



Variations spatio-temporelles des masses d'eau à la surface de la Terre

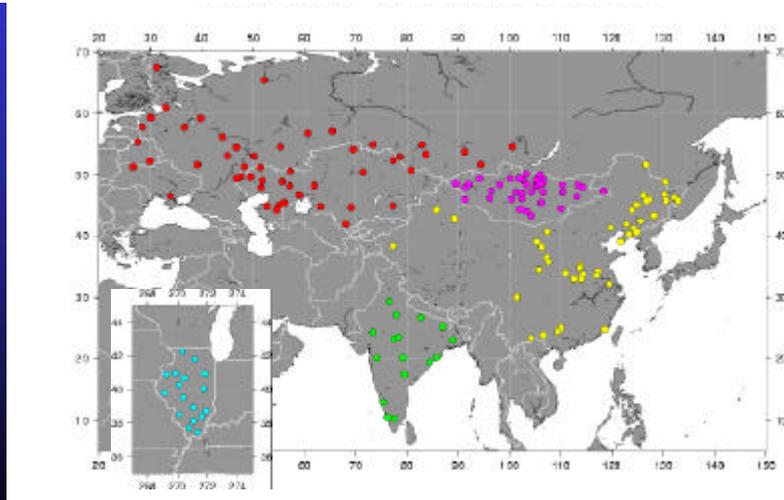
Surfaces continentales :

Humidité du sol, eaux souterraines
et couverture neigeuse

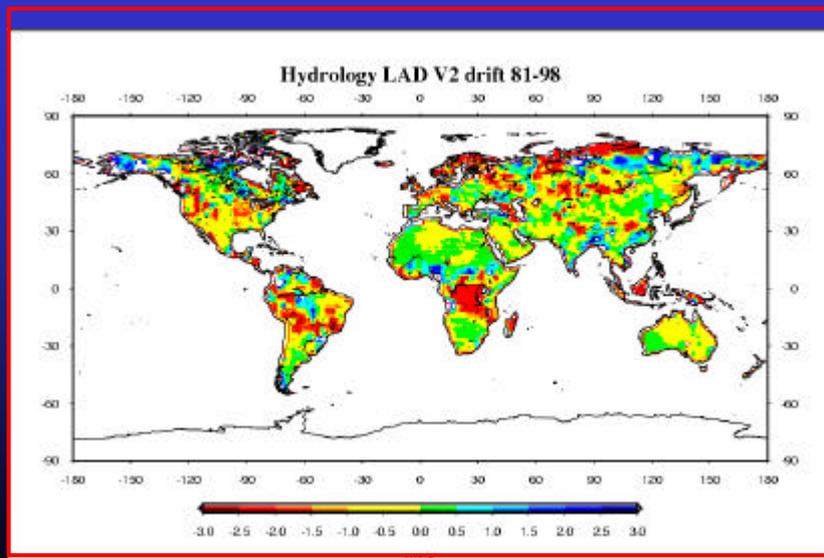
Océanographie physique :

Redistribution des masses océaniques
Evolution de la masse totale (eustatisme)

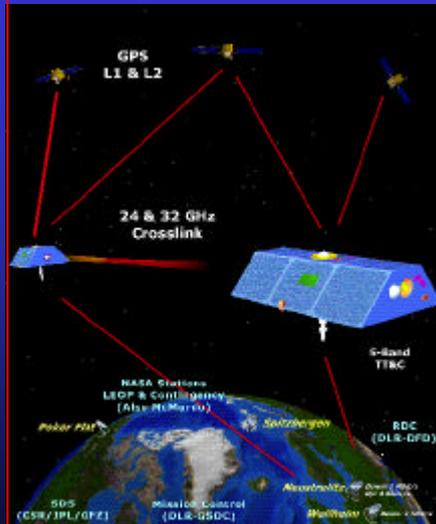
Distribution globale des stations SW (source: Robock et al., 2000)



