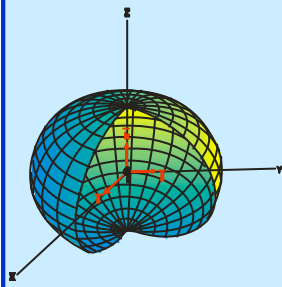




Le rebond post-glaciaire en Europe : apports des mesures géodésiques



Jean-Mathieu Nocquet

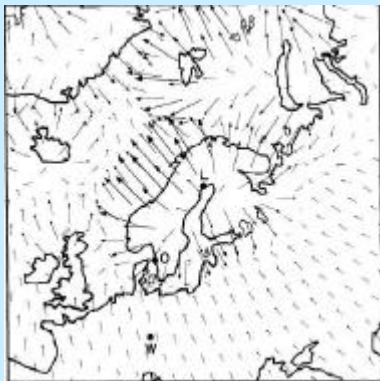
UMR Géosciences Azur - Sophia Antipolis - France
Laboratoire de Recherche en Géodésie - IGN - France
COMET, Department of Earth Sciences, Université d'Oxford, Royaume-Uni

Eric Calais
Department of Earth & Atmospheric Sciences, Université de Purdue, USA

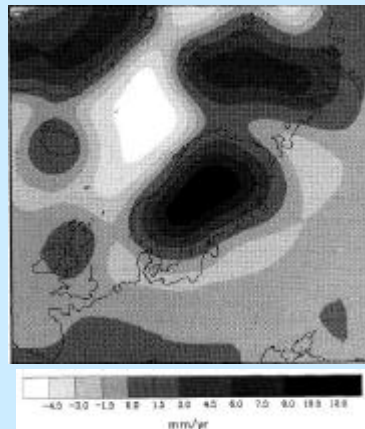
Barry Parsons
COMET, Department of Earth Sciences, Université d'Oxford, Royaume-Uni

Remerciement : Glenn Milne, University of Durham, Royaume-Uni

PREDICTION DES MODELES DE REBOND POST-GLACIAIRE



Mitrovica et al., 1994



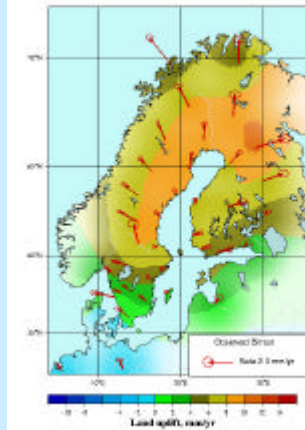
Amplitude des vitesses prédites par les modèles

- 1 mm/an en Europe
- ~ 1 cm/an de surrection en Scandinavie
- ~1-1.5 mm/an de subsidence sur l'Europe

RESULTATS DU PROJET BIFROST

Milne et al., 2001
Scherneck et al, 2003
Johanson et al., 2004

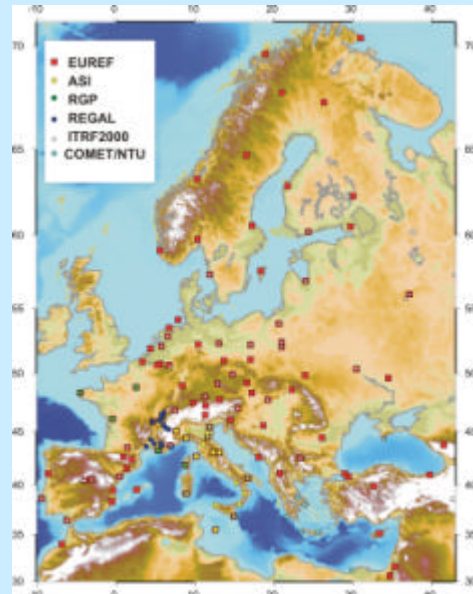
- Pouvons nous détecter le signal du rebond post-glaciaire au sud de la Scandinavie ?
- Quelle est la qualité des prédictions des modèles autour de la zone en surrection ?
- Quel est l'impact de cette déformation sur la définition d'un référentiel Europe stable sur les vitesses ?



ANALYSE DES RESEAUX GPS PERMANENTS EN EUROPE

Combinaison issues de 5 jeux de données

- Selection de sites de l'ITRF2000
- REGAL & COMET analysés avec GAMIT 10.1
- Séries temporelles du réseau européen EUREF/EPN obtenues à partir des solutions hebdomadaires et réalisées avec CatRef (Altamimi et al., 2002)
- sites bénéficiant d'au moins 2.5 années de mesure
- Combinaison des solutions en position-vitesse (logiciel CatRef)
- ~150 sites échantillonnant l'ensemble de l'Europe



