

► Grace se met en cartes

## Sources

### Global time variations of hydrological signals from GRACE satellite

Ramillien G., Cazenave A., and Brunau O., *Geophys. J. Int.*, vol. 158, 813–826, 2004.

### Time variations of the land water storage from an inversion of 2 years of GRACE geoids

Ramillien, G., Frappart F., Cazenave A., and Güntner A., *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 235, 283–301, 2005.

### Time variations of the regional evapotranspiration rate from Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite gravimetry

Ramillien G., Frappart F., Güntner A., Ngo-Duc T., Cazenave A., Laval K., *Water Resources Research*, vol. 42, pp 1-8, 2006.

Pour étudier l'évolution du climat et ses conséquences, la communauté scientifique développe des méthodes de mesure précises ainsi que des modèles pour quantifier les interactions entre le sol et l'atmosphère. L'eau est un des éléments essentiels de cette interaction et la connaissance de la répartition des masses d'eau en temps réel est une des clés essentielles de la maîtrise des modèles climatiques. Cependant, la mesure locale de ces quantités est souvent difficile et particulièrement coûteuse, d'où l'intérêt de recourir à des mesures satellitaires pour les évaluer globalement.

Une équipe franco-allemande menée par Guillaume Ramillien s'est donc intéressée à la mise au point d'une méthode d'évaluation des masses d'eau stockées sous ses différentes formes à partir des données fournies par le système [GRACE](#). Ce système fournit depuis 2002 à intervalles réguliers (de 10 jours à 1 mois), une cartographie des valeurs moyennes de gravité terrestre mesurées pour l'ensemble du globe.

La gravité est le reflet de la masse comprise entre le satellite et le centre de la Terre. Cette masse est constituée par la terre solide, l'eau présente dans les nuages et celle présente dans et sur les sols. Pour simplifier, la masse due aux constituants rocheux de la Terre en un point donné est considérée comme constante à l'échelle de temps considéré. Les variations locales de la gravité sont attribuées au déplacement des masses d'eau. Les variations climatiques ainsi que les activités humaines (irrigation, pompage d'eaux souterraines) participent au transfert de ces masses entre les différents réservoirs que sont l'eau atmosphérique, la neige, la glace, les eaux de surface et l'eau retenue dans les sols.

Le champ gravitationnel terrestre se représente graphiquement comme une sphère bosselée. De manière plus scientifique, les données sont transformées en équations mathématiques. Le procédé fait appel à la méthode des [harmoniques sphériques](#), un moyen de représenter mathématiquement un volume complexe.

L'équipe scientifique commence par soustraire aux mesures brutes la valeur moyenne de la gravité, évaluée à partir des données accumulées depuis le début de la mission. Le résidu obtenu, est la partie de la gravité qui varie lentement (lentement signifie ici approximativement au rythme des saisons). Une fois le champ gravitationnel reconstitué, la méthode des moindres carrés généralisée donne par itérations successives une estimation de la répartition des masses qui créent ce champ. Cinq opérations successives sont nécessaires pour obtenir des valeurs calculées qui collent au plus près des mesures.

► Régime minceur pour les glaces septentrionales...

Notes

**Harmoniques sphériques :**

Ensemble de fonctions mathématiques représentant une donnée en trois dimensions. Les harmoniques d'ordre successif représentent la contribution de chaque ordre de grandeur aux valeurs mesurées. Pour la gravimétrie, l'harmonique de degré zéro correspond à la contribution de la sphère dont la surface est la plus proche de la surface de la Terre. L'harmonique de degré deux correspond à la contribution de l'aplatissement de la Terre aux pôles. L'harmonique de degré trois représente la contribution de la légère forme en poire de notre planète. Et ainsi de suite... Pour ces études, les auteurs utilisent des harmoniques jusqu'au niveau trente.

**Résolution au sol :**

La résolution au sol est la plus petite distance séparant deux points pour lesquels le système peut effectuer des mesures différentes.

