

LES DÉFORMATIONS VERTICALES DU SOL PAR LA MESURE DE L'ACCÉLÉRATION DE LA PESANTEUR

M. Van Camp¹, O. de Viron², T. Camelbeeck¹

¹Séismologie-Gravimétrie, Observatoire royal de Belgique

²Univ. Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, Institut de Physique du Globe, UMR 7154 CNRS.

Introduction

Il y a un peu plus de 10 000 ans, la fonte des glaces libérait le nord de l'Europe et du Canada d'une couche de glace dont l'épaisseur atteignit, au maximum glaciaire, il y a 21 000 ans, plusieurs kilomètres. Sous l'effet de ce poids gigantesque, la lithosphère s'était enfoncée dans le manteau sous-jacent. A cette époque, le sol a été jusqu'à 300 m plus bas par rapport à son niveau actuel en Scandinavie ; cette descente atteignit même le kilomètre dans le nord du Canada. Libérée du poids de la glace, la lithosphère est poussée par le manteau à reprendre sa place et remonte, tel un navire que l'on décharge. Comme le manteau est très visqueux, le retour à la normale prend du temps, surtout là où la déformation était grande, et ses effets se font encore toujours sentir en Scandinavie, au Canada, en Antarctique et au Groenland. Par exemple, le centre de la Suède remonte de nos jours à une vitesse voisine du centimètre par an et il faudra encore attendre 45 000 ans pour voir ce taux se réduire d'un facteur 10 !

L'intérêt de mesurer l'ajustement postglaciaire est multiple : (1) parce que les caractéristiques de ce rebond sont fonctions des propriétés mécaniques (ou rhéologiques : densité, viscosité, compressibilité) du manteau, mesurer ce mouvement permet d'affiner notre connaissance du maté-

riel qui compose le manteau ; (2) parce que le mouvement postglaciaire se mélange avec l'élévation du niveau des mers dans les quantités que l'on mesure : d'une part parce que les marégraphes sont posés sur un continent en mouvement vertical, d'autre part parce que, si le fond des océans remonte, leur surface également ; il est donc vital de le corriger pour une meilleure détermination de l'élévation du niveau des mers ; (3) parce que les caractéristiques spatio-temporelles de cet ajustement dépendent de la quantité et de la distribution géographique des glaces à l'ère glaciaire, on peut se servir des données d'ajustement postglaciaire pour mieux con-

naître le climat à cette époque ; (4) enfin, parce que le mouvement postglaciaire peut cacher d'autres mouvements verticaux, améliorer les modèles de mouvement postglaciaire permettra de mettre en évidence d'autres signaux.

Pendant des siècles, les Scandinaves ont observé une baisse progressive du niveau de la mer liée à la remontée des terres et, dès le début du XVIII^e siècle, Anders Celsius (1701-1744) débuta le suivi scientifique du phénomène, entre autre par la marque d'un rocher à Lövgrunde, à 200 km au nord de Stockholm, où le rebond postglaciaire atteint 8,3 mm/an (Figure 1). Plus tard, les mesu-

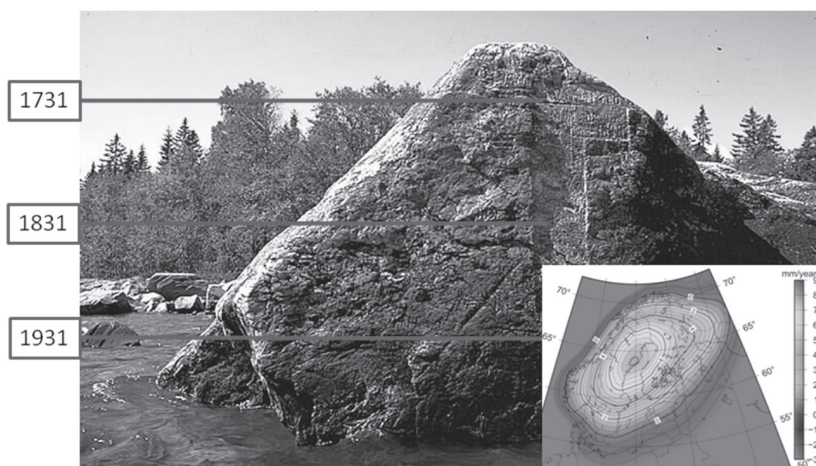


Figure 1 : Vitesses verticales du sol en Scandinavie, d'après le modèle NKG2005LU et rocher de Lövgrund, qui est remonté de 2,3 m depuis son marquage par Anders Celsius en 1731, soit une vitesse de 8,3 mm par an (crédits Lantmäteriet, http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=15100 et P.-N. Nilsson, ©RAÄ, <http://kmb.raa.se/cocoon/bild/show-image.html?id=16000300030498>). (Voir également page 2 de couverture pour une version couleur de la Figure)

