MAP LIBRARY / CARTOTHÈQUE

Energy, Mines and Resources Canada
Geological Survey of Canada

Énergie, Mines et Ressources Canada
Commission géologique du Canada

FREE AIR GRAVITY ANOMALY MAP OF CANADA

Descriptive Notes

by
A.K. Goodacre, R.A.F. Grieve, and J.F. Halpenny

INTRODUCTION

The regional mapping of the gravity field over Canada started in the late 1940s, and is now largely completed at a station spacing of 6 to 13 km, except for the mountainous areas in northern British Columbia, the Yukon Territory and parts of Ellesmere Island. The gravity data provide a useful source of information for studies of large-scale geological structures. Traditionally, gravity data in Canada have been presented in the form of contoured maps at various scales but chiefly at scales of 1:500 000, 1:1 000 000 or 1:5 000 000. This free air gravity map departs from this tradition in that it has been prepared at a scale of 1:10 000 000, which is a convenient desk-top size and, more importantly, does not involve the process of contouring. Instead, a particular colour was assigned to each grid cell depending upon the average gravity value at the corresponding geographical location. The result is a map that depicts the gravitational features in much greater detail than conventional contoured maps.

The gravity data used in the preparation of this colour gravity map of Canada consist of approximately 600 000 point gravity values publicly available from the National Gravity Data Base as of June, 1986. The gravity readings are referenced to the International Gravity Standardization Net 1971 (Morelli, 1974). The National Gravity Data Base also contains the elevation of each point of observation and, where applicable, the water depth. These elevations and water depths are needed to reduce the gravity data to sea level in the process of calculating free air, Bouguer and isostatic gravity anomalies. Theoretical gravity values, also needed in the calculation of gravity anomalies, are obtained using the Geodetic Reference System 1967 (International Association of Geodesy, 1971).

The map utilizes a Lambert conformal projection with standard parallels at 49 and 77° North and the central meridian at 92° West. The geographic base is derived from that described by Haines and Newitt (1986).

The gravity data were gridded at a 5 km interval. All gravity values contained in a particular cell (5 by 5 km) are averaged to obtain a representative value for that cell. To bridge gaps in the data grid, a search is made from each filled cell out to a distance of 40 km. If other cells with representative gravity values are found, a linear or quadratic interpolation scheme is used. Otherwise, empty regions spanning more than about 40 km are left uncoloured.

THE FREE AIR ANOMALY MAP

The value of gravity at a particular point on the Earth's surface depends, among other things, on the elevation of the observation point. It is customary to reduce observed gravity readings (Goodacre et al., 1987a) to a common elevation datum, usually sea level, by applying the free air correction. For small departures from sea level, this correction is proportional to the elevation of the station above or below sea level. The difference between this corrected reading and a theoretical gravity value calculated at the surface of a homogeneous, rotating spheroidal body is termed a free air anomaly. For surface gravity observations, the free air anomaly, $\Delta g_{free\ air}$, is given by:

$$\Delta g_{free\ air} = g_{observed} + 0.3086h - g_{theoretical},$$

where gravity values are expressed in milligals (mGal) and the elevation, h, is in metres.

Ninety-nine percent of the free air anomaly values for Canada lie between −75 mGal to +75 mGal (depicted on the map by blue and red, respectively). Notable features on the map are the arcuate belts of positive anomaly along the continental margin of the Arctic Archipelago (Sobczak, 1975), linear belts of negative anomaly paralleling the west coast of Vancouver Island and the Queen Charlotte Islands (Riddihough, 1978) and the broad area of negative anomaly over Hudson Bay and the Northwest Territories (Innes et al., 1967). The mottled appearance of the anomaly pattern in mainland British Columbia is a reflection of the rugged topography in this region.

