données géophysiques ...
- ? Site clos
- ? Faible tectonique

## *Caractéristiques géologiques du site*

- ? Zone de contact entre un granite et un micaschiste
- ? Localisation du site exploité à proximité d'une faille
- ? Socle granitique fracturé



## *Caractéristiques géologiques du site*



## *Projet Ploemeur*

### ? *Créer un site de mesure GPS semi-permanent*

=> Séries temporelles de la déformation

### ? *Superposition de plusieurs signaux :*

- Déformation hydrologique
- Déformation tectonique à définir (faille armoricaine) mais sans doute négligeable.
- Site proche de l'Océan Atlantique : déformations liées aux marées, surcharge océanique?

## *Matériel de Géosciences Rennes*

### ? *PROXRS :*

Utilisation en cartographie

- Monofréquence avec phase activable
- Précision : 1 m à 10 cm



### ? *4600LS :*

Utilisation en positionnement et géodésie

- Monofréquence avec phase
- Précision 1 m à 1 cm (et moins)



## Matériel de Géosciences Rennes

### ? *Enregistrement des données:*

Carnets de terrain électroniques  
Cartes PCMCIA



### ? *Alimentation électrique*

Panneaux solaires



## Dispositif de mesure



- ? Récepteur mono-fréquence avec phase
- ? Mode GPS-différentiel en post traitement
- ? Référence : site sur une station d'épuration
- ? Mesure : sur le site d'exploitation en eau
- ? Ligne de base longue de 4680,179m, avec une différence d'altitude de 9,663m

## *Dispositif de la station de pompage*



### **Coordonnées du site:**

Est : 218885,487 m - Latitude : 47°44'45,97163"N  
Nord : 6758003,920 m - Longitude : 3°25'38,49567"  
Elévation : 24,635 m - Hauteur : 73,561 m



Site clos et instrumenté

## *Station de Référence*

Station de référence sur le site de la station d'épuration de la ville de Ploemeur : site clos, peu éloigné (4 km), situé sur le socle.



### **Coordonnées du site:**

Est : 216343,894 m - Latitude : 47°42'32,47927"N  
Nord : 6754078,104 m - Longitude : 3°27'24,78221"O  
Elévation : 14,972 m - Hauteur : 63,904 m

## *Protocole de mesures*

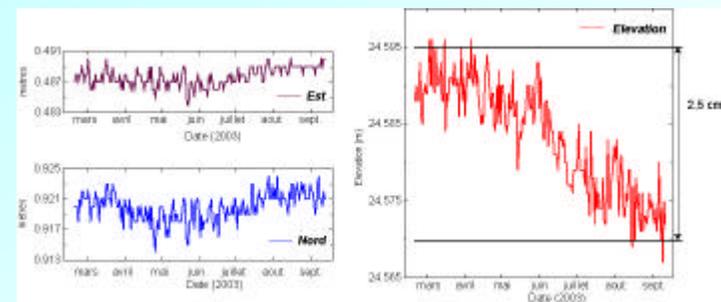
### ? *Conditions d'acquisitions des données*

- . Mesures entre Février et Septembre 2003
- . Une mesure par minute
- . Enregistrement de la phase
- . Relevé des fichiers toutes les 3 à 5 semaines

### ? *Traitements des données :*

- . Mise en forme des fichiers "mensuels" en fichiers journaliers
- . Intégration des éphémérides précises
- . Traitement des données par le logiciel TGO de TRIMBLE  
=> passage des coordonnées satellites en X,Y,Z

## *Résultats*

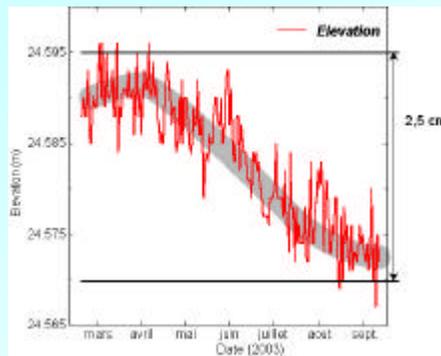


Il y a un signal significatif :

