

# Hydrologie et Inclinométrie

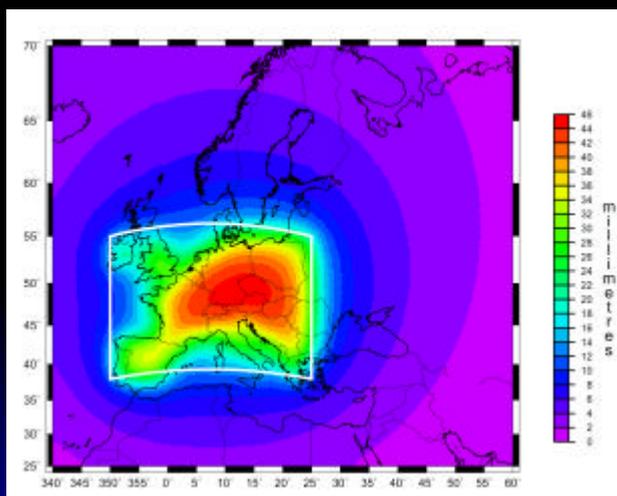
Programme-ACI ECCO/PNRH  
(INSU, Ministère, Organismes...)

Frédéric BOUDIN  
Jean-Paul BOY  
Claude COURTEIL  
Marie-France ESNULT  
Nicolas FLORSCH  
Muriel LLUBES  
+ staff technique

+ Michel KAMMENTHALER  
+ Laurent LONGUEVERGNE  
+ Thierry VINCENT  
+?????

UPMC – IPGS – IPGP – OMP - ... CERGA ...

## Relecture d'une carte...



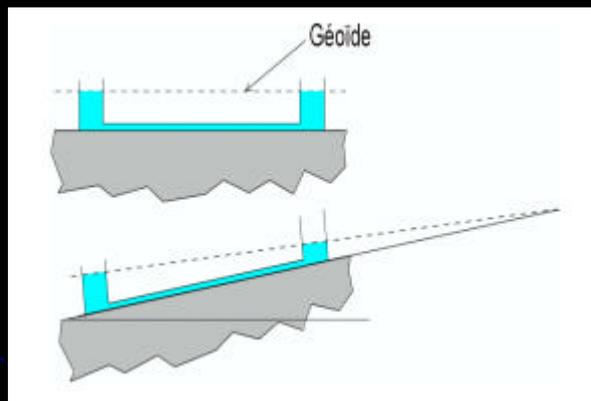
10 mm sur 500 km

→  $2 \cdot 10^{-8}$  rad

## Démarche initiale

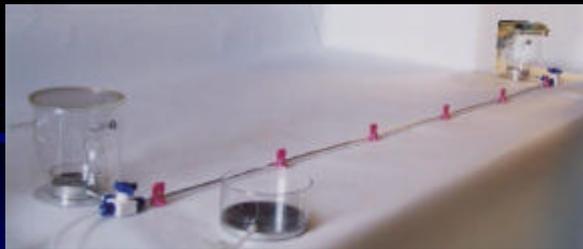
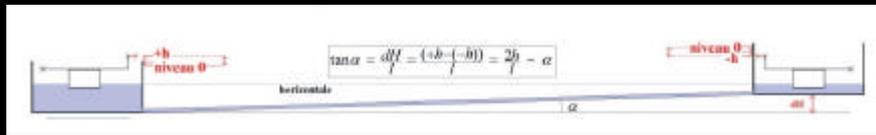
- impacts gravimétrique et de flexure (verticale) dues aux aquifères, → charges des flexures de la croûte (et du géoïde) théoriquement mesurables en terme inclinométrique ( $10^{-9}$  à  $10^{-7}$  rad)
  - progrès instrumentaux des inclinomètres, particulièrement à l'IPGP, autorisant une résolution meilleure que  $10^{-9}$  rad (mais on se retrouve là justement à un niveau de bruit dont on ne sait s'il faut l'attribuer à l'instrument où à l'hydrologie non modélisée → c'est l'un des buts de cette étude que de préciser ce qu'il en est)
  - nombre d'études en inclinométrie (la plupart à finalité tectonique) font état du « parasite » que constitue le signal hydrogéologique
  - sujet de DEA (Thibault Rerolle, à Sisyphé) afin de prédire le signal inclinométrique à partir d'un modèle hydrologique-hydrogéologique réaliste (bassin de la Seine, avec MODCOU)
- **peut-on caractériser/mesurer les variations de stocks de certains aquifères au moyen de l'inclinométrie, à une échelle de temps allant de quelques minutes à quelques années ?**  
(on va éviter dans cette étude la coalescence avec les « gonflements »)