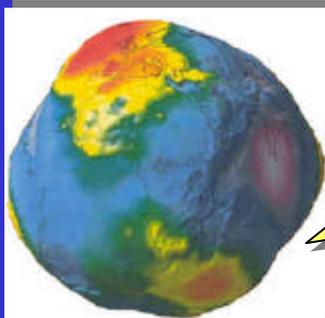
Trends in Land Water Storage (1981-1998)



Gravity Recovery & Climate Experiment



$$dN(\mathbf{q}, l, t) = \frac{G}{g} \iiint_{\text{volume}} \frac{dm(\mathbf{q}', l', t)}{d(\mathbf{q}, l, \mathbf{q}', l')}$$



HAUTEUR DU GEOIDE

$$dN(s,t) = \frac{G}{g} \iiint_V \frac{dm(r,t)}{|r-s|}$$

Contribution « statique »



99% du champ mesuré

Contrastes de densité dans la Terre solide...

+

Variations temporelles



• PGR, tremblements terre, glissements de terrain,...

• Redistributions de masses fluides superficielles:

atmosphère, océans, eaux continentales (FW+SM+GW)

Fiche technique... sur les données de GRACE

Source: GFZ (Potsdam) & CSR (University of Texas)

Composantes : eaux continentales + variations non-tidales atmosphère/océans

Géoïdes mensuels sous forme de listes coefficients «normalisés» de Stokes + incertitudes

♣ Période couvrant APR/MAY 2002 - MAY 2004... mais série incomplète !

♣ Développement $n < 100-200$ soit résolution spatiale $\sim 200-300$ km

Attention : Présence de bruit et larges incertitudes pour $n > 10-15$!