Positive and negative free air anomalies delineate regions of mass excess or deficiency respectively. For example, the generally negative (less than −40 mGal) area over the Hudson Bay region indicates a mass deficiency, which has been interpreted as being due, in large measure, to incomplete isostatic crustal rebound after the recent glaciation (Innes et al., 1968).

Although many of the features on the map are related to the geological character of the upper crust, some anomalies merely reflect the presence of topographical features; for example, the positive anomaly (+45 mGal) over the Caribou Mountains, 350 km south of Yellowknife. Although these anomalies are invaluable for studying the mechanical properties of the crust (Walcott, 1970), they tend to confuse the identification of lithological variations within the crust. It is for this reason that an additional correction, termed the Bouguer correction, is made for geological studies. For information on the Bouguer correction see the Bouguer gravity anomaly map of Canada (Goodacre et al., 1987b).

REFERENCES

Goodacre, A.K., Grieve, R.A.F., and Halpenny, J.F. (comp.)
1987a: Observed gravity values of Canada; Geological Survey of Canada, Canadian Geophysical Atlas, Map 1, scale 1:10 000 000.
1987b: Bouguer gravity anomaly map of Canada; Geological Survey of Canada, Canadian Geophysical Atlas, Map 3, scale 1:10 000 000.

Haines, G.V. and Newitt, L.R.
1986: Canadian Geomagnetic Reference Field 1985; Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v. 38, p. 895-921.

Innes, M.J.S., Goodacre, A.K., Weber, J.R. and McConnell, R.K.
1967: Structural implications of the gravity field in Hudson Bay and vicinity; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 4, p. 977-993.

Innes, M.J.S., Goodacre, A.K., Argun-Weston, A. and Weber, J.R.
1968: Gravity and isostasy in the Hudson Bay Region; in Science, History and Hudson Bay, v. 2, ed. C.S. Beals and D.A. Shenstone, p. 703-728.

International Association of Geodesy
1971: Geodetic Reference System 1967; Bulletin Géodésique, Special Publication, International Association of Geodesy, Paris.

Morelli, C. (comp.)
1974: International Gravity Standardization Net 1971; International Association of Geodesy, Special Publication No. 4, Paris.

Riddihough, R.P.
1978: Gravity and structure of an active margin — British Columbia and Washington; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 16, p. 350-363.

Sobczak, L.W.
1975: Gravity and deep structure of the continental margin of Banks Island and Mackenzie Delta; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 12, p. 378-394.

Walcott, R.I.
1970: An isostatic origin for basement uplifts; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 7, p. 931-937.

CARTE DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES À L'AIR LIBRE DU CANADA

Notes Descriptives

par
A.K. Goodacre, R.A.F. Grieve, et J.F. Halpenny

INTRODUCTION

L'élaboration des cartes régionales du champ gravimétrique du Canada, entreprise à la fin des années 40, est maintenant en grande partie terminée, une distance de 6 à 13 km séparant les stations, sauf pour les régions montagneuses du nord de la Colombie-Britannique, le Yukon et certaines régions de l'île d'Ellesmere. Les données gravimétriques fournissent une source de renseignements utiles à l'étude des structures géologiques à grande échelle. Au Canada, les données gravimétriques ont toujours été présentées sous forme de cartes en courbes de niveau établies à diverses échelles, habituellement de 1/500 000, 1/1 000 000 ou 1/5 000 000. Toutefois, la présente carte des anomalies gravimétriques à l'air libre diffère en ce qu'elle adopte une échelle de 1/10 000 000, d'où sa dimension plus pratique, et n'emploie pas les courbes de niveau. Elle attribue plutôt à chaque cellule de la grille une couleur en fonction de la valeur gravimétrique moyenne du lieu géographique correspondant. Les structures gravimétriques sont ainsi illustrées avec beaucoup plus de précision que sur les cartes en courbes de niveau classiques.

