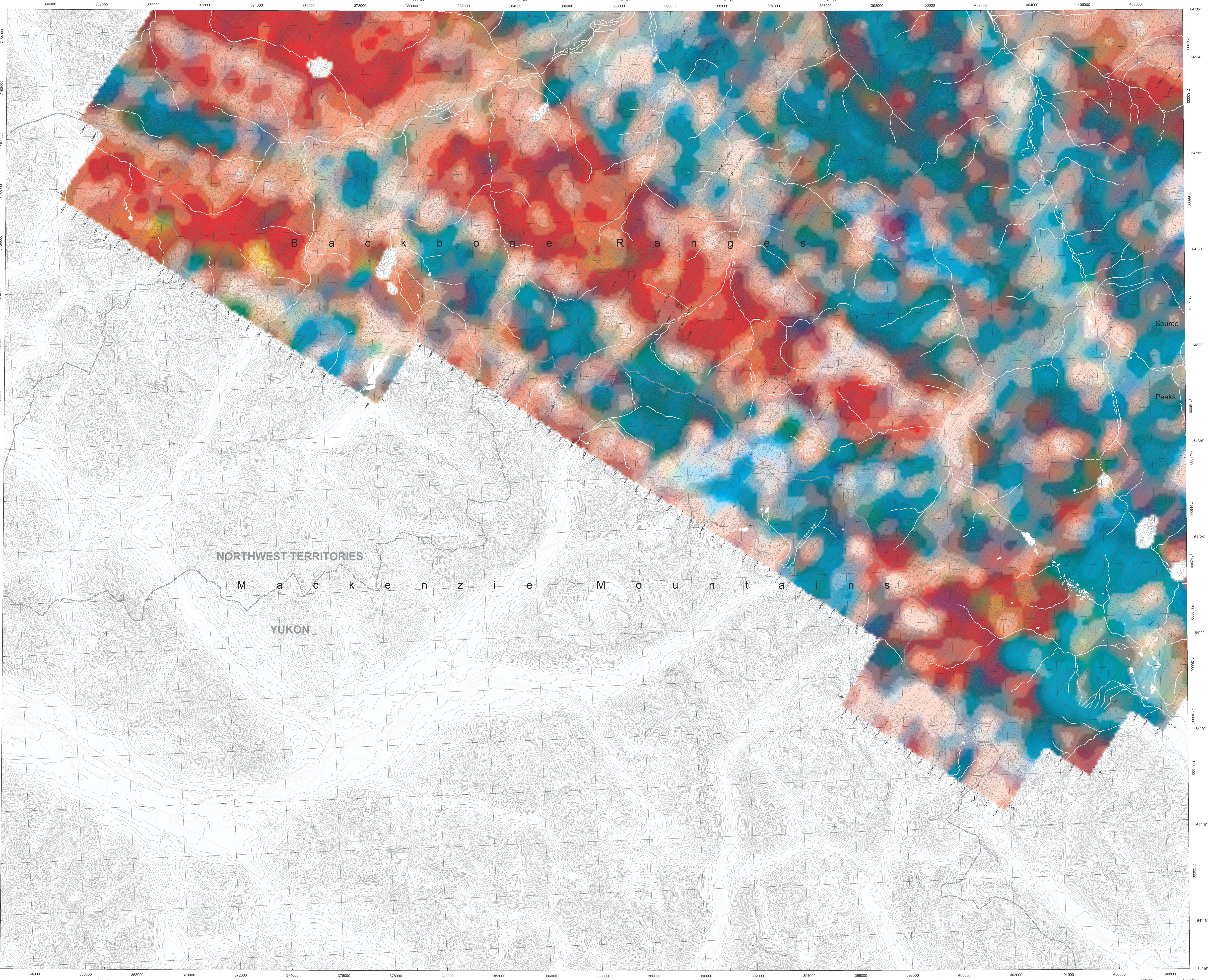
Natural Resources Canada — Ressources naturelles Canada

GEOPHYSICAL SERIES
TERNARY RADIOELEMENT MAP

GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA — COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE OFFICE — RESEARCH • ANALYSIS • INFORMATION