## Que mesure un inclinomètre?

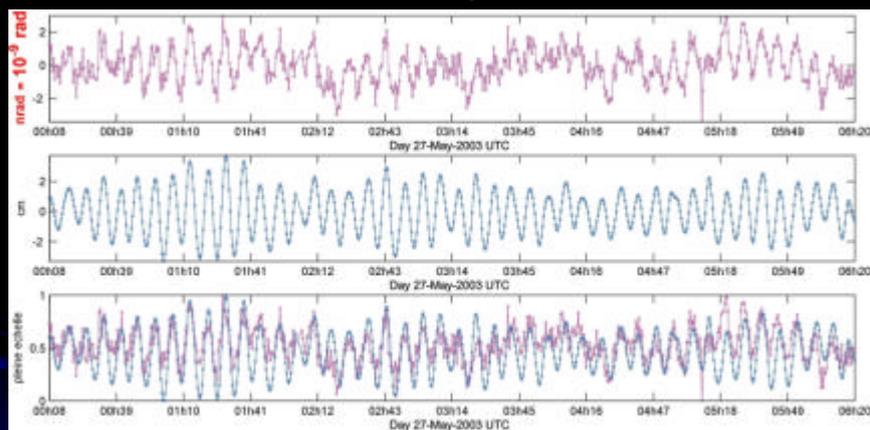


La différence entre l'inclinaison du sol / repère physique de référence initial, et l'inclinaison d'une équipotentielle / équipotentielle initiale.

# L'inclinomètre hydrostatique



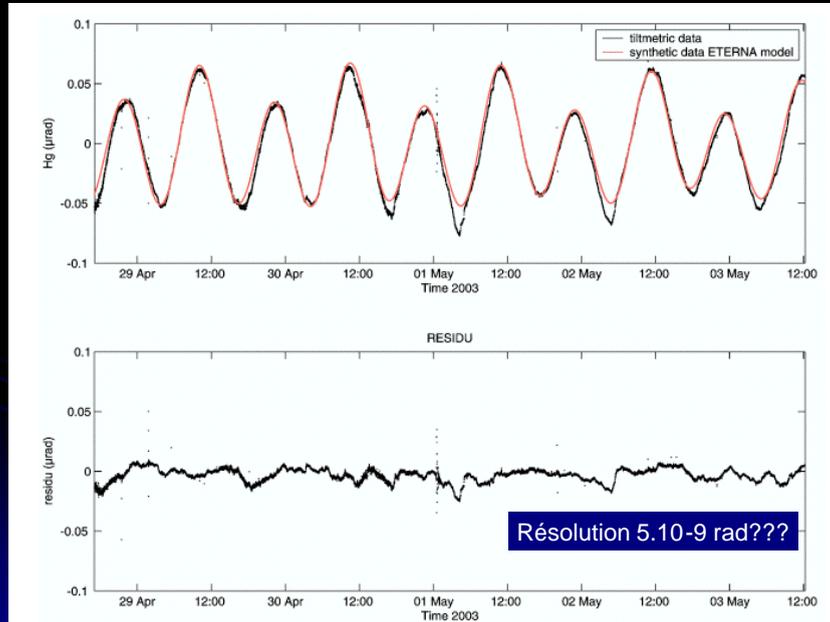
## Un exemple (éloquent) de signal une seiche dans le golfe de Corinthe



### Résumons:

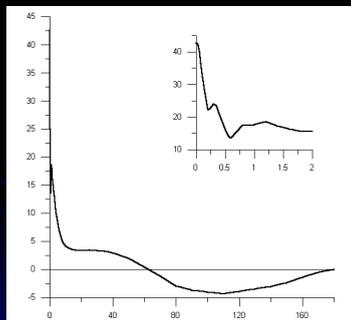
- à proximité de la charge de 6 cm crête-crête, nous avons  $4 \cdot 10^{-9}$  rad et une bonne corrélation
- la résolution semble être de  $10^{-9}$  rad pour une base de 15 m.

### Autres exemples



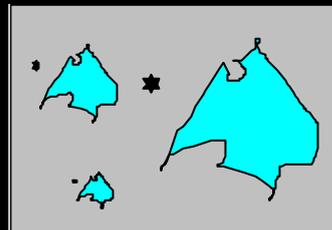
## Le calcul des effets de charge

C'est la méthode habituelle:  
formalisme de Green.