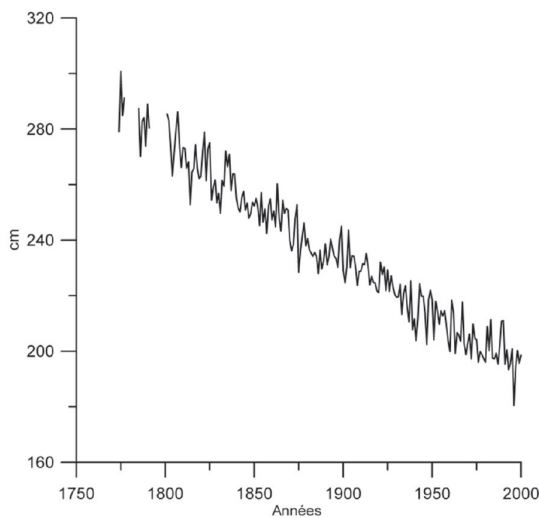


Figure 2 : Données du marégraphe de Stockholm : l'apparente baisse du niveau de la mer est due à la remontée de la Scandinavie, atteignant 4 mm/an à Stockholm (données : Ekman, 2003, disponibles sur : http://www.psmsl.org/products/author_archive/#martin_ekman).

res des marégraphe (Figure 2) et de nivellement fournissent de précieuses données pour étudier le phénomène. Ces vingt dernières années, ce sont les mesures de géodésie spatiale (GPS, interférométrie à très longue base) et de gravimétrie absolue qui ont pris le relais (Ekman, 2003).

Si la Scandinavie et le nord du Canada remontent, les modèles prédisent qu'à la périphérie, dans des régions comme le Danemark, le mouvement attendu serait nul, et, aux latitudes comprises entre 45 et 55° nord, on devrait observer un enfoncement (ou « subsidence ») atteignant le millimètre par an (Figure 3). Cependant, les vitesses attendues sont très faibles, d'un ordre de grandeur inférieur à celles observées au centre de la Scandinavie, et à l'heure actuelle, il est toujours difficile de les isoler dans les mesures géodésiques.

Les données de GPS (Global Positioning System-Système de positionnement par satellite), utilisées par exemple pour nos navigateurs de voiture, ne donnent la position qu'à quelques mètres près. Pour augmenter cette précision, il est nécessaire de passer par un processus complexe de traitement des données, dont une partie importante consiste à re-placer la mesure dans un système de stations « de référence » dont

on estime que les positions sont bien connues. En d'autres termes, la mesure de la position ou du déplacement d'un récepteur GPS se fait toujours par rapport à d'autres stations. La stabilité des systèmes de référence n'est toutefois pas encore suffisante pour permettre au GPS de mesurer les mouvements verticaux au niveau du millimètre par an, surtout s'ils s'étendent sur des zones très étendues : en effet, si des précisions millimétriques ou submillimétriques peuvent être atteintes par différence entre des stations GPS voisines d'au plus quelques dizaines de kilomètres, il est par contre impossible, à l'heure actuelle,

d'utiliser le GPS pour mesurer à l'échelle continentale un mouvement vertical avec cette précision. Autrement dit, le GPS ne peut nous dire si, en termes absolus, la côte s'enfonce ou remonte. C'est pourtant primordial pour l'étude des variations du niveau moyen des mers, surtout en zones côtières peu élevées.