Première analyse des données de GRACE

♣ Synthèse de cartes mensuelles... **filtrées aux degrés 10-15 !**

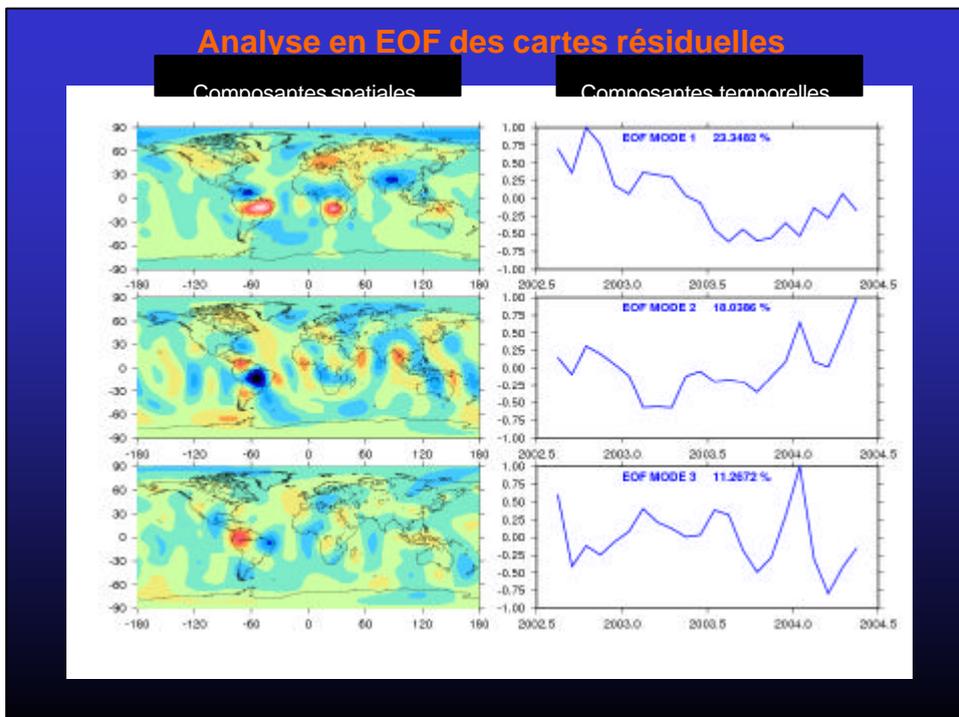
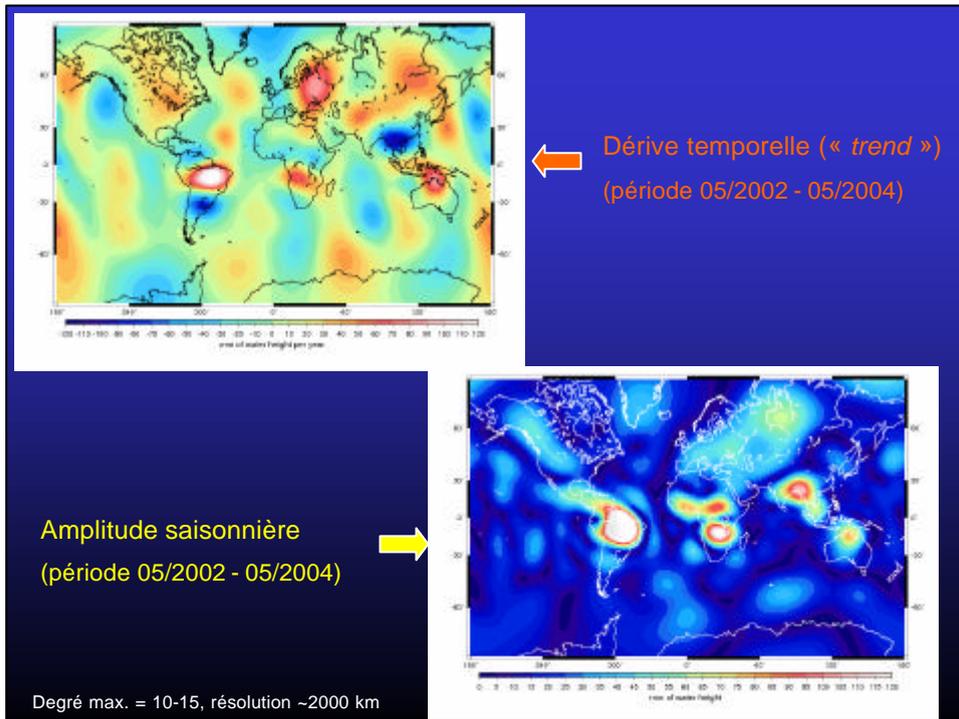
♣ Calcul des variations temporelles :