SÉRIE DES CARTES GÉOPHYSIQUES
DIAGRAMME TERNAIRE DES RADIOÉLÉMENTS



A gamma-ray spectrometric and magnetic airborne geophysical survey of the Source Peaks area, Northwest Territories, was completed by Sander Geophysics Limited. The survey was flown from August 3rd to September 16th, 2011 using a Eurocopter AS350-B3 helicopter (C-GSGH). The nominal traverse and control line spacings were, respectively, 500 m and 3000 m, and the aircraft flew at a nominal terrain clearance of 120 m and an air speed of 230 km/h. Traverse lines were oriented N035°E with orthogonal control lines. The flight path was recovered by applying post-flight differential corrections to the raw data recorded by a Global Positioning System. The survey was flown by radar-height guidance with a target height above ground of 120 m. This mode of navigation was chosen to optimize the quality of the spectrometric data. Due to extreme relief, the use of a pre-determined flight surface would have resulted in terrain clearances compromising gamma-ray spectrometric data acquisition in some areas.

Gamma-ray Spectrometric Data

The airborne gamma-ray measurements were made with an Exploranium GR-820 gamma-ray spectrometer with crystal detector packs GPX-1024/256. This system used nine NaI (Tl) crystals with a total detector volume of 37.8 litres (4.2 litres each). The main detector array consisted of eight downward-looking parallelepiped crystals. A ninth crystal (4.2 litres), shielded by the main array, was used to detect variations in background radiation caused by atmospheric radon. The system assembles 256-channel spectra from the individual NaI (Tl) detectors with no loss of Poisson statistics. Spectrum stabilization was accomplished by matching the recorded spectra with several natural gamma-ray peaks.

Potassium is measured directly from the 1460 keV gamma-ray photons emitted by K^{40}, whereas uranium and thorium are measured indirectly from gamma-ray photons emitted by daughter products (Bi^{214} for uranium and Tl^{208} for thorium). Although these daughters are far down their respective decay chains, they are assumed to be in equilibrium with their parents; thus gamma-ray spectrometric measurements of uranium and thorium are referred to as equivalent uranium and equivalent thorium, i.e. eU and eTh. The energy windows used to measure potassium, uranium and thorium are respectively 1370 - 1570 keV, 1660 - 1860 keV, and 2410 - 2810 keV.

Gamma-ray spectra were recorded at one-second intervals. Data processing followed standard procedures as described in IAEA, 1991 and IAEA, 2003. Noise Adjusted Singular Value Decomposition (NASVD) analysis was applied to the full spectrum data to reduce statistical noise in the windowed data. During processing, the spectra were energy calibrated, and counts were accumulated into the windows described above. Counts from the radon detectors were recorded in a 1660 - 1860 keV window and radiation at energies greater than 3000 keV was recorded in the cosmic window. The window counts were corrected for dead time, background activity from cosmic radiation, radioactivity of the aircraft and atmospheric radon decay products. The window data were then corrected for spectral scattering in the ground, air and detectors. Corrections for deviations from the planned terrain clearance and for variation of temperature and pressure were made prior to conversion to ground concentrations of potassium, uranium and thorium, using factors determined from flights over the Breckenridge, Quebec test strip. The factors for potassium, uranium, and thorium were, respectively, 64.39 cps/%, 4.69 cps/ppm, and 3.93 cps/ppm.

Corrected data were filtered and interpolated to a 100 m grid interval. A ternary colour-composite image was created in which the relative concentrations of potassium, equivalent uranium and equivalent thorium determined the colour hue and the total radioactivity determined the colour saturation (Broome et al., 1987). Data points that were acquired over water bodies or where the effective height above ground was higher than 300 m were masked out in the map due to their poor acquisition statistics and possible terrain effect. The results of an airborne gamma-ray spectrometer survey represent the average surface concentrations that are influenced by varying amounts of outcrop, overburden, vegetation cover, soil moisture and surface water. As a result, the measured concentrations are usually lower than the actual bedrock concentrations. The total air absorbed dose rate in nanograys per hour was produced from measured counts between 400 and 2810 keV.