Une caractéristique fondamentale:

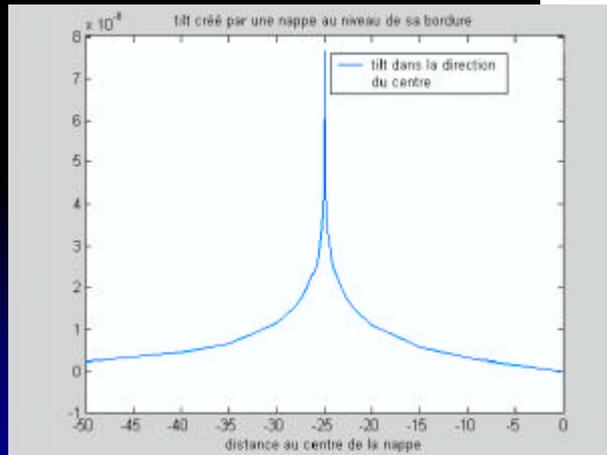
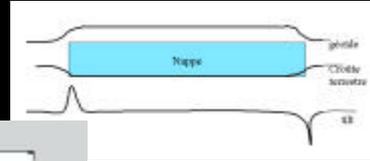
la fonction de Green est en  $1/r^2$



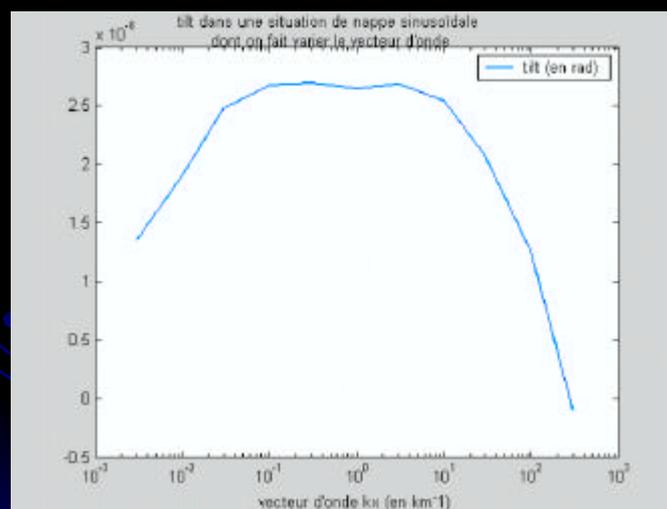
C'est un avantage et un inconvénient

## Un peu de modélisation

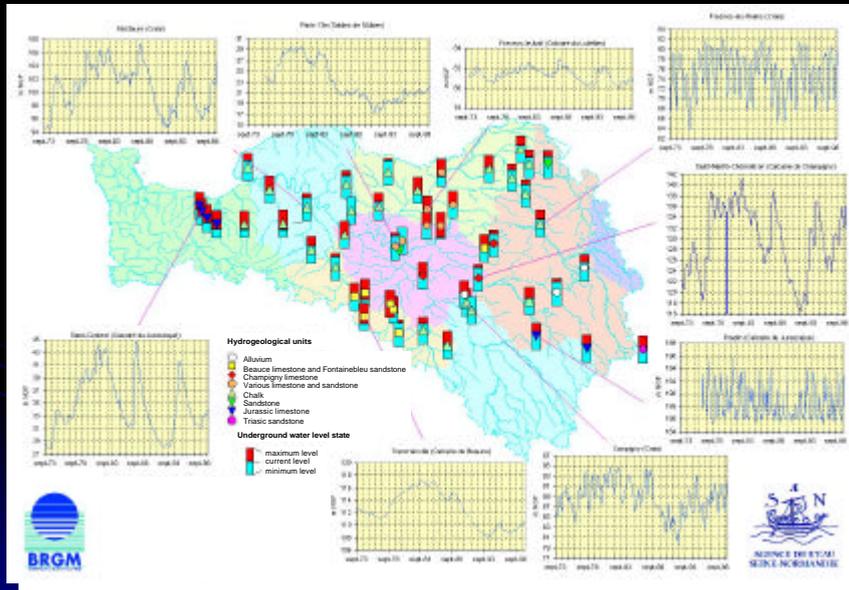
Nappe de 50kmX50km, 10 cm d'eau (=1 m à 10% de porosité)