- . selon la composante verticale ( $2,5 \text{ cm} \pm \sim 0,5 \text{ cm}$ ),
- . peut-être vers le nord ( $0,8 \text{ cm} \pm \sim 0,5 \text{ cm}$ )
- . pas vers le Est ( $0,4 \text{ cm} \pm \sim 0,5 \text{ cm}$ )

=> Le protocole fonctionne: évaluation de la déformation du sol.

## Résultats – Composante verticale



Décroissance à partir d'avril, puis stabilisation du signal en Août

=> Relation avec la hauteur de la nappe d'eau, l'activité d'exploitation, des conditions météorologiques

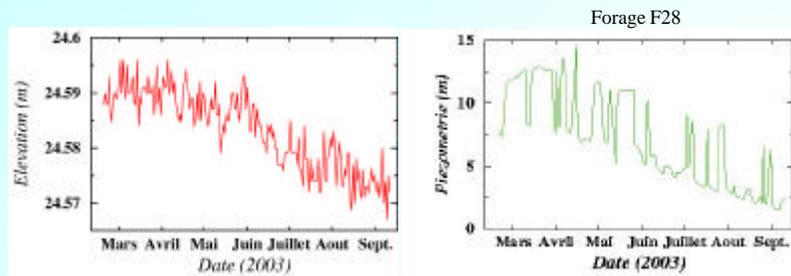
## Interprétation

### Localisation des forages



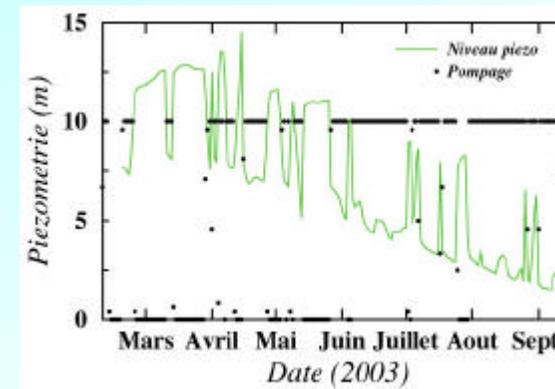
## Interprétation

### Corrélation Elévation-Piézométrie



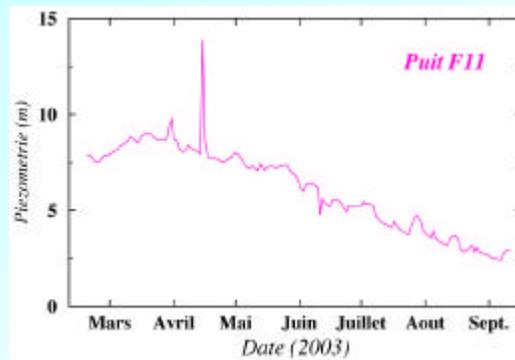
## Interprétation

### Forage F28 : Corrélation entre niveaux piézométriques et pompages



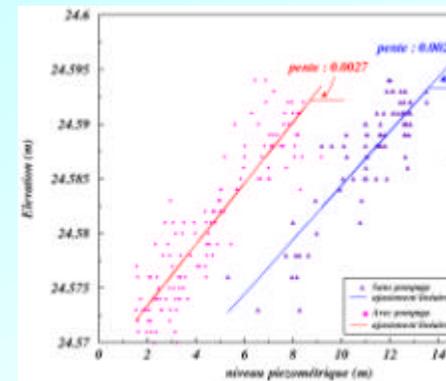
## Interprétation

Forage F11: proche du pompage principal continu



## Interprétation

Corrélation élévation-piezométrie en tenant compte des périodes avec et sans pompage



$$\Delta e = S \Delta h$$

$\Delta e$  : variation d'épaisseur

$\Delta h$  : variation du niveau piézométrique

$S$  : coefficient d'emmagasinement

## *Premières conclusions*

---

- ? Résultat sur le coefficient d'emmagasinement comparables aux résultats obtenus à partir d'essais de pompages
- ? Interprétation en cours sur les valeurs de porosité et de module d'incompressibilité induits par ce résultat
- ? Aquifère très réactif => implications sur ses dimensions, sur la fracturation....