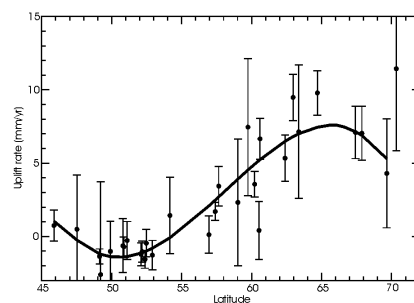
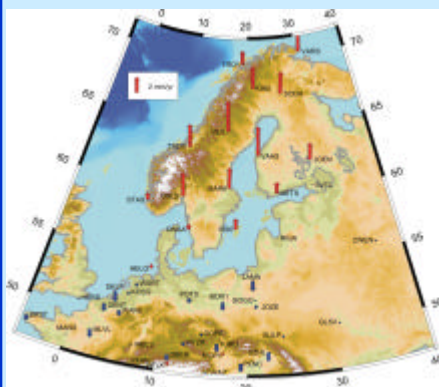
QUALITE DE LA SOLTION

- Le principal signal dans les séries temporelles est un terme annuel
- Ce terme peut-être estimé pour 95% des sites sur les positions horizontales, 60% pour la composante verticale
- Pour les sites pour lesquels on peut estimer ce terme, on trouve qu'après 2.5 années de mesure, prendre ou ne pas prendre en compte ce signal ne modifie pas la vitesse estimée Blewitt (2002)
- les sites les mieux déterminés ont un écart-type de
 - 0.2 mm/an (horizontal),
 - 0.6 mm/an (vertical)

Solution	Pos. hor. mm	Pos. vert. Mm	Vel. hor. mm/yr	Vel. vert. mm/yr	Scaling factor
EUREF	0.6	3.1	0.6	0.9	7.3
ITRF2000	0.5	1.9	0.3	1.1	2.8
RGP	0.6	3.4	0.2	1.0	7.4
REGAL	0.8	1.5	0.1	0.7	8.4
ASI	1.4	2.3	0.4	0.8	6.2
COMET	0.7	1.9	0.6	0.9	7.2

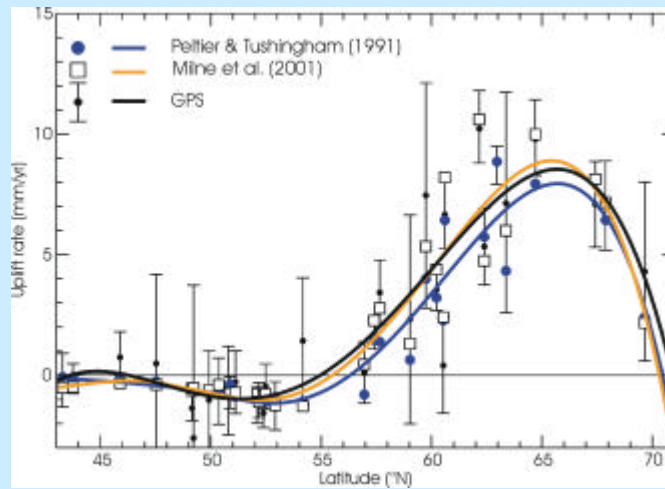
wrms des solutions individuelles dans la combinaison

RESULTATS : VERTICAL



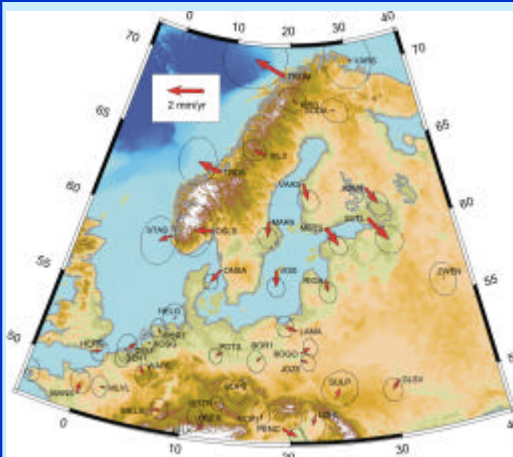
- la surrection mesurée sur la Scandinavie est compatible avec les valeurs proposées par Johanson et al. (2004)
- Le nord de l'Europe continentale (sud de la Scandinavie) est en subsidence
- La vitesse de subsidence maximale est de ~ 1.5 mm/yr aux latitudes $50.5\text{--}53^\circ\text{N}$
- La subsidence n'est plus détectée à partir de $\sim 45^\circ\text{N}$

COMPARAISON GPS/MODELES



- Niveau d'accord des vitesses GPS avec les modèles :
 - rms = 0.7 mm/yr Milne et al. (2001)
 - rms = 1.0 mm/yr Peltier and Tushingham (1991)
- La transition surrection/subsidence est correctement prédite par Milne et al. (2001)
- Le modèle de déglaciation de Lambeck et al. (1998) fournit une meilleure prédiction des vitesses verticales GPS

