



GNSS et le système de référence altimétrique au Canada

Marc Véronneau
Levés géodésiques du Canada



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Introduction

➤ Le Canada	...	3
➤ Datum vertical : Nivellement	...	4
➤ Changements technologiques	...	8
➤ Datum vertical : Géoïde	...	13
➤ Accès au datum vertical moderne	...	19
➤ Impact sur les usagers	...	24
➤ Sommaire	...	28



Canada



Superficie: 9,984,671 km²
 - 8.9% rivières et lacs
 - 18.1 fois la superficie de la France.

Population: 35,151,728
 - 75% de la population demeure à l'intérieur de 100 milles (160 km) de la frontière américaine

Accès limité à une grande partie du pays
 - Cordillères de l'ouest
 - Région éloignée
 - Arctique
 - Aucune route menant au Nunavut

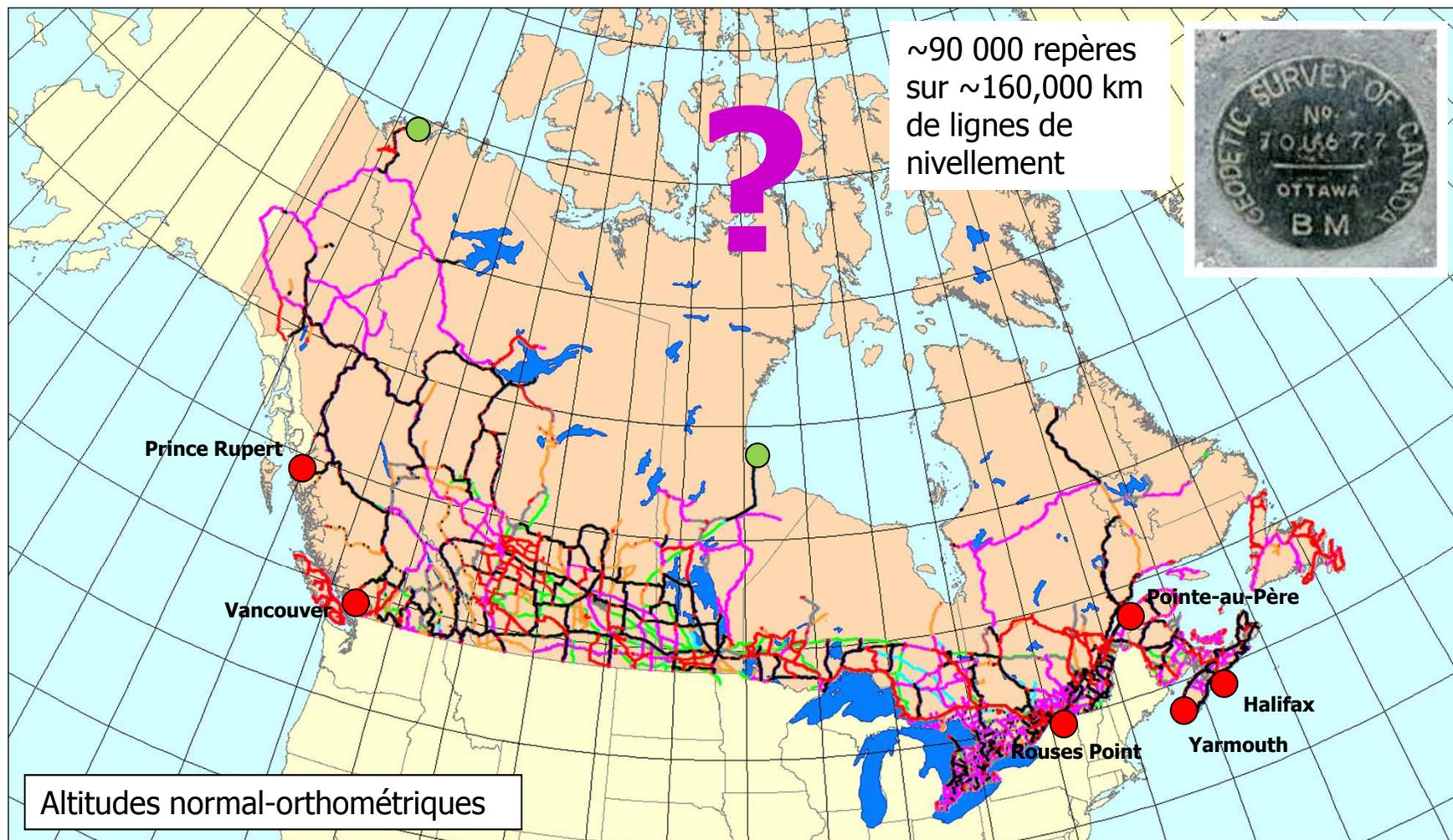


Datum vertical : Nivellement

**CGVD28, ajustement en 1928 et
adopté officiellement en 1935**



Le réseau de nivellement de premier ordre