Magnetic Data

Extensive processing of the magnetic data was required to account for the combined effects of rugged terrain and a goal of minimal terrain clearances on survey lines. The magnetic field was sampled 10 times per second using a split-beam cesium vapour magnetometer (sensitivity = 0.001 nT) rigidly mounted to the aircraft. All reference-station magnetometer data were filtered to remove high-frequency signal while retaining the low-frequency diurnal variations. The residual component of the diurnal variations, obtained by correcting for the International Geomagnetic Reference Field (IGRF; 2010 revision), were subtracted from the airborne magnetometer data.

A reference surface was calculated from the highest of the originally planned drape, the flown traverse line, and the flown control line at each point. The data were corrected for the difference in IGRF (2010) between the reference surface and the height of observation, followed by an iterative process of upward continuation of the data to the reference surface and tie-line levelling, until the end result was stable. A final step of micro-levelling was required to remove residual issues. The levelled data were interpolated to a 100 m grid. The IGRF defined at an altitude of 1821 m for the date August 22, 2011 was then removed. (The IGRF represents the magnetic field of the Earth's core, and its removal from the data produces a residual component related essentially to magnetizations within the Earth's crust.)

The first vertical derivative of the levelled magnetic field was calculated. The first vertical derivative is the rate of change of the magnetic field in the vertical direction. Computation of this parameter removes the long-wavelength features of the magnetic field and significantly improves the resolution of closely spaced and superposed anomalies. A property of first vertical derivative maps is the coincidence of the zero-value contour with vertical contacts at high magnetic latitudes (Hood, 1965).

Un levé géophysique aéroporté (spectrométrie gamma et magnétisme) a été réalisé dans la région des pics Source, dans les Territoires du Nord-Ouest, par la société Sander Geophysics Limited. Le levé a été effectué du 3 août 2011 au 16 septembre 2011, à bord d'un hélicoptère Eurocopter AS350-B3 immatriculé C-GSGH. L'espacement nominal des lignes de vol était de 500 m et celui des lignes de contrôle de 3 000 m, alors que l'altitude nominale de vol était de 120 m au-dessus du sol et que la vitesse indiquée était de 230 km/h. Les lignes de vol étaient orientées à N035°E et les lignes de contrôle leur étaient perpendiculaires. La trajectoire de vol a été restituée par l'application après le vol de corrections différentielles aux données brutes enregistrées avec un récepteur GPS. Ce levé a été réalisé en utilisant un altimètre radar pour la navigation verticale selon une altitude cible de 120 m au dessus du sol. Ce mode de navigation a été choisi pour optimiser l'acquisition des données de spectrométrie gamma. Étant donné le relief important, l'utilisation d'une surface de vol prédéterminée aurait donné des altitudes de vol qui auraient compromis l'acquisition des données de spectrométrie gamma dans certaines régions.

Données de spectrométrie gamma

Les mesures du rayonnement gamma ont été effectuées à l'aide d'un spectromètre gamma Exploranium GR-820 et de détecteurs GPX-1024/256, comportant neuf cristaux de NaI (Tl), pour un volume total de 37,8 litres de détecteurs (4,2 litres chacun). Le principal réseau de capteurs se composait de huit cristaux en forme de parallélépipèdes, orientés vers le bas. Un neuvième cristal (volume de 4,2 litres), protégé par le réseau principal, a été utilisé pour déceler les variations du rayonnement naturel causées par le radon atmosphérique. Ce système compile à partir des réponses individuelles des cristaux de NaI (Tl) un spectre de 256 canaux en respectant une distribution de Poisson. La calibration des spectres est réalisée en ajustant les spectres enregistrés selon plusieurs pics gamma naturels.

Le potassium est mesuré directement d'après les photons gamma de 1 460 keV émis par le K^{40}, tandis que l'uranium et le thorium sont mesurés indirectement d'après les photons gamma émis par des produits de filiation (Bi^{214} pour l'uranium et Tl^{208} pour le thorium). Bien que ces radionucléides de filiation se trouvent loin dans leur chaîne respective de désintégration, on présume qu'ils sont en équilibre avec leur radionucléide père; ainsi, les mesures spectrométriques du rayonnement gamma de l'uranium et du thorium sont désignées comme des équivalents d'uranium et des équivalents de thorium, soit éU et éTh. Les plages d'énergie utilisées pour mesurer le potassium, l'uranium et le thorium sont respectivement de 1 370 à 1 570 keV, de 1 660 à 1 860 keV, et de 2 410 à 2 810 keV.