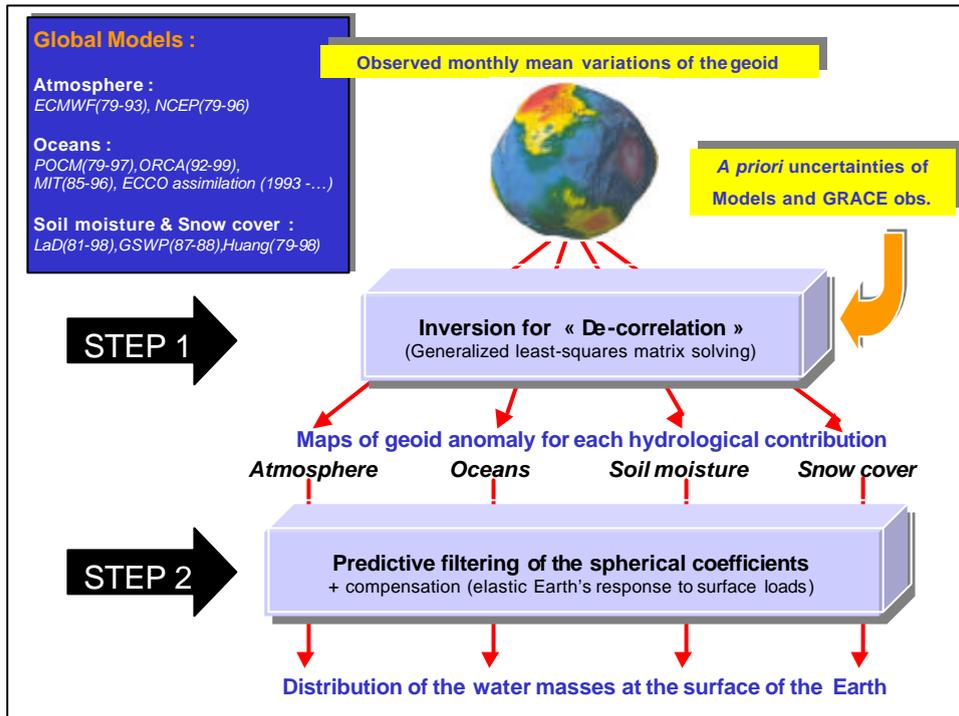
$$dG_{nm}(t) = G_{nm}(t) - G_0$$

♣ Calcul de la dérive temporelle et du cycle saisonnier :

$$dG_{nm}(t) = A_{nm}t + B_{nm} + C_{nm} \cos(2\pi \frac{t}{T} + j) + (residus)_{nm}$$

avec $T = 1$ an





STEP 1 : « De-correlation » par méthode inverse L2

Le système linéaire à résoudre est le suivant :

$$[C_D + C_M + AC_{k,\Delta t}A^T]\mathbf{x} = \Gamma_{obs}(t) - A\Gamma_k^0(t)$$

$$\Gamma_k(t) = \Gamma_k^0(t) + C_{k,\Delta t}\mathbf{x}$$

Les matrices de covariances sont calculées avec les sorties de modèles :

$$C_{k,\Delta t} = [F_k(\Delta t) - \overline{F_k}]^T [F_k(\Delta t) - \overline{F_k}]$$

STEP 2 : Estimation des variations de masse d'eau par filtrage

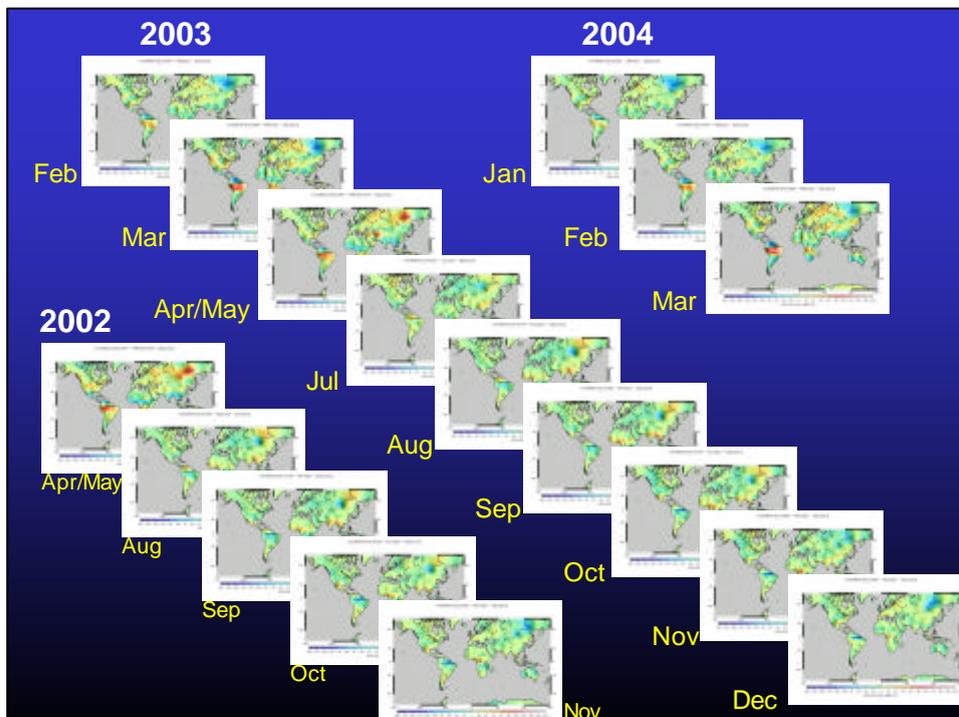
Filtrage des coefficients du géoïde estimés précédemment:

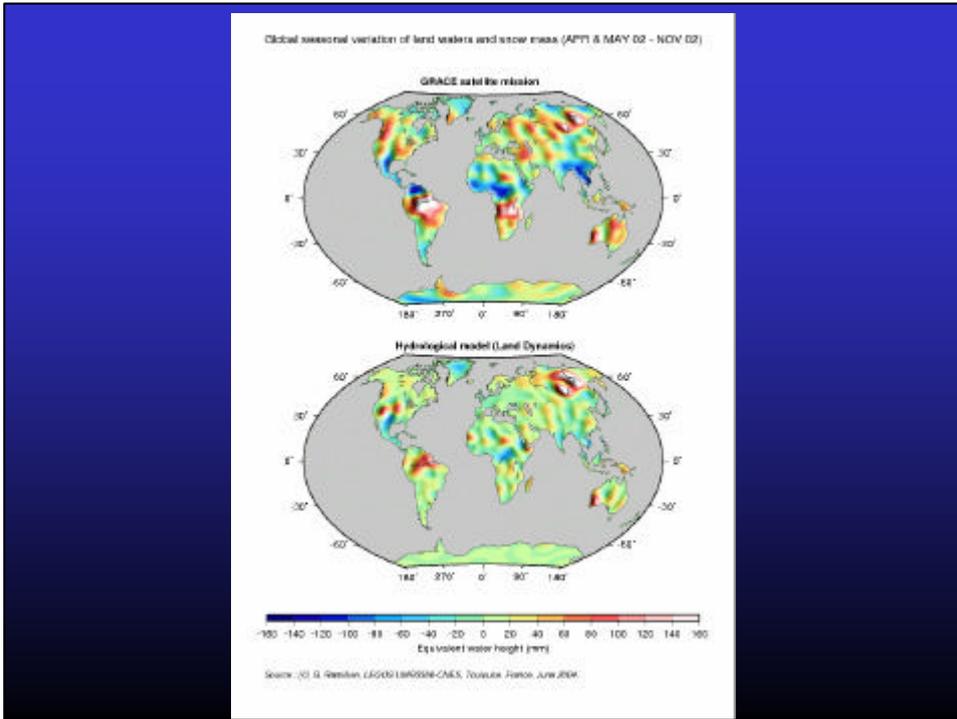
$$\begin{pmatrix} \Gamma_{nm}^c \\ \Gamma_{nm}^s \end{pmatrix}_{\text{WATER}} \approx W_n^{-1} \begin{pmatrix} \Gamma_{nm}^c \\ \Gamma_{nm}^s \end{pmatrix}_{\text{GEOID}}$$

Expression du filtre isotropique -prise en compte de la compensation-

$$W_n = \frac{4pGRr_w}{(2n+1)g(q)} (1 + k'_n) \quad (\text{Ramillien, 2002})$$

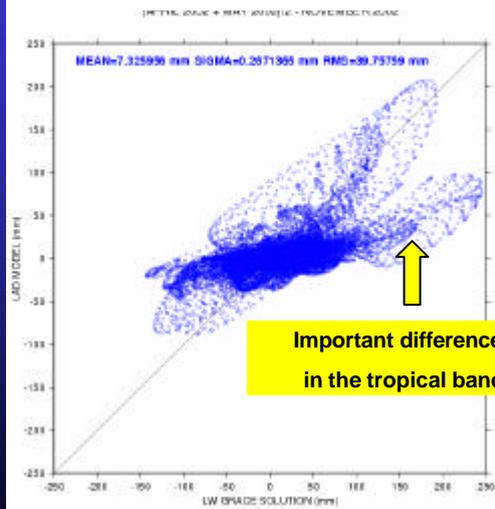
$$W_n = \frac{3r_w}{(2n+1)r_E} (1 + k'_n) \quad (\text{Wahr et al., 1998})$$