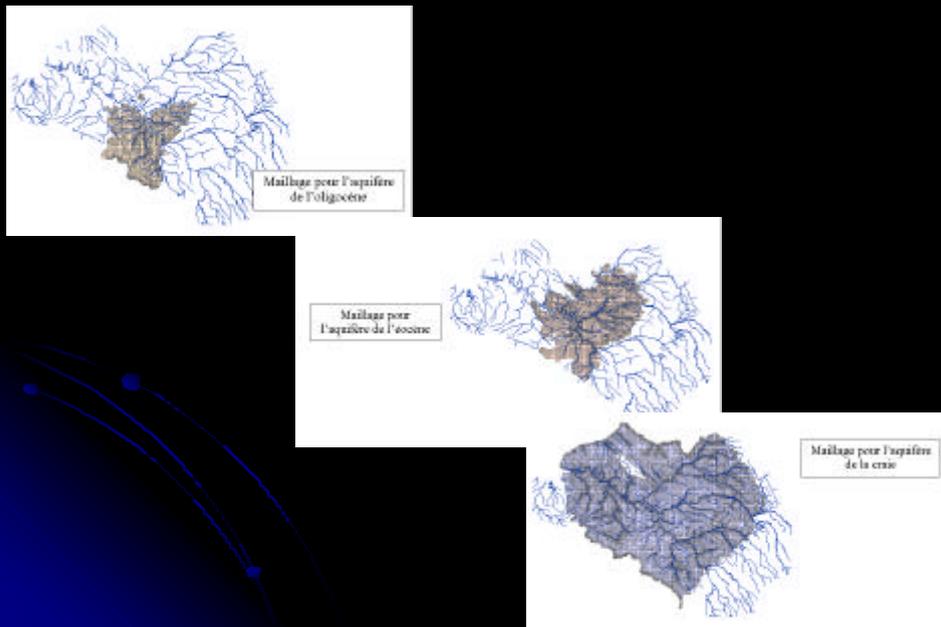
## Nappe d'épaisseur sinusoidale (50X50 km) inclinaison au centre

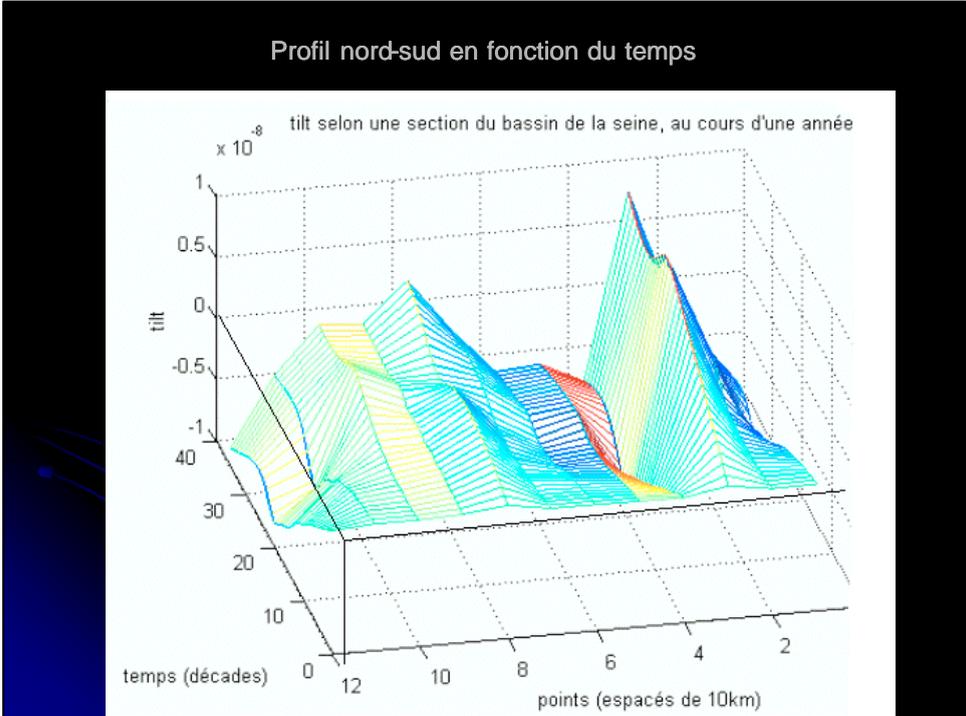
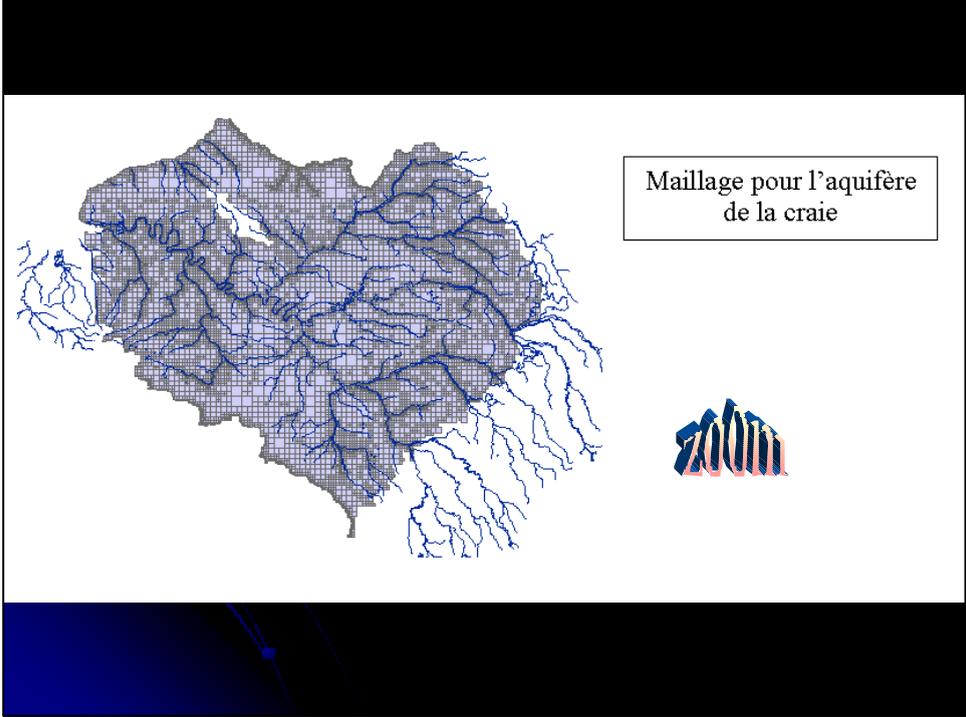