L'accélération de la pesanteur g (on dira aussi simplement « pesanteur » ou « g ») est l'accélération que subit un corps en chute libre à la surface de la Terre ; elle correspond pour plus de 99% à l'attraction gravitationnelle exercée par les masses qui composent la Terre sur le corps, avec une faible correction due à l'effet centrifuge causé par la rotation de la Terre. C'est une accélération forte, qui vous mène de 0 à 100 km/h en 2,7 secondes – seules quelques voitures particulièrement exotiques font mieux -, et donc *a priori* simple à mesurer ;

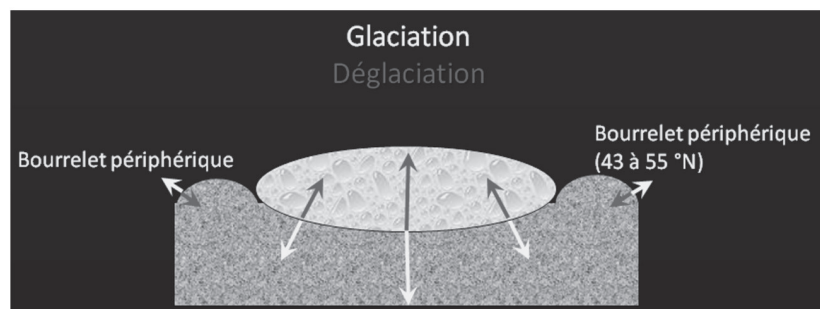


Figure 3 : Schéma de l'ajustement isostatique postglaciaire. Lors des glaciations, la lithosphère s'enfonce sous le poids des masses de glace, et repousse le manteau vers l'extérieur, causant une remontée de la lithosphère à la périphérie de la zone chargée. Inversement, après disparition de la glace, la zone périphérique redescend du fait des transferts de masses du manteau vers la zone où la couche de glace était maximale. Vu la viscosité du manteau, c'est un processus qui s'étend sur des dizaines de milliers d'années. Relativement peu à l'échelle géologique. Beaucoup à l'échelle humaine.

mais tout se complique quand on veut mesurer de petites variations spatiales et temporelles de celle-ci. Pendant longtemps, les instruments ne permettaient que de comparer la valeur en un lieu ou un temps donné à une référence, établie à d'autres temps et lieu. Par exemple, de 1909 à 1971, tout le système gravimétrique mondial fonctionnait par comparaison avec une mesure de pesanteur effectuée à Potsdam. Cette méthode posait un problème pour les études à long terme, car il était impossible de ne pas perdre la « référence » sur une dizaine d'année.

Depuis une dizaine d'années, des avancées technologiques ont permis de développer des gravimètres balistiques, où la valeur de l'accélération de la pesanteur est déterminée en analysant la chute d'un corps dans une chambre à vide. Cette méthode donne donc accès non plus à une différence de pesanteur mais directement à la valeur de la pesanteur elle-même, avec une précision d'une part pour un milliard, soit suffisamment pour mettre en évidence une anomalie de masse de 150 kg qui serait située à 1 m sous le gravimètre. Cette mesure, qui n'a pas besoin d'être donnée par rapport à une référence, est qualifiée d'absolue.

Les mesures absolues de l'accélération de la pesanteur ne nous informent que sur la valeur de g au niveau du sol, c'est-à-dire a priori sur la masse présente sous le gravimètre. Il faut toutefois aussi considérer les mouvements verticaux du sol puisque, si le sol monte, le gravimètre s'éloigne du centre de la Terre, et voit l'accélération de la pesanteur diminuer à raison de 2 milliardièmes de g par cm, et réciproquement. Grâce à leur caractère absolu, ces mesures ne dépendent d'aucun système de référence, contrairement au GPS.

Il en découle que les mesures gravimétriques absolues permettent de comparer la pesanteur à très grande échelle, en gardant la même précision. Cette méthode peut donc être utilisée pour pallier les inconvénients du système GPS dans le suivi des déformations verticales lentes du sol. L'Observatoire Royal de Belgique a entrepris, depuis une douzaine d'années, des mesures répétées de l'accélération de la pesanteur en Belgique, en Allemagne et plus récemment, dans le nord de la France.

Le gravimètre absolu et le gravimètre à supraconductivité

Le gravimètre absolu a été décrit en détail dans le volume 121 de *Ciel et Terre* (Van Camp et al., 2003); il donne la valeur de l'accélération de la pesanteur g avec une précision du milliardième, par la mesure de la distance parcourue en fonction du temps d'une masse en chute libre dans le vide. La distance est mesurée par interférométrie laser, et le temps à l'aide d'une horloge atomique, tous deux sont régulièrement contrôlés par comparaison à des lasers et horloges étalons. Le gravimètre absolu est aussi comparé une fois par mois au gravimètre à supraconductivité de Membach, près d'Eupen. Dans ce gravimètre relatif, une sphère est en lévitation engendrée par les courants permanents circulant à l'intérieur de deux bobines. L'ensemble, rendu supraconducteur et maintenu à une température de -269°C , assure une grande stabilité qui permet de mesurer les variations temporelles de g avec une précision cent fois plus élevée que celle des gravimètres à ressort conventionnels, et garantit une très faible dérive à long terme. Contrairement au gravimètre absolu, le gravimètre à supraconductivité n'est pas mobile et ne donne que les variations