Cette carte gravimétrique en couleurs du Canada est élaborée à partir d'approximativement 600 000 données contenues dans la Base nationale de données gravimétriques mise à la disposition du public en juin 1986. Les mesures gravimétriques sont basées sur le Réseau de normalisation international de la gravité de 1971 (Morelli, 1974). La Base nationale de données gravimétriques contient des données sur l'élévation des points d'observation et, le cas échéant, sur la profondeur de l'eau. Des données permettent r'duire les valeurs gravimétriques correspondantes au niveau de la mer et, par conséquent, de procéder au calcul des anomalies gravimétriques à l'air libre, de Bouguer, et isostatiques. Les valeurs gravimétriques théoriques, également nécessaires au calcul des anomalies gravimétriques, s'obtiennent en utilisant le Système géodésique de référence 1967 (Association internationale de géodésie, 1971).

La carte emploie la projection conforme de Lambert avec des parallèles standard à 49° et 77° N et un méridien central à 92° O. La base géographique est dérivée de celle décrite par Haines et Newitt (1986).

Les données gravimétriques ont été reportées sur une grille à 5 km d'intervalle. La moyenne des valeurs gravimétriques contenues dans une cellule donnée (5 x 5km) a ensuite été calculée afin d'obtenir une valeur représentative de la cellule. Dans le cas de cellules vides, c'est-à-dire ne contenant aucune station, une recherche est effectuée dans un rayon de 40 km. Si des cellules comportant une valeur gravimétrique significative sont rencontrées, les cellules vides intermédiaires sont ensuite remplies par interpolation linéaire ou quadratique des cellules pleines. Les régions vides dont le rayon dépasse 40 km sont laissées en blanc.

LA CARTE DES ANOMALIES À L'AIR LIBRE

La valeur gravimétrique à un point donné de la surface terrestre dépend, entre autres, de l'élévation du point d'observation. Les données gravimétriques observées (Goodacre et coll., 1987a) sont habituellement réduites à une élévation commune, généralement le niveau de la mer, calcul réalisé à l'aide de la correction à l'air libre, qui, pour les écarts minimes par rapport au niveau de la mer, est proportionnelle à l'élévation de la station au-dessus ou au-dessous du niveau de la mer. On appelle « anomalie à l'air libre » la différence entre la valeur gravimétrique corrigée et une valeur gravimétrique théorique calculée à la surface d'une masse sphéroïdale homogène et en rotation. Pour les observations gravimétriques de surface, l'anomalie à l'air libre se calcule comme suit.

$$\Delta g_{(à\ l'air\ libre)} = g_{(observée)} + 0.3086h - g_{(théorique)}$$

où les valeurs gravimétriques sont exprimées en milligals (mGal) et l'élévation, h, est en mètres.

Quatre-vingt-dix-neuf pour cent des valeurs d'anomalie à l'air libre du Canada varient entre −75 mGal (en bleu) et 75 mGal (en rouge). La carte met en évidence certaines formes, notamment des zones arquées d'anomalie positive le long de la marge continentale de l'archipel de l'Arctique (Sobczak, 1975), des zones linéaires d'anomalie négative parallèles à la côte ouest de l'île de Vancouver et aux îles de la Reine-Charlotte (Riddihough, 1978), et une grande étendue d'anomalie négative au-dessus de la baie d'Hudson et des Territoires du Nord-Ouest (Innes et coll., 1967). L'apparence tachetée de la configuration des anomalies continentales en Colombie-Britannique est un reflet de la topographie accidentée de cette région.

Les zones d'anomalies à l'air libre positives et négatives délimitent respectivement des régions d'excès et de déficit de masse. Par exemple, la zone surtout négative (inférieure à −40 mGal) au-dessus de la région de la baie d'Hudson semble liée à un déficit de masse attribué, en grande partie, au retour isostatique incomplet de la croûte terrestre après le dernier épisode glaciaire (Innes et coll., 1968).