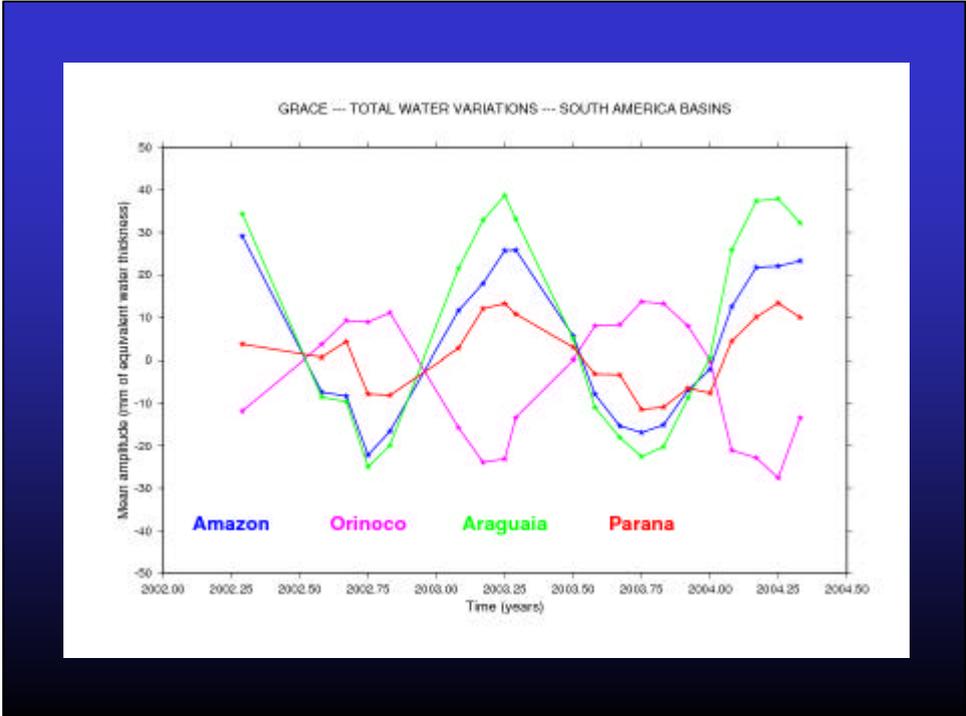
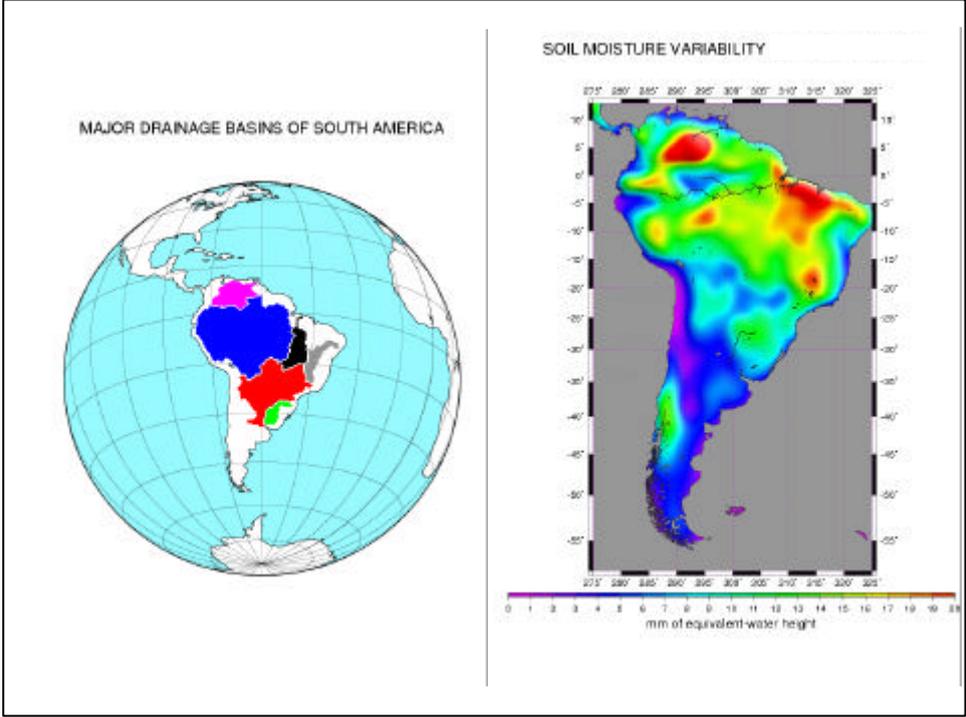