temporelles de g . L'instrument lui-même présente une dérive, à l'image d'une montre qui avance ou retarde, ce qui rend impossible l'utilisation de cet instrument pour l'étude des mouvements lents, sauf à corriger cette dérive par l'utilisation conjointe du gravimètre absolu.

Le profil de mesures

La Figure 4 reprend les huit différentes stations du profil, long de 140 km, dont six se trouvent à l'ouest du Graben de la Roer. Deux autres sites se trouvent respectivement dans le graben (Jülich) et sur sa bordure orientale (Bensberg). Les stations sont des églises (Sohier, Werpimont), un observatoire magnétique (Manhay, géré par le Centre de Physique du Globe de l'IRM), une école (Monschau), un observatoire sismologique (Bensberg, géré par l'Université de Cologne), et un centre de recherche (Forschungszentrum Jülich). Membach est une station particulière : c'est le port d'attache du gravimètre absolu, qui y mesure g en moyenne une fois par mois depuis 1996 et y est comparé au gravimètre à supraconductivité. Lors des premières années du profil, les mesures étaient généralement répétées au printemps et en automne, afin de mettre en évidence les effets saisonniers et tester la stabilité des sites. Par la suite, l'expérience a montré qu'une mesure annuelle suffisait.

Dans le cadre de la surveillance du niveau moyen des mers, des mesures sont effectuées également chaque année à Ostende, depuis 1997, au service Hydrographie de Flandre, Division de la côte (Vlaamse Hydrografie - Afdeling Kust), à 950 m du marégraphe.

La Figure 5 donne les mesures de la pesanteur dans les différentes

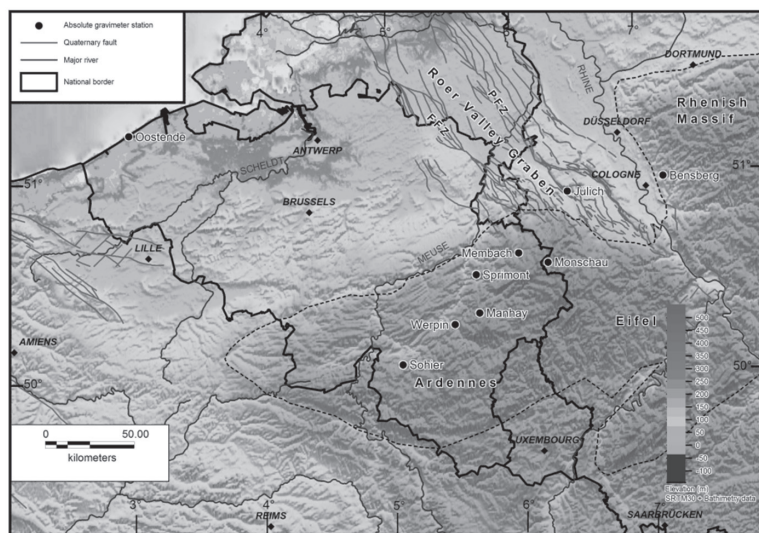


Figure 4: Stations des mesures répétées de l'accélération de la pesanteur à Ostende, à travers l'Ardenne et le Graben de la Roer. Le Graben de la vallée de la Roer est le graben central du système de grabens du Rhin inférieur. (Voir également page 2 de couverture pour une version couleur de la Figure)