1973-1998

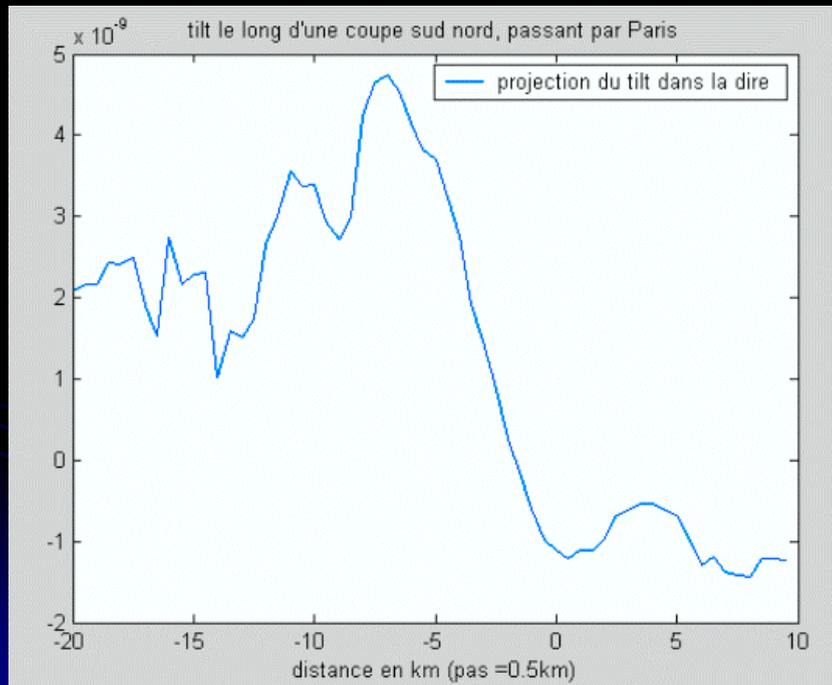
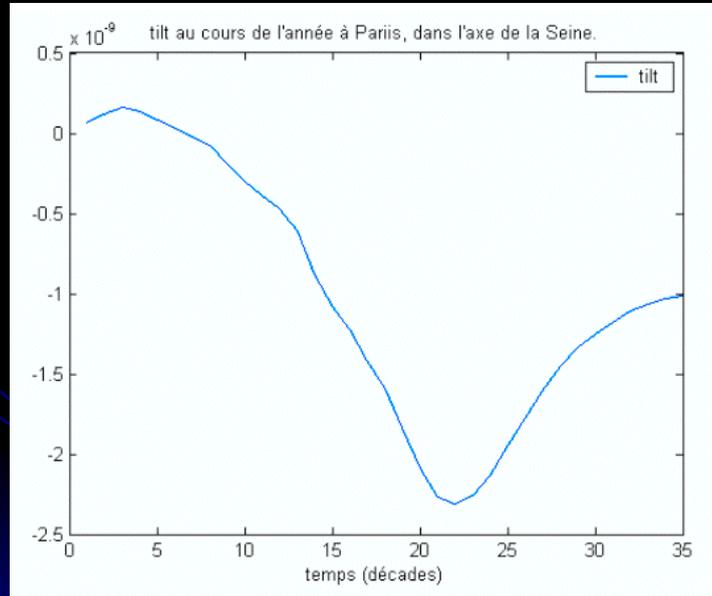