1906-1928 1929-1939 1940-1965 1966-1971 1972-1981 1982-1989 1990-2007



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



Contraintes originales

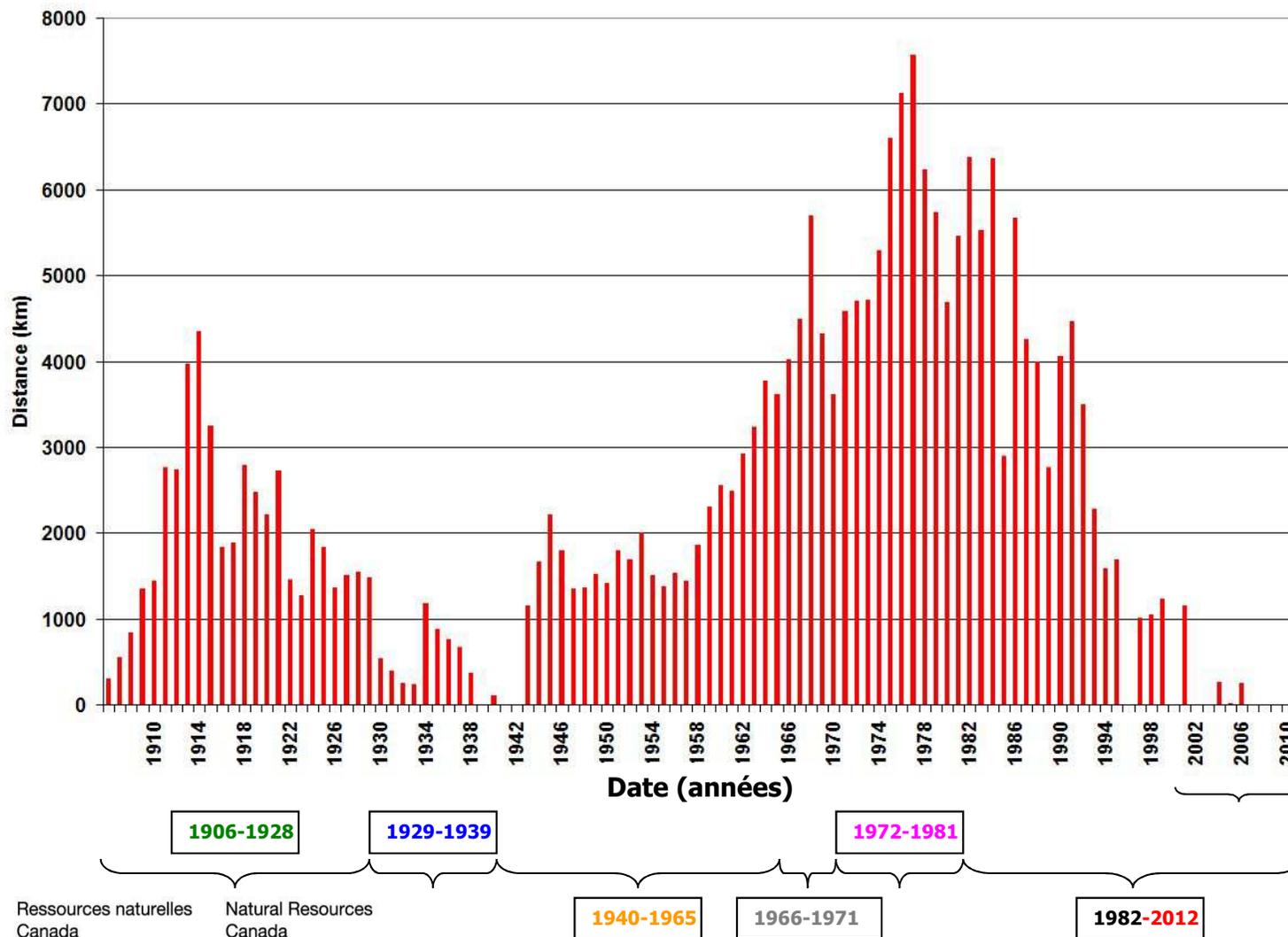


Contraintes ultérieures

Canada

Les levés de nivellement par année

Nombre de kilomètres parcourus par nivellement chaque année



Les défis avec le nivellement

- Grandeur du pays
 - Levés de nivellement difficiles dans plusieurs régions du pays (montagnes, manque de voies d'accès, arctique)
 - Datum vertical accessible seulement où se trouve des repères altimétriques
 - Grand nombre de repères altimétriques n'est pas observé depuis 30 ans ou plus
 - Incertitude de la stabilité des repères altimétriques
 - Réduction des budgets d'opération
 - Augmentation des coûts des levés de nivellement de premier ordre
 - Changement technologique: Positionnement à partir de satellites
- ❖ Abandon de l'entretien du réseau de nivellement de premier ordre (~1995)