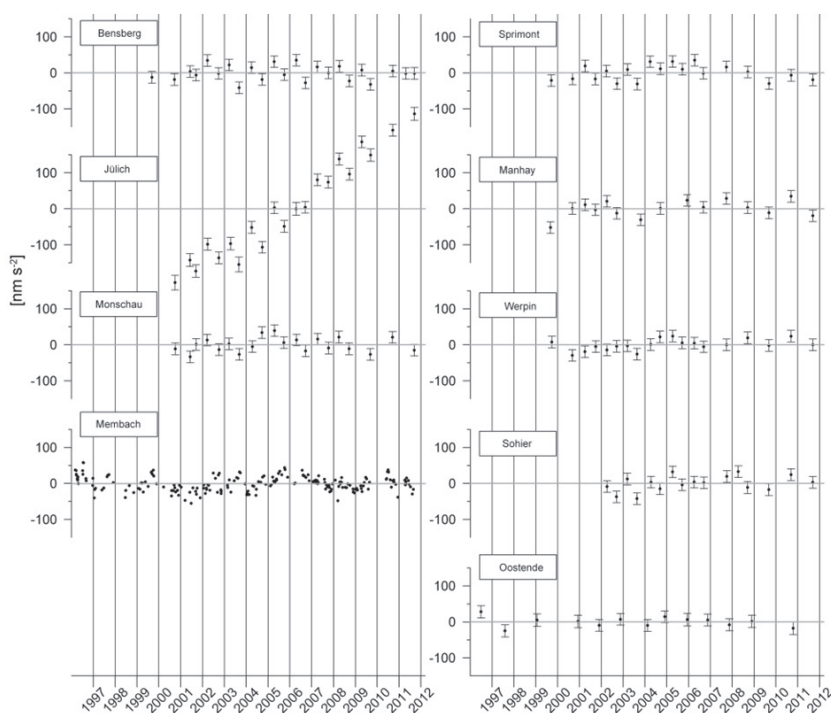


Figure 5: Mesures de la pesanteur aux stations représentées à la Figure 4. Pour des raisons de lisibilité, les barres d'erreur ne sont pas reprises à Membach mais sont semblables à celles des autres stations, Monschau par exemple.

stations et la Figure 6, les taux de variation de la pesanteur, en nm/s^2 par an, à savoir 0,1 milliardième de g par an, pour toutes les stations sauf Jülich, à laquelle nous reviendrons plus tard. Les barres d'erreur des taux sont bien plus faibles à Membach, vu que nous y disposons de bien plus de données. Comme le montre la Figure 6, les variations de g observées sont en accord avec le modèle de mouvement post-glaciaire, aux barres d'erreur près. A y regarder de plus près, on aperçoit une diminution des taux qui se rapprochent de zéro vers le nord, surtout à partir de Membach. En d'autres termes, si l'on considère le modèle de mouvement postglaciaire comme correct, cela voudrait dire qu'après correction de cet effet, on aurait les stations d'Ostende, Membach et Bensberg qui s'élèvent. En d'autres termes, il y aurait dans certaines de nos régions d'autres phénomènes superposés au mouvement post-glaciaire.

Le charbon parti, le sol remonte (ou : quand il y a moins de masse, c'est moins lourd !)

Dans la vallée de la Roer, d'importants gisements de lignite sont exploités à ciel ouvert pour l'alimentation des centrales électriques, comme on peut en voir le long de l'autoroute A4 Aix-la-Chapelle-Cologne. Plus au nord, d'énormes quantités de charbon ont également été retirées des Limbourg belge et hollandais, et surtout, de la Ruhr. Parallèlement à l'extraction de milliards de tonnes de charbon depuis un siècle, il faut également compter l'évacuation encore plus conséquente de masses d'eau, consécutive aux pompes des nappes phréatiques effectuées pour éviter l'inondation

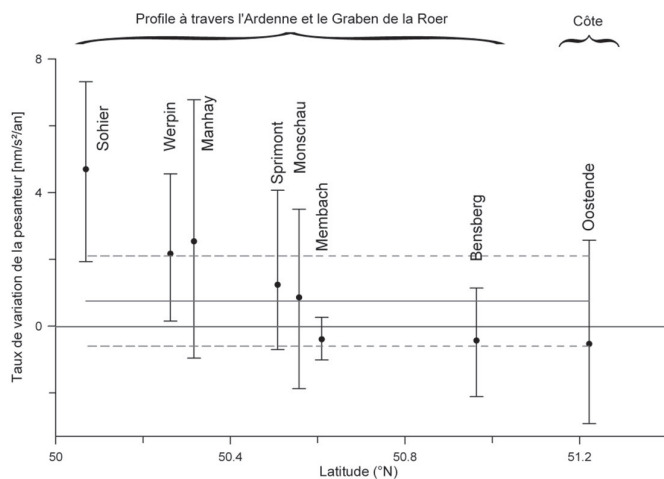


Figure 6 : Taux de variation de la pesanteur observés dans les séries de données de la Figure 5 (sauf Jülich). En vert, le taux prédit par le modèle d'ajustement postglaciaire et ses barres d'erreur (pour les détails du modèle voir Van Camp et al., 2011). Les barres d'erreur donnent les intervalles de confiance à 95%; en d'autres termes, il y a moins d'une chance sur 20 que la vraie valeur se trouve hors de cet intervalle.