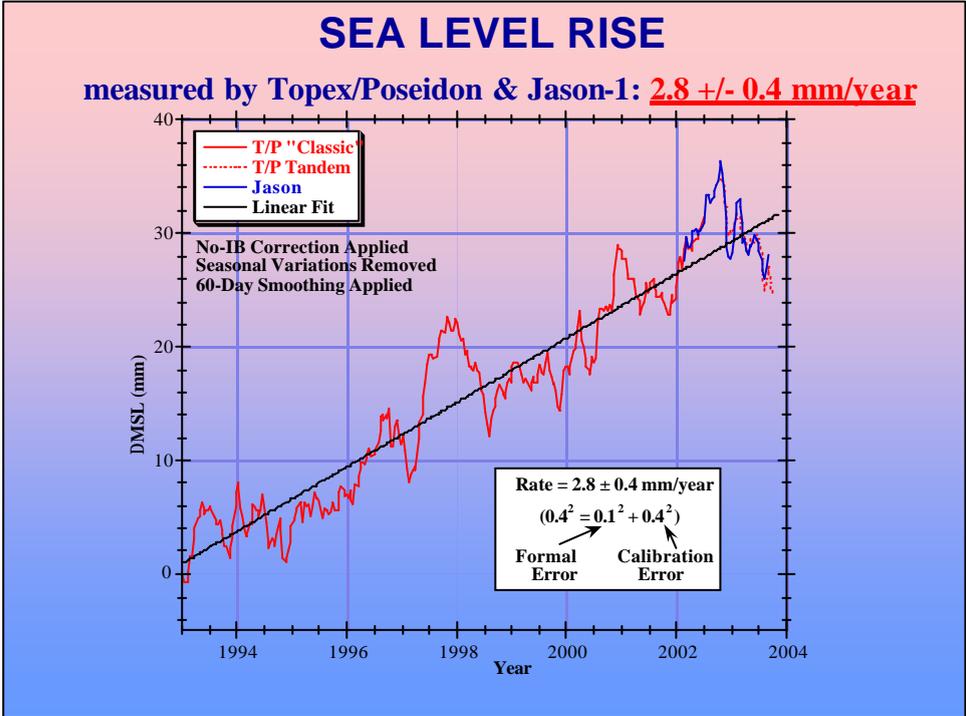
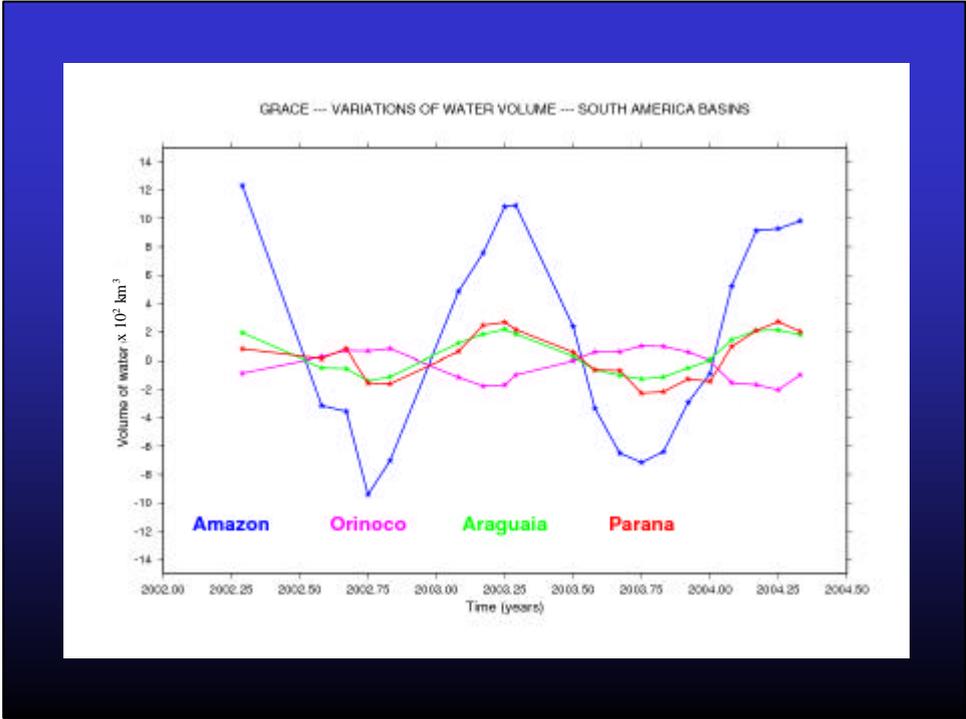
Seasonal variations : 04&05/2002 – 11/2002