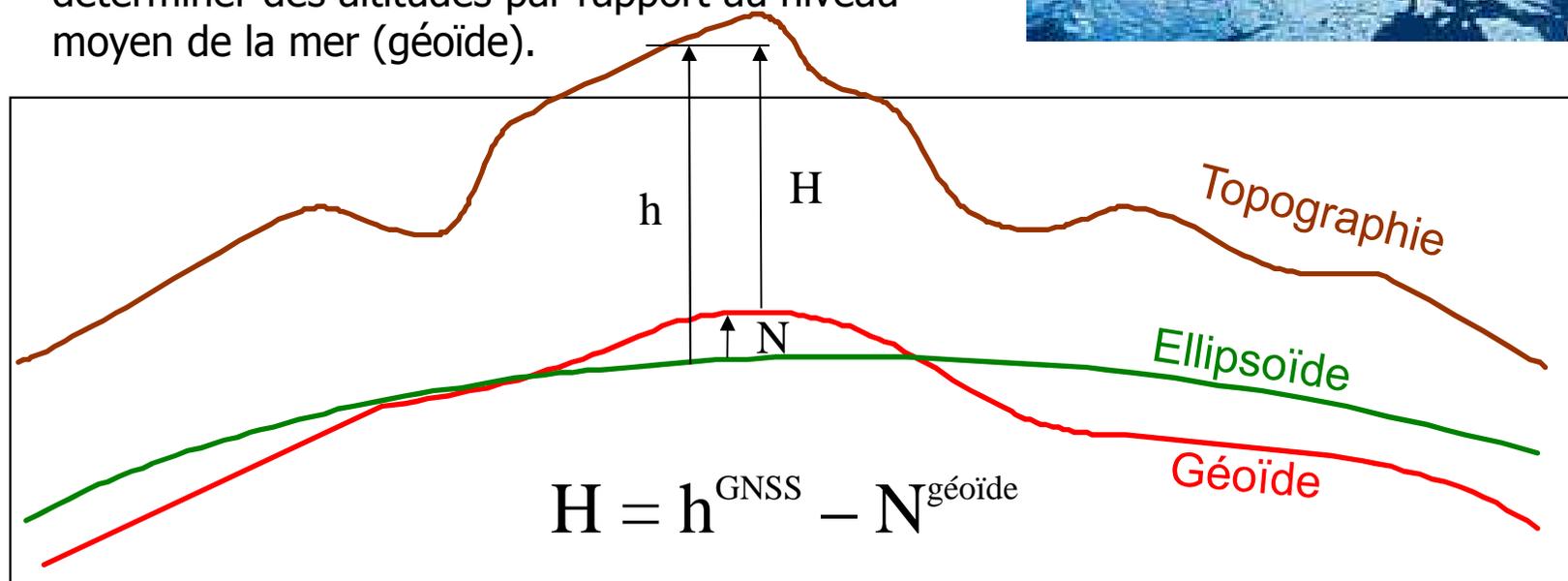


Changements technologiques



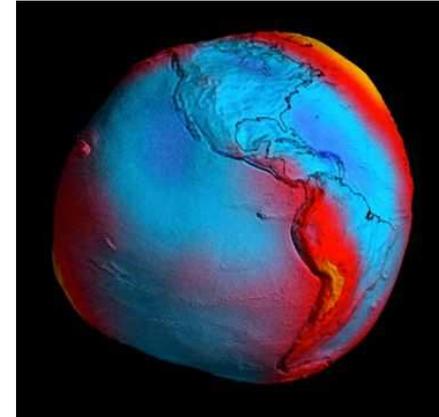
Positionnement spatial

- Le positionnement GNSS est maintenant mature et est largement adopté par les usagers.
- Les usagers peuvent obtenir des altitudes géodésiques avec une précision de l'ordre du centimètre à n'importe quel endroit au Canada de façon efficace.
- La combinaison du GNSS et des ondulations du géoïde est devenue la méthode moderne de déterminer des altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (géoïde).