### Modèle MODCOU du bassin de la seine

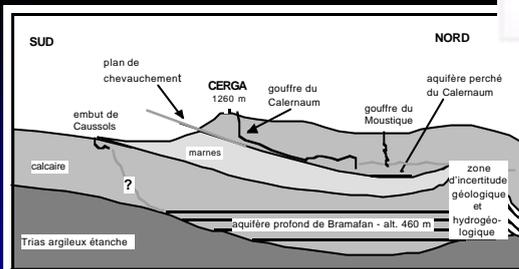
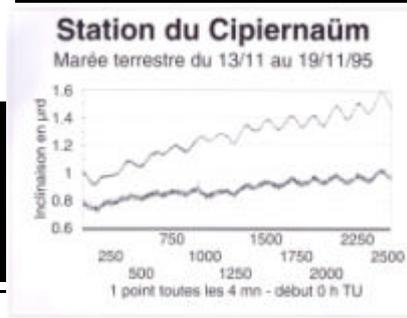




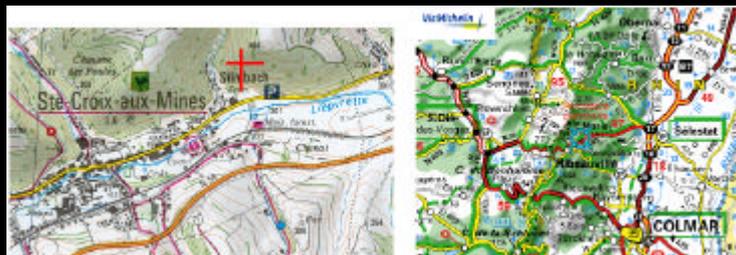
# A Paris,



## Projet en cours: site de Calern



## Site de Ste-Croix-aux-Mines

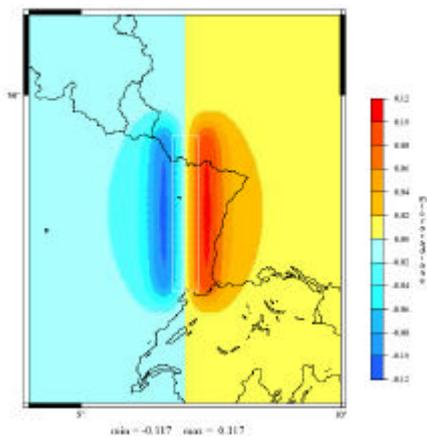


## Niche des capteurs

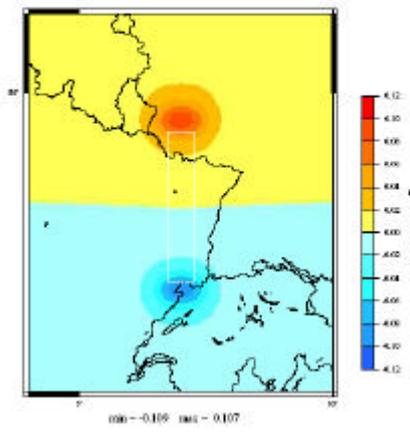


## Effet d'1 m d'eau dans la plaine d'Alsace

EFFET INCLINOMETRIQUE EO pour une nappe d'eau de 1m



EFFET INCLINOMETRIQUE NS pour une nappe d'eau de 1m



## CONCLUSION

- Nous continuerons de pencher pour l'inclinométrie
- Travail hydrogéologique important à faire
- Apport réciproque hydrologie-géodésie
- L'amélioration des instruments conduit à de nouveaux enjeux expérimentaux (rebonds, changements globaux...)