Dans de nombreux cas, les structures illustrées sur la carte sont liées au caractère géologique de la croûte supérieure. Toutefois, certaines anomalies, comme l'anomalie positive (+45 mGal) au-dessus des monts Caribou, à 350 km au sud de Yellowknife, reflètent simplement la présence d'éléments topographiques. Ces anomalies, d'une importance inestimable à l'étude des propriétés mécaniques de la croûte (Walcott, 1970), tendent à brouiller l'identification des variations lithologiques qui surviennent à l'intérieur de la croûte. C'est pourquoi on applique une correction supplémentaire aux fins d'études géologiques, soit la correction de Bouguer. Pour de plus amples détails sur la correction de Bouguer, voir la carte des anomalies gravimétriques de Bouguer du Canada (Goodacre et coll. 1987b).

RÉFÉRENCES

Association internationale de géodésie
1971: Système géodésique de référence 1967; Bulletin géodésique, Publication spéciale, Paris.

Goodacre, A.K., Grieve, R.A.F., et Halpenny, J.F. (comp.)
1987a: Carte des valeurs gravimétriques observées du Canada; Commission géologique du Canada, Atlas géophysique du Canada, Carte 1, échelle 1/10 000 000.
1987b: Carte des anomalies gravimétriques de Bouguer du Canada; Commission géologique du Canada, Atlas géophysique du Canada, Carte 3, échelle 1/10 000 000.

Haines, G.V. and Newitt, L.R.
1986: Canadian Geomagnetic Reference Field 1985; Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v. 38, p. 895-921.

Innes, M.J.S., Goodacre, A.K., Weber, J.R. and McConnell, R.K.
1967: Structural implications of the gravity field in Hudson Bay and vicinity; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 4, p. 977-993.

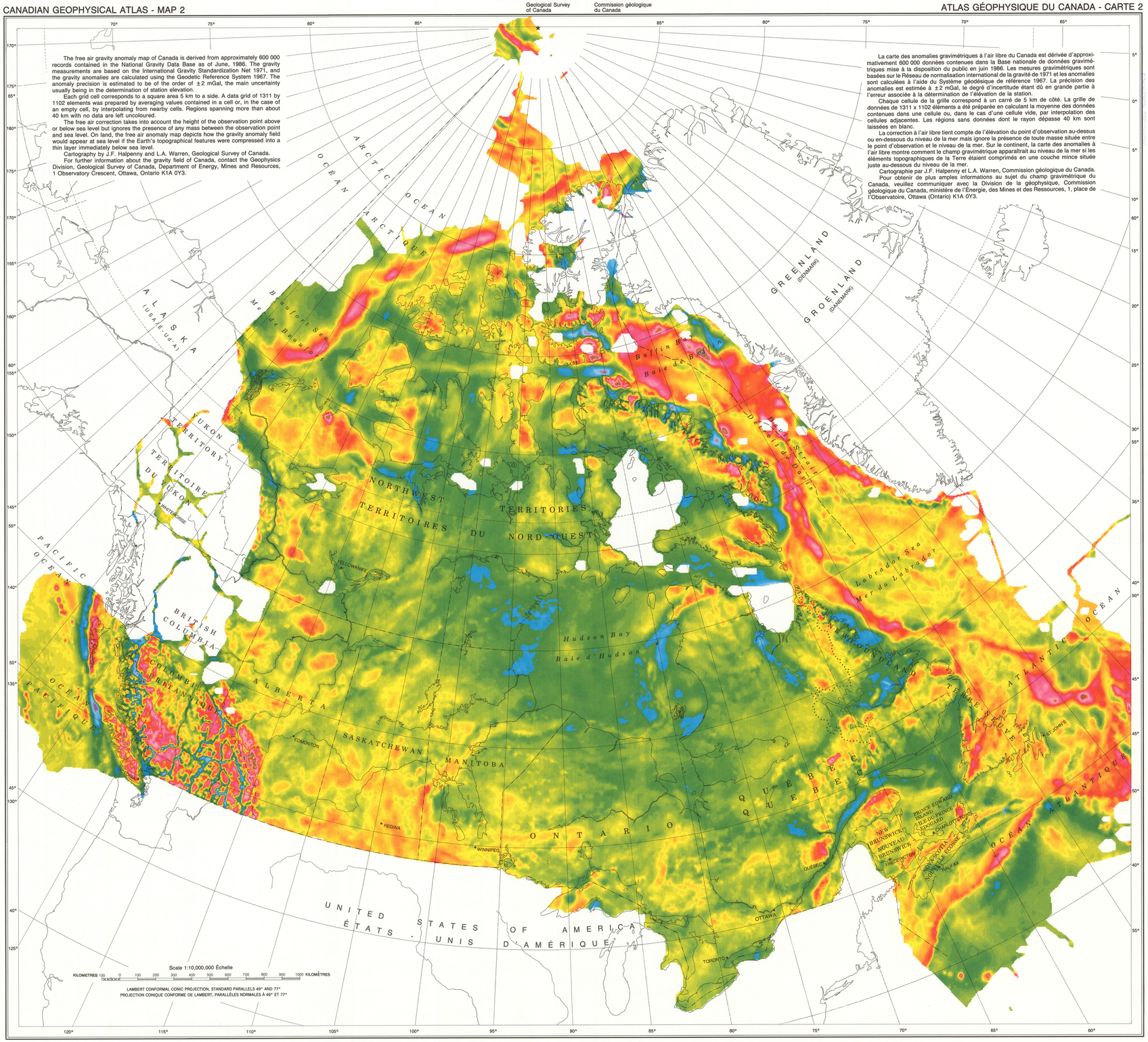
Innes, M.J.S., Goodacre, A.K., Argun-Weston, A. and Weber, J.R.
1968: Gravity and isostasy in the Hudson Bay Region; in Science, History and Hudson Bay, v. 2, ed. C.S. Beals and D.A. Shenstone, p. 703-728.