Les spectres du rayonnement gamma ont été enregistrés à des intervalles d'une seconde. Le traitement des données a suivi les procédures normalisées décrites dans IAEA, 1991 et IAEA, 2003. Le bruit de fond statistique été réduit par la décomposition en valeurs singulières des spectres de 256 canaux (NASVD). Pendant le traitement, les spectres ont été soumis à un étalonnage énergétique et les coups ont été cumulés dans les plages décrites ci-dessus. Les coups obtenus à l'aide des capteurs de radon ont été enregistrés dans la plage de 1 660 à 1 860 keV et le rayonnement à des énergies supérieures à 3 000 keV a été enregistré dans la plage du rayonnement cosmique. Les coups enregistrés dans les plages ont été corrigés pour tenir compte du temps mort, du rayonnement de fond dû au rayonnement cosmique, de la radioactivité de l'aéronef et des produits de désintégration du radon atmosphérique. Les données pour les plages ont ensuite été corrigées pour tenir compte de la diffusion spectrale dans le sol, l'air et les capteurs. Les corrections pour les écarts à la hauteur de vol prévue et les variations de température et de pression ont été effectuées avant la conversion en concentrations équivalentes au sol du potassium, de l'uranium et du thorium, en utilisant des facteurs déterminés lors de vols effectués au-dessus de la bande d'étalonnage de Breckenridge (Québec). Les facteurs déterminés pour le potassium, l'uranium et le thorium étaient respectivement de 64,39 cps/%, 4,69 cps/ppm, et 3,93 cps/ppm.

Un filtre a été appliqué aux données corrigées, qui ont ensuite été interpolées suivant une grille à maille de 100 m. Un diagramme ternaire en couleur a été produit où les concentrations relative de potassium, d'équivalent d'uranium et d'équivalent de thorium déterminent la teinte de la couleur, et la radioactivité totale détermine la saturation de la couleur (Broome et al, 1987). Les mesures obtenues au-dessus d'étendues d'eau ou là où l'altitude effective au-dessus du sol était supérieure à 300 m ont été masquées dans les cartes, étant donné les faibles statistiques de comptage et l'influence possible du terrain. Les résultats d'un levé aérien de spectrométrie gamma représentent les concentrations moyennes à la surface, qui sont influencées par les étendues variables des affleurements, des morts-terrains, de la couverture végétale et de l'eau de surface, ainsi que par le niveau d'humidité dans le sol. Par conséquent, les concentrations mesurées sont habituellement plus faibles que les concentrations réelles dans le substratum rocheux. Le taux d'absorption total dans l'air, en nanograys par heure, a été déterminé d'après les coups mesurés dans la plage de 400 à 2 810 keV.

Données sur le champ magnétique

Un traitement de données approfondi a été nécessaire pour résoudre l'effet combiné du relief important et du plan de vol minimisant les altitudes de vol des lignes de levé. Le champ magnétique a été échantillonné 10 fois par seconde à l'aide d'un magnétomètre à vapeur de césium à faisceau partagé (sensibilité = 0,001 nT) rigidement fixé à l'aéronef. Les données magnétiques des stations de référence ont été filtrées pour extraire le bruit de haute fréquence et ne conserver que les variations diurnes de basse fréquence. Le signal résiduel des variations diurnes obtenu en appliquant une correction pour le champ géomagnétique international de référence (IGRF, révision de 2010) a été soustrait des données du magnétomètre aéroporté.