Gravité par satellites

- Les missions gravimétriques satellitaires (GRACE et GOCE) offrent une précision sans précédent pour la détermination des longues et moyennes longueurs d'ondes du géoïde.
- Un modèle du géoïde réalise une surface de référence précise et homogène à travers le Canada (terre, lacs et océans).



Géoïde mondial depuis le satellite GOCE



Mars 2002 –



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

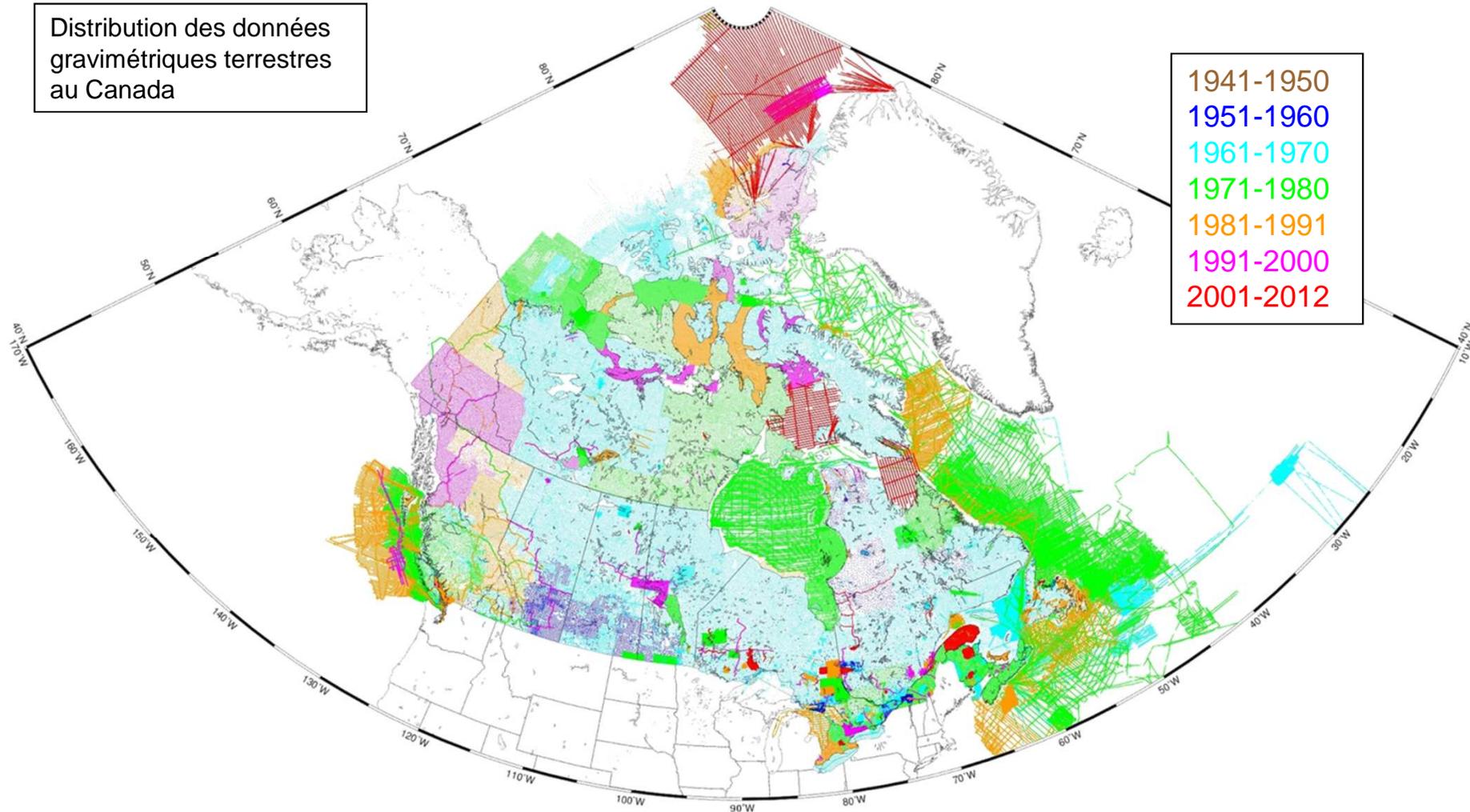


Mars 2009 – nov. 2013

Canada

Les données gravimétriques de surface et aéroportées

Distribution des données gravimétriques terrestres au Canada



Gravité et le géoïde

- La collecte de mesures denses de gravité à travers le pays est dispendieuse.
- Par contre, la longévité et la validité des mesures de gravité peuvent s'étendre sur plusieurs décennies, surtout si nous avons des missions gravimétriques satellitaires pour le suivi des longues longueurs d'ondes du géoïde (mm/a).