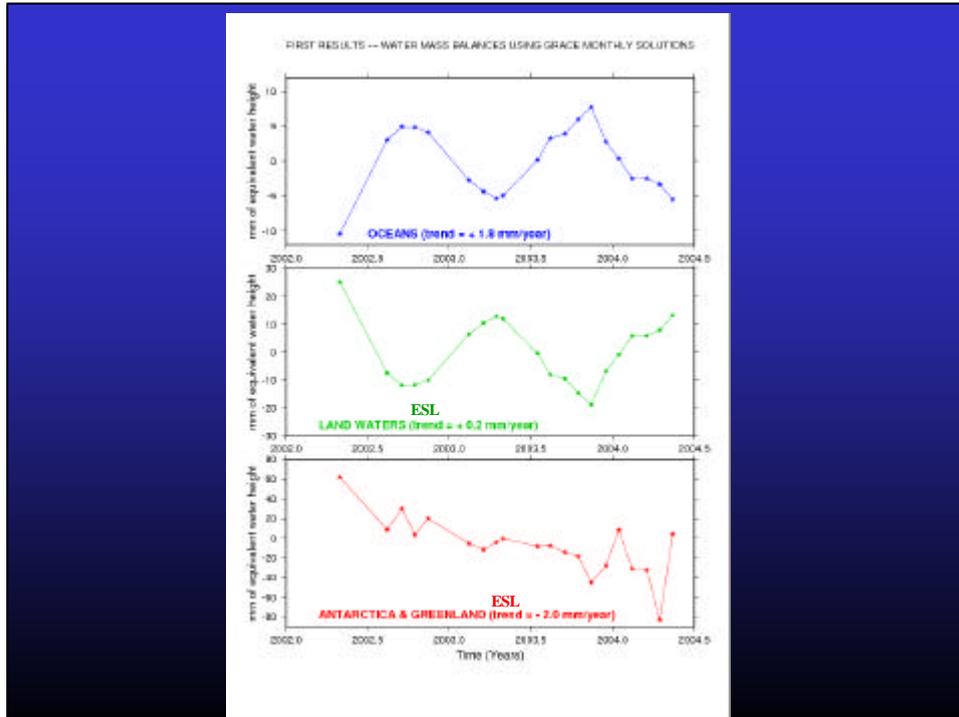
GRACE vs LaD Model RMS =39.75 mm for DEG=30



**Important differences
in the tropical band**







Conclusion

- Développement et application d'une méthode inverse pour séparer les contributions fluides des géoïdes mensuels de GRACE
- Extraction de séries temporelles de paramètres hydrologiques par combinaison de différents type de données (ex. modèles globaux)
- Mesure directe de bilans de masse d'eau au cours du temps : échanges globaux de masses fluides --- cycle externe de l'eau ---