Une surface de référence a été calculée en utilisant pour chaque point la valeur la plus élevée parmi celles de la surface de vol préalablement calculée, de la ligne de vol et de la ligne de contrôle. On a ensuite appliqué aux données une correction équivalente à la différence du champ géomagnétique international de référence (IGRF) entre le point de mesure et la surface de référence, puis on a effectué un processus itératif de continuation des données vers le haut jusqu'à la surface de référence et de nivellement des lignes de contrôle jusqu'à l'obtention d'un résultat stable. Une étape de micronivellement a également été nécessaire pour extraire le bruit résiduel du signal géologique. Ces valeurs nivelées ont ensuite été interpolées suivant une grille à maille de 100 m. Le champ géomagnétique international de référence défini à l'altitude moyenne de 1 821 m pour le 22 août 2011 a été soustrait. La soustraction de l'IGRF, qui représente le champ magnétique du noyau terrestre, produit une composante résiduelle essentiellement reliée à la magnétisation de l'écorce terrestre.

La dérivée première verticale du champ magnétique nivelé a été calculée. La dérivée première verticale représente le taux auquel varie le champ magnétique suivant la verticale. Le calcul de la dérivée première verticale supprime les composantes de grande longueur d'onde du champ magnétique et améliore considérablement la résolution des anomalies rapprochées les unes des autres ou superposées. L'une des propriétés des cartes de la dérivée première verticale est la coïncidence de l'isogamme de valeur zéro et des contacts verticaux aux hautes latitudes magnétiques (Hood, 1965).

References/Références

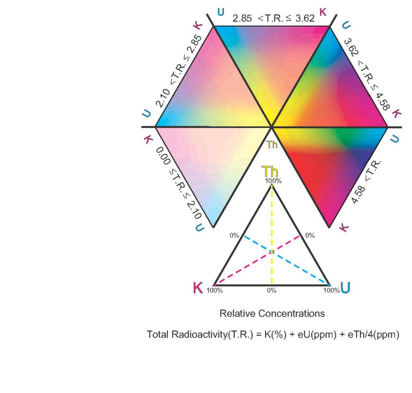
Hood, P.J. 1965. Gradient measurements in aeromagnetic surveying. Geophysics, 30, 891-902.

Broome, J., Carson, J.M., Grant, J.A., and Ford, K.L., 1987. A modified ternary radioelement mapping technique and its application to the south coast of Newfoundland. Paper 87-14, Geological survey of Canada, Ottawa, Ontario, Canada.

International Atomic Energy Agency, 1991. Airborne gamma ray spectrometer surveying. Technical Reports Series 323, IAEA, Vienna.

International Atomic Energy Agency, 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. Technical Reports Series 1363, IAEA, Vienna.

PLANIMETRIC SYMBOLS	SYMBOLES PLANIMÉTRIQUES
Topographic contours	Courbes de niveau
Drainage	Drainage
Flight line (line number, fiducial) L1016 > 300	Ligne de vol (numéro de ligne, fiduciel)

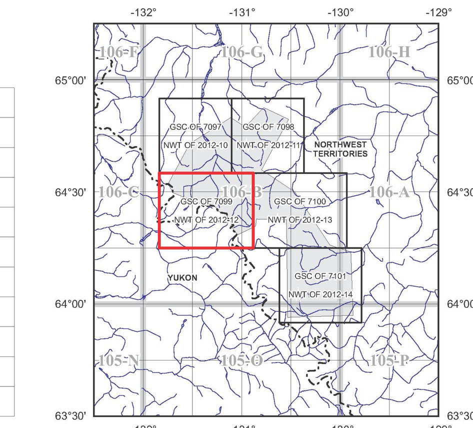


Relative Concentrations

Total Radioactivity(T.R.) = K(%) + eU(ppm) + eTh/4(ppm)

MAP SHEET SUMMARY / SOMMAIRE DES FEUILLETS

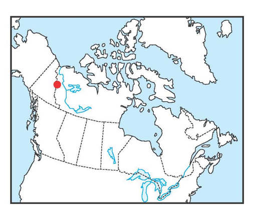
Sheet Feuillet	MAP / CARTE
1	Natural Air Absorbed Dose Rate Taux d'absorption naturel des rayons gamma dans l'air
2	Potassium
3	Uranium
4	Thorium
5	Uranium / Thorium
6	Uranium / Potassium
7	Thorium / Potassium
8	Ternary Radioelement Map Diagramme ternaire des radioéléments
9	Residual Total Magnetic Field Composante résiduelle du champ magnétique total
10	First Vertical Derivative of the Magnetic Field Dérivée première verticale du champ magnétique