des mines. En 1997, une étude allemande a montré qu'allégée par ces retraits d'eau et de charbon, la croûte terrestre devrait remonter à une vitesse de l'ordre de 2 mm par an (Klein et al.,

1997), et partant, g devrait diminuer de 1 nm/s^2 par an. C'est là, en miniature, un phénomène semblable aux mouvements postglaciaires. Cette étude n'est pas contredite par nos résultats, où

l'on voit les taux de changement de pesanteur décroître vers l'est. Les mesures futures confirmeront ou infirmeront cette tendance, surtout à Membach, Monschau et Bensberg qui sont les stations les plus directement impliquées. Les variations de taux observées de Sohler à Bensberg pourraient éventuellement être liées au processus de rift du Graben de la Roer, mais les études géologiques, sismologiques et paléosismologiques menées par l'Observatoire (Camelbeeck et al., 2007) montrent qu'ils sont inférieurs à $0,1 \text{ mm/an}$ et donc, d'au moins un ordre de grandeur inférieur aux phénomènes postglaciaires et anthropiques.

A Jülich, le long de la Roer, nos mesures indiquent une augmentation de pesanteur de $43 \pm 5 \text{ nm/s}^2/\text{an}$, due à la subsidence de plus d'un centimètre par an causée par le pompage des nappes phréatiques effectué pour éviter l'inondation des exploitations de lignite. Cet enfoncement est dû à certains sédiments

Références

- Camelbeeck, T., Vanneste, K., Alexandre, P., Verbeeck, K., Petermans, T., Rosset, P., Everaerts, M., Warnant, R. et Van Camp, M., 2007, *Relevance of active faulting and seismicity studies to assess long term earthquake activity in Northwest Europe*, Continental Intraplate Earthquakes: Science, Hazard, and Policy Issues, Geological Society of America, S. Stein and S. Mazzotti (eds.) Special Paper 425, 193-224.
- Ekman, M., 2003, *The world's longest sea level series and a winter oscillation index for northern Europe 1774 - 2000*. Small Publications in Historical Geophysics, 12, 31 pp. Disponible sur : <http://www.historicalgeophysics.ax/sp/12.pdf>.
- Van Camp, M., Camelbeeck, T., et Richard, P., 2003, *Le kilogramme, la constante de Planck et le soulèvement de l'Ardenne*, Ciel et Terre (bimensuel de la Société Royale Belge d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe), 120 (1), pp 5-11, janvier-février 2004. Disponible sur : http://homepage.oma.be/mvc/pdf/FG5_metro_geoph_FR.pdf.
- Van Camp, M. et de Viron, O., 2005, *La mesure de la Terre est une des bases de son étude physique*, Ciel et Terre (bimensuel de la Société Royale Belge d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe) 121 (3), pp 66-78, mai-juin 2005. Disponible sur : http://homepage.oma.be/mvc/pdf/CT2005_03_VanCamp_deViron.pdf.
- Van Camp, M., Métivier, L., de Viron, O., Meurers, B., et Williams, S.D.P., 2010, *Characterizing long time scale hydrological effects on gravity for improved distinction of tectonic signals*, J. Geophys. Res. 115, B07407, doi: 10.1029/2009JB006615.
- Van Camp, M., de Viron, O., Scherneck, H.-G., Hinzen, K., Williams, S., Lecocq, T., Quinif, Y., et Camelbeeck, T., 2011, *Repeated absolute gravity measurements for monitoring slow intraplate vertical deformation in Western Europe*, J. Geophys. Res., 116, B08402, doi: 10.1029/2010JB008174.