## *Autres traitements*

---

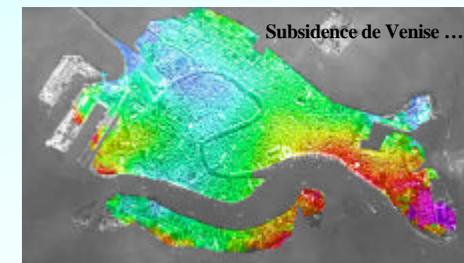
- ? *Influence des marées*
  - Pas de périodicité observée
  - Echantillonnage toutes les 3h
  - Changement de la base (Rennes, Brest, Nantes)
- ? *Influence de la pluviométrie*
  - Pics haute et moyenne fréquence ?
- ? *Influence des débits des pompages*

## *Perspectives*

- ? *Nouvelle période d'acquisition des données :*
  - Installation d'un socle rigide sous les récepteurs
  - Installation de nouveaux récepteurs GPS
  - Amélioration du protocole pour augmenter la rapidité du traitement (changement de logiciel)
  
- ? *Analyse des données*
  - Signification des fréquences intermédiaires de l'élévation
  - Analyse de l'effet des marées
  - Variations des composantes horizontales

## *Autres Perspectives*

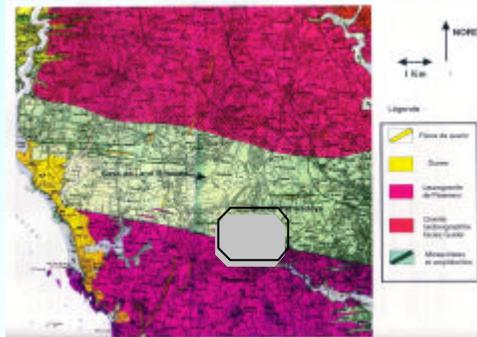
- ? Interférométrie : déformation en 2D avec une résolution planaire de 10 x 10 m et quelques mm en vertical
- ? Couplage avec le GPS
- ? Plus de 10 ans de données



## Interférométrie radar

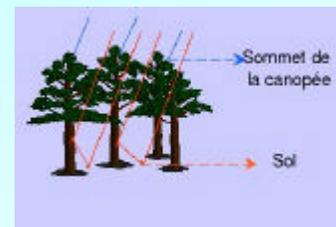
- ? Géométrie de l'aquifère (zone de recharge)
- ? Suivi temporel sur une grande surface :  
=> variations sur plusieurs années,  
annuelles, saisonnières ...

 Aquifère probable ?