VITESSES HORIZONTALES

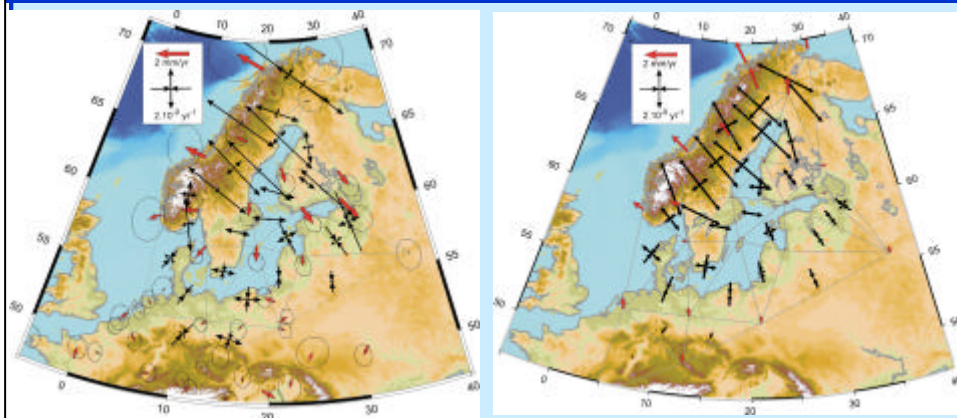


- claire extension en Scandinavie
- le centre de la figure est localisée à l'endroit où la calotte glaciaire présentait son maximum
- amplitude du taux de déformation : $\sim 2 \text{ mm/yr}$ sur 200 km, 10^{-8} an^{-1}

- Problème de définition du système de référence pour mesurer le rebond

- les modèles de rebond ne prennent pas en compte la tectonique des plaques ...
- mais prennent en compte des effets qui induisent des déformations à grande longueur d'onde
- les données géodésiques seules ne permettent pas de déterminer des vitesses « absolues » (condition NNR)

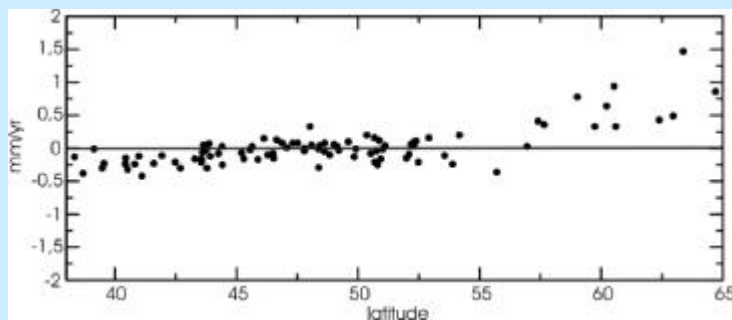
COMPARAISON GPS/MODELE : CHAMP DE DEFORMATION



Prédiction du modèle Milne et al., 2001

- Accord excellent sur la Scandinavie avec le modèle de Milne
- Au sud de la Scandinavie, l'axe principal compressif est systématiquement dirigé vers le centre du golf de Botnie
- Au sud de la latitude 52°N, on ne détecte plus de déformation significative (à la précision des observations)
- Les données géodésiques sont capables de détecter des taux de déformation de $\sim 10^{-9}$ an⁻¹

PREDICTION DES MODELES EN CHAMPS LOINTAINS



Différence des résidus dans l'estimation d'un mouvement de plaque rigide avant et après application de la correction de rebond post-glaciaire

- χ^2 et rms après application de la correction de rebond post-glaciaire
 - Scandinavie seule : χ^2 72%, rms 0.6 mm/yr \rightarrow 0.3 mm/yr
 - Scandinavie et nord de l'Europe : χ^2 20%, rms 0.3 mm/yr \rightarrow 0.3 mm/yr
 - Europe centrale et occidentale : χ^2 augmente de 30%, rms 0.4 mm/yr \rightarrow 0.5 mm/yr
- Effet tectonique ou mauvaise prédiction des modèles ?

CONCLUSIONS

- La précision atteinte par les réseaux GPS permanents permet aujourd'hui de détecter la déformation 3D du rebond post-glaciaire au-delà de la zone en surrection
 - contraintes sur la viscosité, en particulier du manteau supérieur
 - applications pour la tectonique de l'Europe de l'Ouest

Sur les vitesses verticales :

- la zone en surrection est entourée par un anneau de subsidence
- la vitesse de subsidence maximum est de ~ 1.5 mm/yr et décroît lentement vers le sud jusqu'à devenir nulle à la latitude 45°N
- l'accord avec le modèle de Milne et al. (2001) est excellent (rms 0.7 mm/an)

Sur les vitesses horizontales :

- l'extension dans la zone de surrection est entourée par un anneau de raccourcissement
- pour l'instant, on ne peut pas résoudre de déformation au sud de la latitude 52°N
- l'accord avec le modèle de Milne et al. (2001) est excellent sur la Scandinavie et le nord de l'Europe
- Plus au sud, cet accord se dégrade

- Impact du rebond sur la définition d'un référentiel Europe stable (à partir de l'Europe centrale) : < 0.1 mm/yr

THE WESTERN MEDITERRANEAN