entourant la nappe phréatique, qui se tassent lorsqu'ils perdent une partie de leur eau. Si, comme on vient de le discuter, les activités minières devaient induire des remontées du sol dans la région du Graben de la Roer, ces mouvements sont masqués au voisinage immédiat des zones de pompage par la subsidence. Cette zone a été choisie afin de tester la capacité du gravimètre absolu à mesurer de tels mouvements, dans des conditions sévères : en effet, les immenses engins miniers provoquent des vibrations dont on craignait qu'elles n'empêchent des mesures précises de g . Les nouveaux protocoles de mesures ont permis de montrer qu'il était tout à fait possible de mesurer le phénomène, avec une précision semblable à ce que l'on obtient dans les stations calmes. Ensuite, lorsque l'on compare nos mesures avec les données de nivellement, l'accroissement de pesanteur est supérieur de 60% à la valeur attendue : cela peut être dû à un accroissement de densité des couches qui se tassent au voisinage de l'aquifère, phénomène que nous nous proposons d'étudier avec nos collègues hydrogéologues.

Les exemples de Jülich et des stations voisines du Graben de la Roer montrent que les mouvements tectoniques et l'ajustement postglaciaire risquent de rester masqués dans certaines de nos régions par des effets anthropiques. Cela étant, nos mesures permettent d'étudier ces phénomènes et d'en déduire, entre autre, des informations sur la rhéologie de la lithosphère dans la région et à l'avenir, la combinaison des mesures gravimétriques avec les mesures de déformations dans les zones minières effectuées par GPS ou par mesures radar satellitaires devrait nous permettre de confirmer notre interprétation, d'en préciser l'extension, ainsi que de

fournir des informations sur les phénomènes de compaction du sol liés à la subsidence observée à Jülich.

Il pleut, la pesanteur augmente (ou : quand il y a plus de masse, c'est plus lourd !)

La Figure 5 montre des variations saisonnières bien visibles à Bensberg, Jülich, Monschau, Membach, Sprimont et Sohler. Ces effets sont dus à la recharge des aquifères l'hiver, causant une augmentation de la pesanteur au printemps, et inversement, une baisse à l'automne. Remarquons la valeur particulièrement basse à la fin de l'été caniculaire de 2003, et la valeur relativement haute après les pluies exceptionnelles d'août 2010. A Membach, l'effet est inverse car la station est souterraine et les masses d'eau stockées dans le sol à la fin de l'hiver se trouvent au-dessus des gravimètres. L'effet n'est pas perceptible à Werpin, c'est sans doute lié à la topographie et aux conditions hydrologiques locales : il se peut qu'il n'y ait pas d'aquifère proche, ou que le sous-sol soit peu perméable à l'eau.

La correction des effets hydrologiques fait l'objet de recherches à Membach et en quelques autres stations de référence à l'étranger ; elle s'avère très difficile et sa mise en œuvre, qui nécessite des recherches hydrogéologiques approfondies en chaque station, n'est pas envisageable à tous les points de mesure. Cependant, nous avons montré par une étude théorique qu'après 10 à 20 ans de mesures, ces effets hydrologiques devraient s'annuler en moyenne et permettre de mettre en évidence des variations annuelles de g d'origine tectonique même si elles ne sont de l'ordre que du dixième de milliardième, autrement dit $1 \text{ nm/s}^2/\text{an}$ (Van Camp et al., 2010).

Notons que Membach et l'une ou l'autre station dans le monde bénéficiant de séries de mesures de g s'étendant sur plus de dix ans laissent apparaître des oscillations à plus longue période. Nous suspectons des effets climatiques tels que des modes climatiques lents associés à des variations à long terme des températures de surface océanique dans l'Atlantique ou le Pacifique (« El Niño »), mais nous n'avons pas encore démontré ce type d'effet et poursuivons nos recherches dans ce domaine. Si les variations climatiques futures provoquent des modifications du régime hydrologique, par exemple davantage de précipitations d'année en année, nos mesures pourraient s'en trouver influencées. Cela compliquerait notre recherche de mouvements tectoniques lents, mais d'autre part les mesures contribueraient à une meilleure compréhension des effets climatiques, à commencer par l'étude des bilans en eau dans le sol.

Alors, on monte ou on descend ?

C'est la question posée lors de chaque visite des stations par les personnes responsables des lieux. Nos mesures répétées de la pesanteur ont prouvé qu'il est possible de s'affranchir des effets hydrologiques à moyen terme et de mesurer les variations de g avec une précision meilleure que le milliardième de g par an. Les marges d'erreur vont de 0,5 à 4 $\text{nm/s}^2/\text{an}$, soit 0,05 à 0,4 milliardième de g par an, équivalent à une précision de 0,3 à 2 mm/an sur les déplacements verticaux : si nos régions bougeaient à un rythme plus rapide, on aurait dû l'observer. Donc, si l'on monte ou si l'on descend, on le fait lentement, à guère plus d'un millimètre par an dans toutes les stations sauf à Jülich.