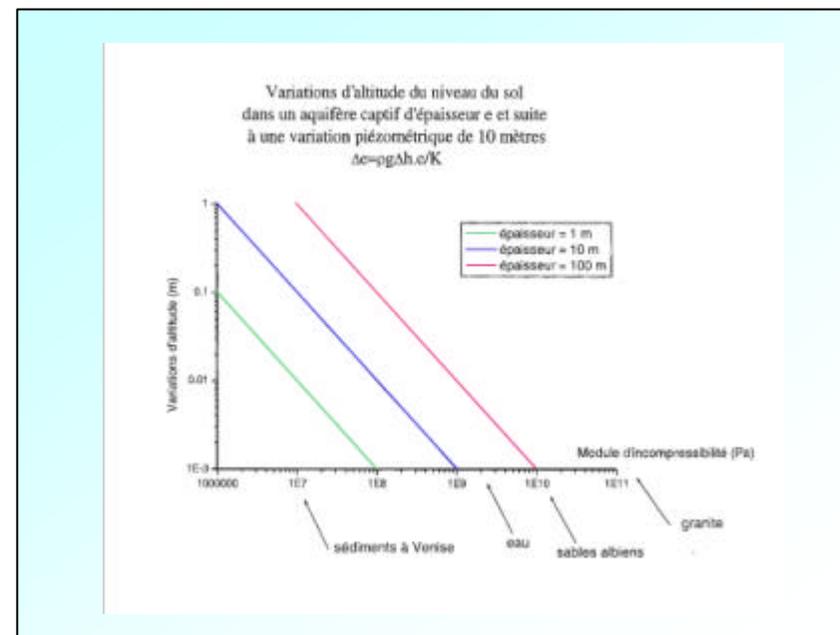
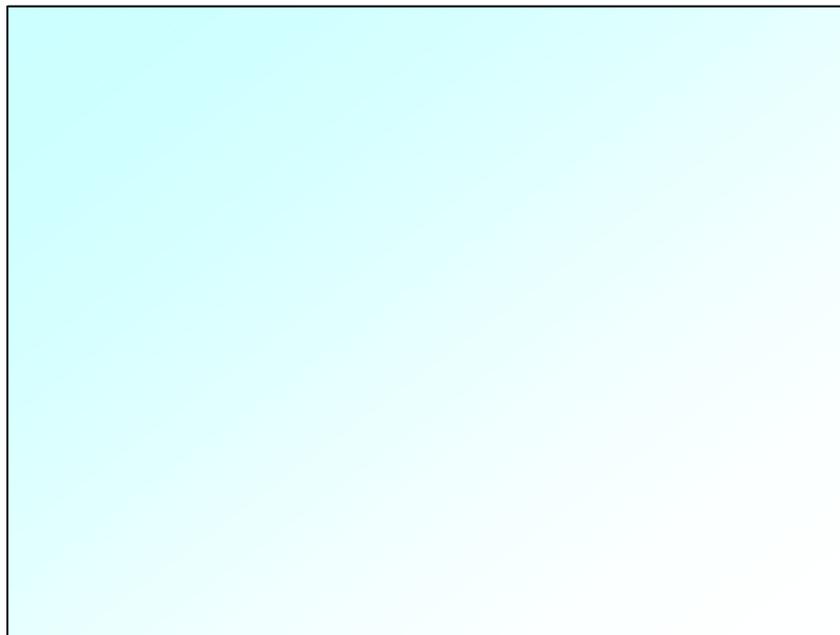
## Polarimétrie et Interférométrie

- ? Prise en compte des effets de végétation

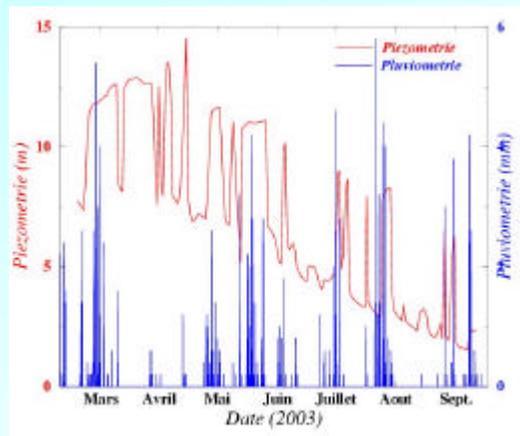


- **Interférométrie seule** : altitude intermédiaire entre le sol et le sommet de la canopée
- **Polarimétrie et Interférométrie** : altitude du sol + altitude du sommet de la canopée

=> Collaboration avec l'Institut d'Electronique et de Télécommunication de Rennes (IETR) (E. Pottier, L. Ferro-Famil)



### Comparaison Pluviométrie-Piézométrie



### Base Ploemeur – Base Rennes