Morelli, C. (comp.)
1974: International Gravity Standardization Net 1971; International Association of Geodesy, Special Publication No. 4, Paris.

Riddihough, R.P.
1978: Gravity and structure of an active margin — British Columbia and Washington; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 16, p. 350-363.

Sobczak, L.W.
1975: Gravity and deep structure of the continental margin of Banks Island and Mackenzie Delta; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 12, p. 378-394.

Walcott, R.I.
1970: An isostatic origin for basement uplifts; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 7, p. 931-937.



Copies of this map may be obtained
from the Geological Survey of Canada:
601 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E8
3303-33rd Street, N.W., Calgary, Alberta T2L 2A7
Compiled by Geophysical Data Centre, Geological Survey of Canada
Published 1987. Printed by the Surveys and Mapping Branch

On peut obtenir des exemplaires de cette carte en s'adressant
à la Commission géologique du Canada aux adresses suivantes:
601 rue Booth, Ottawa, Ontario K1A 0E8
3303-33ième rue, N.O., Calgary, Alberta T2L 2A7
Compilée par le Centre des données géophysiques, Commission géologique du Canada
Imprimée par la Direction des levés et de la cartographie, Publié en 1987

Recommended citation:
A.K. Goodacre, R.A.F. Grieve and J.F. Halpenny
1987: Free Air Gravity Anomaly Map of Canada
Geological Survey of Canada
Canadian Geophysical Atlas, Map 2, scale 1:10 000 000

Notation bibliographique conseillée:
A.K. Goodacre, R.A.F. Grieve et J.F. Halpenny
1987: Carte des anomalies gravimétriques à l'air libre du Canada
Commission géologique du Canada
Atlas géophysique du Canada, Carte 2, échelle 1/10 000 000

Canada

This document was produced by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une numérisation par balayage de la publication originale.

Canadian geophysical atlas

G 3401 .C9 $10000 G4 2