Les variations observées de g ne diffèrent pas significativement des prédictions d'ajustement postglaciaire, aux barres d'erreur près. En d'autres termes, la Belgique pourrait bien s'enfoncer au rythme d'un millimètre par an, sauf l'Est du pays : un résultat inattendu de nos mesures étant l'effet probable du rebond minier autour du Graben de la Roer, qui tendrait à compenser le mouvement postglaciaire. Nous espérons confirmer cette interprétation dans la décennie qui s'ouvre, avec les barres d'erreur de nos mesures et les modèles qui s'améliorent d'année en année, et vu la mise en commun à venir des séries de données qui commencent à s'étoffer dans les pays limitrophes.

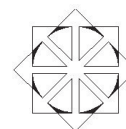
A Jülich, ça descend, et même plutôt vite : plus d'un centimètre par an. Ce phénomène local

est mesuré depuis longtemps par nivellement, mais les mesures gravimétriques ont pu mettre en évidence les effets de compaction de certaines couches géologiques, et nous avons pu montrer qu'il y était possible de mesurer g avec une précision du milliardième de g malgré les vibrations importantes du sol. Enfin, les mesures d'Ostende ont permis de consolider le système de référence auquel est rattaché le marégraphe qui mesure avec précision les variations du niveau de la mer depuis 1927.

Remerciements

Nous exprimons toute notre gratitude à toutes les personnes qui nous accueillent toujours chaleureusement dans les différentes stations : U. et M. Arndt, R. Beirens, R. Boden, R. Bultot, J.-P.

Daco, D. Degossely, R. Delheyne, C. Fleischer, R. Humblet, E. Kümmerle, M. Möllmann-Coers, E. Pomplun, J. Rasson, L. Stresiüs, J. Verstraeten et M. Vonèche. Les mesures n'auraient pas été possibles sans l'aide de S. Castelein, J.-M. Delinte, A. Ergen et M. Hendrickx. Merci à K. Verbeeck pour la carte du profil, à P. Lambot de l'IGN pour le nivellement de Sprimont, et à E. Calais et S. Stein pour leur aide dans la mise au net des résultats. Le profil est une initiative proposée en 1999 par O. Francis et T. Camelbeek.



POURQUOI EXPLORE-T-ON LA LUNE ET MARS, MAIS PAS VÉNUS NI JUPITER ? (2ÈME PARTIE)

Christian Muller

Belgian User Support and Operation Centre (B.USOC)

Que veut réellement dire explorer ?

Le dictionnaire de l'Académie ne nous aide pas beaucoup : « Action d'explorer. Leurs explorations n'ont pas été poussées plus loin. Voyage d'exploration. Il s'emploie aussi, en termes de Chirurgie, pour désigner l'Examen des parties intérieures du corps, malades ou suspects, à l'aide d'instruments ou de procédés spéciaux. ». Le mot apparaît au seizième siècle et est utilisé par Rabelais : « Apportez-moi les œuvres de Virgile, et, par trois fois avec

l'ongle les ouvrant, explorerons, par les vers du nombre entre nous convenu, le sort futur de vostre mariage, RABELAIS, Pantagruel, III, 10 ». L'étymologie en est mystérieuse, on l'attribue au verbe latin « explorare » apparu à la même époque qui indiquerait de toute façon une diffusion lointaine. Le mot et le verbe prennent souvent un usage poétique indiquant le rêve comme par exemple chez Lamartine (Le lac) :

« Et quand sur cette mer, las
de chercher sa route,

*Du firmament splendide il
explore la voûte,
Des astres inconnus s'y lèvent
à ses yeux; »*

De plus, l'équivalent exact n'existe que dans les langues intégrant un vocabulaire de base latine dont l'anglais. Sa traduction allemande et russe est par exemple problématique. Il est significatif que le programme russe n'ait jamais séparé les missions planétaires entre science et exploration tandis que les missions habitées russes étaient rattachées à une nouvelle branche des forces armées qui n'a pas d'équivalent public ailleurs.