Fig. 1 : Stocks d'eau en juillet 2003

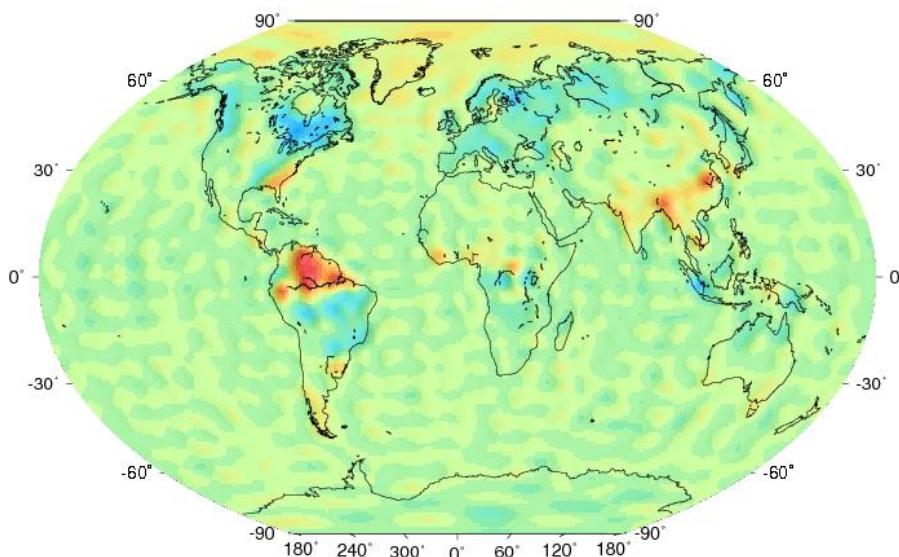
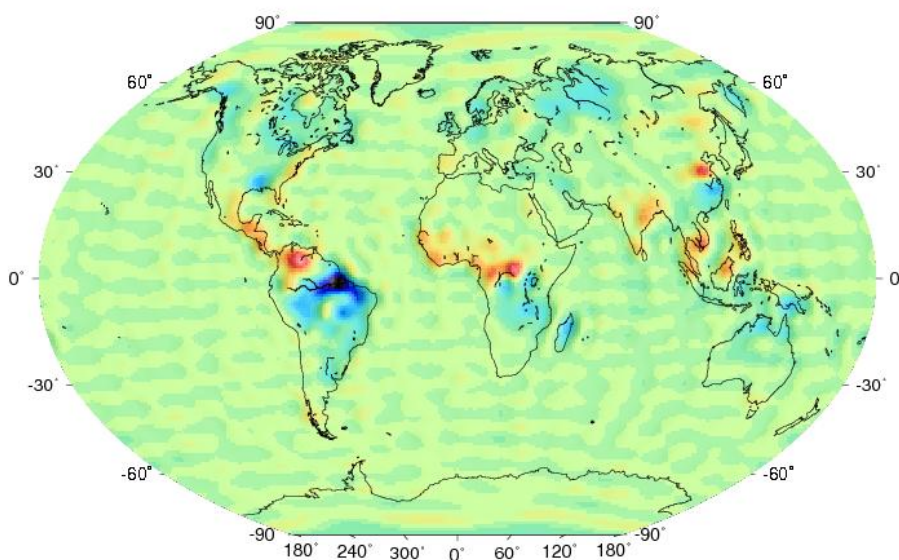


Fig. 2 : Stocks d'eau en novembre 2003



## ► Régime sec pour les terres émergées !

### Contacts chercheurs

Guillaume Ramillien

UMR5566 Laboratoire d'Etudes

en Géophysique et

Océanographie Spatiales

(LEGOS)

Toulouse

[guillaume.ramillien@notos.cst](mailto:guillaume.ramillien@notos.cst.cnes.fr)

[.cnes.fr](http://www.cnes.fr)

### + sur le web

[LEGOS](#)

[Laboratoire des Mécanismes  
et Transferts en Géologie](#)

[Institut de Recherche et de  
Développement](#)

[Laboratoire de Météorologie  
Dynamique](#)

[GeoForschungZentrum](#)

[Mission Grace](#)

### + sur le CNES

[CNES](#)

[Missions scientifiques du  
CNES](#)

En appliquant cette technique aux valeurs recueillies au cours du temps, les équipes sont capables d'attribuer les variations observées à l'évolution des quantités d'eau présentes dans les différents compartiments que sont les eaux de surface, la glace ou la neige, les eaux souterraines, l'humidité des sols et les nuages. Dans ses calculs, l'équipe est allée jusqu'aux limites de précision du système « GRACE ». La [résolution au sol](#) de ces mesures est de l'ordre de 400 kilomètres. Dans les articles cités en référence, l'équipe a démontré la validité de cette méthode et l'a appliquée pour mesurer l'évolution du volume d'eau total à l'échelle de grands bassins hydrographiques comme celui de l'Amazonie, du Mississipi, du Gange, du Mekong... etc. Dans d'autres articles, les masses de glace des pôles ont également été évaluées.

Bien que la durée de la mission ne soit pas encore très longue, des tendances commencent à se dessiner. Sur la période mi 2002-mi 2006, les terres émergées ont perdu en moyenne 60 km<sup>3</sup> d'eau par an et la perte de volume de glace en Antarctique de l'Ouest et au sud-est du Groenland est de l'ordre de 100 km<sup>3</sup>/an.

L'accumulation de données de gravimétrie rend déjà possible des estimations des variations des masses d'eau océaniques. Celles-ci, combinées aux données d'altimétrie provenant d'autres satellites (Jason), seront utilisées pour établir des modèles thermiques et dynamiques des océans. Ces derniers jouent aussi un rôle fondamental dans l'évolution des climats.

### Grace (Gravity Recovery and Climate Experiment) :

Lancée le 17 mars 2002, cette mission spatiale, développée conjointement par la NASA et le DLR, cartographie avec précision les variations du champ de gravité terrestre. Deux satellites identiques se suivent à 220 kilomètres l'un de l'autre sur une orbite polaire à 500 kilomètres d'altitude. Quand le premier satellite, passe dans une région où la gravité est plus élevée, il est tiré vers le bas et accéléré. La distance qui le sépare du satellite de queue augmente alors. En sortant de cette zone, le premier satellite ralentit et remonte et le second accélère et descend. C'est de la mesure de l'altitude et de ces accélérations que les scientifiques déduisent les valeurs du champ de gravité. La distance entre les deux satellites est mesurée en utilisant un système GPS et un système de mesure directe par micro-ondes.

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication : **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction : **Pierre Tréfouret** ■ Rédacteur en chef : **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction : **Martine Degrave**

■ Diffusion du magazine : **INIST diffusion** ■

#### Abonnement

Envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Française](#)

ou à :

[Abonnement version Anglaise](#)

#### Désabonnement

Envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Française](#)

ou à :

[Désabonnement version Anglaise](#)