NATIONAL TOPOGRAPHICAL SYSTEM REFERENCE AND GEOPHYSICAL MAP INDEX
SYSTÈME NATIONAL DE RÉFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE ET INDEX DES CARTES GÉOPHYSIQUES

This radiometric and aeromagnetic survey and the production of this map were funded by the Northwest Territories Geoscience Office (NTGO) through the Strategic Investments in Northern Economic Development (SINED) program of the Canadian Northern Economic Development Agency (CanNor). Quality assurance and quality control were performed by the Geological Survey of Canada under the Geomapping for Energy and Minerals (GEM) Program of the Earth Sciences Sector, Natural Resources Canada.

Ce levé radiométrique et aéromagnétique et la production de cette carte ont été subventionnés par le Bureau géoscientifique des Territoires du Nord-Ouest (BGTNO) par l'entremise du programme «Investissements stratégiques dans le développement économique du Nord» (ISDEN) de l'Agence canadienne de développement économique du Nord (CanNor). L'assurance et le contrôle de la qualité ont été effectués par la Commission géologique du Canada dans le cadre du programme «Géocartographie de l'énergie et des minéraux» (GEM) du Secteur des sciences de la Terre, Ressources naturelles Canada.



Location Map - Carte de localisation

GSC OPEN FILE 7099 / DOSSIER PUBLIC 7099 DE LA CGC
NWT OPEN FILE 2012-12

AIRBORNE GEOPHYSICAL SURVEY OF THE SOURCE PEAKS AREA, NORTHWEST TERRITORIES
LEVÉ GÉOPHYSIQUE AÉROPORTÉ DE LA RÉGION DES PICS SOURCE, TERRITOIRES DU NORD-OUEST

NTS 106-B/6 AND PARTS OF NTS 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11, AND 106-B/12
SNRC 106-B/6 ET SNRC PARTIES DE 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11 ET 106-B/12

TERNARY RADIOELEMENT MAP
DIAGRAMME TERNAIRE DES RADIOÉLÉMENTS

Authors: R. Fortin, M. Coyle, B. Fischer, J. Carson and R. Dumont

Data acquisition, compilation and map production by
Sander Geophysics Limited, Ottawa, Ontario.
Contract and project management by the Northwest Territories Geoscience Office,
Yellowknife, Northwest Territories. Technical expertise by the
Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario.

Auteurs : R. Fortin, M. Coyle, B. Fischer, J. Carson et R. Dumont

L'acquisition et la compilation des données, ainsi que la production des cartes, ont été
effectuées par Sander Geophysics Limited, Ottawa (Ontario).
La gestion et la supervision du projet ont été effectuées par le
Bureau géoscientifique des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest).
Expertise technique fournie par la Commission géologique du Canada, Ottawa (Ontario).

Scale 1 : 50 000 - Échelle 1 / 50 000

km 1 0 2 4 km

NAD83/UTM zone 9N

Universal Transverse Mercator Projection
North American Datum, 1983
© Her Majesty the Queen in Right of Canada 2012

Projection transverse universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain, 1983
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2012

Digital Topographic Data provided by Geomatics Canada, Natural Resources Canada
Données topographiques numériques de Géomatique Canada, Ressources naturelles Canada

Digital versions of this map, and corresponding digital profile and gridded data, can be downloaded at no charge, or supplied by mail for a small fee, from the Northwest Territories Geoscience Office, 4601-B 52 Avenue, P.O. Box 1500, Yellowknife, Northwest Territories, X1A 2R3. Telephone: (867) 669-2636, email: ntgo@gov.nt.ca, website: http://www.nwtgeoscience.ca/. Request NWT Open File 2012-15 for digital data.

Digital versions of this map, corresponding digital profile and gridded data, and similar data for adjacent aeromagnetic and gamma-ray spectrometric surveys can be downloaded, at no charge, from Natural Resources Canada's Geoscience Data Repository at http://gdr.nrcan.gc.ca/aeromag/. The same products are also available, for a fee, from the Geophysical Data Centre, Geological Survey of Canada, 615 Booth Street, Ottawa, Ontario, K1A 0E9. Telephone: (613) 995-5326, email: infogdc@agg.nrcan.gc.ca/.

On peut télécharger gratuitement, ou obtenir par la poste pour une somme modique, des versions numériques de cette carte et des données numériques correspondantes en format profil et en format maille, en s'adressant au Bureau géoscientifique des Territoires du Nord-Ouest, 4601-B 52 Avenue, C.P. 1500, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) X1A 2R3. Téléphone: (867) 669- 2636, courriel: ntgo@gov.nt.ca, site Internet : http://www.nwtgeoscience.ca/. Demandez NWT Open File 2012-15 pour les données numériques.

On peut télécharger gratuitement, depuis la section sur les Données aéromagnétiques de l'Entrepôt de données géoscientifiques de Ressources naturelles Canada à l'adresse Web http://edg.nrcan.gc.ca/aeromag/, des versions numériques de cette carte, des données numériques correspondantes en format profil et en format maille, ainsi que des données similaires issues des levés aéromagnétiques et spectrométriques adjacents. On peut se procurer les mêmes produits, moyennant des frais, en s'adressant au Centre des données géophysiques de la Commission géologique du Canada, 615, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E9. Téléphone: (613)995-5326, courriel: infogdc@agg.nrcan.gc.ca.

NWT OPEN FILE
2012-12
NORTHWEST TERRITORIES GEOSCIENCE OFFICE
BUREAU GÉOSCIENTIFIQUE DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST
SHEET 8 OF 10
FEUILLET 8 DE 10

OPEN FILE
DOSSIER PUBLIC
7099
GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA
COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
2012
SHEET 8 OF 10
FEUILLET 8 DE 10

Publications in this series have not been edited; they are released as submitted by the author.

Les publications de cette série ne sont pas révisées; elles sont publiées telles que soumises par l'auteur.

TERNARY RADIOELEMENT MAP
AIRBORNE GEOPHYSICAL SURVEY OF THE
SOURCE PEAKS AREA, NORTHWEST TERRITORIES
NTS 106-B/6 AND PARTS OF NTS 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11, AND 106-B/12

DIAGRAMME TERNAIRE DES RADIOÉLÉMENTS
LEVÉ GÉOPHYSIQUE AÉROPORTÉ DE LA
RÉGION DES PICS SOURCE, TERRITOIRES DU NORD-OUEST
SNRC 106-B/6 ET SNRC PARTIES DE 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11 ET 106-B/12

Recommended citation for GSC publication:
Fortin, R., Coyle, M., Fischer, B., Carson, J., and Dumont, R., 2012.
Airborne Geophysical Survey of the Source Peaks area, Northwest Territories,
NTS 106-B/6 and parts of NTS 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11, and 106-B/12;
Geological Survey of Canada, Open File 7099;
scale 1:50 000.

Notation bibliographique conseillée pour la publication de la CGC :
Fortin, R., Coyle, M., Fischer, B., Carson, J., et Dumont, R., 2012.
Levé géophysique aéroporté de la région des pics Source, Territoires du Nord-Ouest,
SNRC 106-B/6 et SNRC parties de 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11 et 106-B/12;
Commission géologique du Canada, Dossier public 7099;
échelle 1/50 000.

Recommended citation for NTGO publication:
Fortin, R., Coyle, M., Fischer, B., Carson, J., and Dumont, R., 2012.
Airborne Geophysical Survey of the Source Peaks area, Northwest Territories,
NTS 106-B/6 and parts of NTS 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11, and 106-B/12;
Northwest Territories Geoscience Office, NWT Open File 2012-12;
10 maps, scale 1:50 000.

Notation bibliographique conseillée pour la publication du BGTNO :
Fortin, R., Coyle, M., Fischer, B., Carson, J., et Dumont, R., 2012.
Levé géophysique aéroporté de la région des pics Source, Territoires du Nord-Ouest,
SNRC 106-B/6 et SNRC parties de 106-B/5, 106-B/7, 106-B/10, 106-B/11 et 106-B/12;
Bureau géoscientifique des Territoires du Nord-Ouest, NWT Open File 2012-12;
10 cartes, échelle 1/50 000.

Government of the Northwest Territories
Industry, Tourism and Investment

Canada