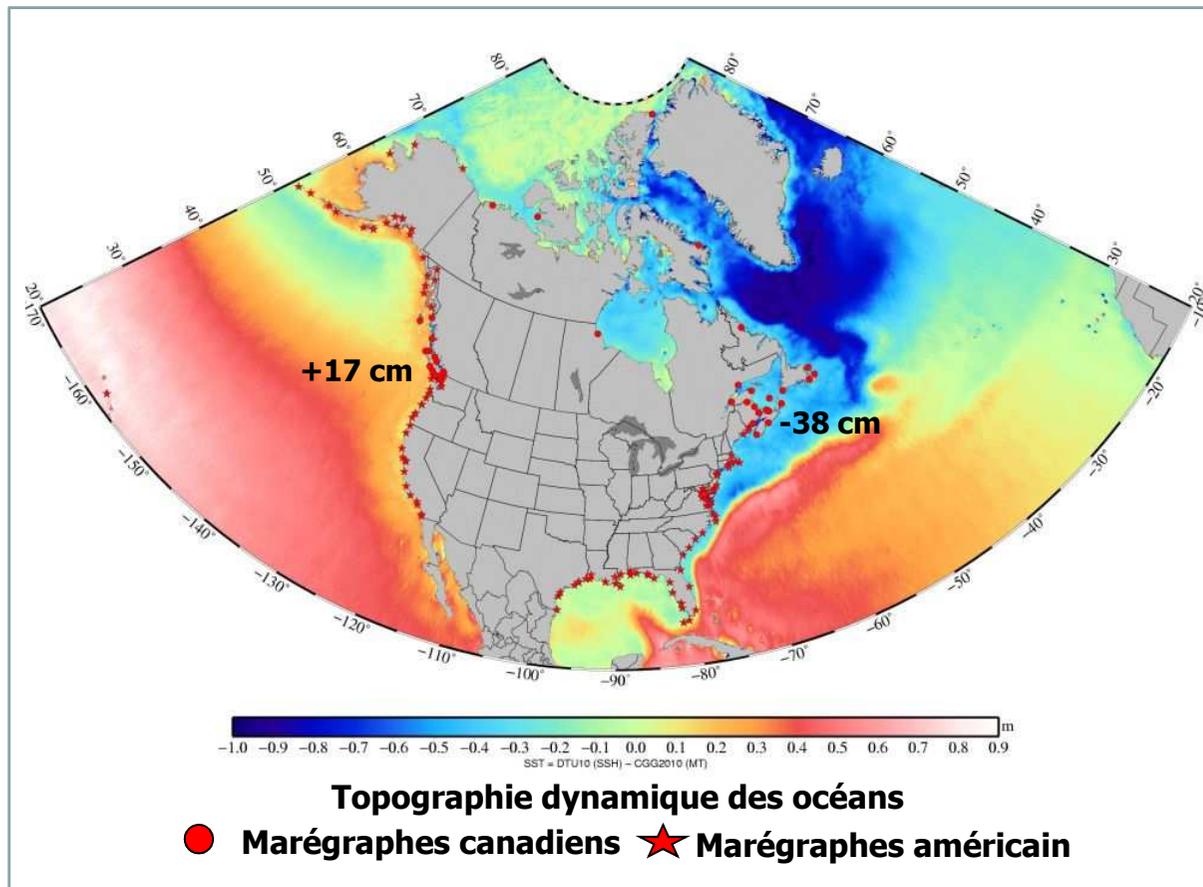
Datum vertical : Géoïde

**CGVD2013, mis en place en novembre
2013**



Définition du CGVD2013

- CGVD2013 : Surface équipotentielle ($W_0 = 62,636,856.0 \text{ m}^2/\text{s}^2$) étant la moyenne pondérée du niveau moyen de la mer tel que mesuré a des marégraphes canadiens et américains.



- U.S. NGS et LGC signent une entente (16 avril 2012) pour réaliser un datum vertical commun entre les USA et le Canada défini par $W_0 = 62,636,856.0 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Denis Hains
 Denis Hains
 Director
 Geodetic Survey Division
 Canada Centre for Remote Sensing
 Natural Resources Canada

Juliana P. Blackwell
 Juliana P. Blackwell
 Director
 National Geodetic Survey

- Elle correspond à la convention adoptée par International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) et International Astronomical Union (IAU).



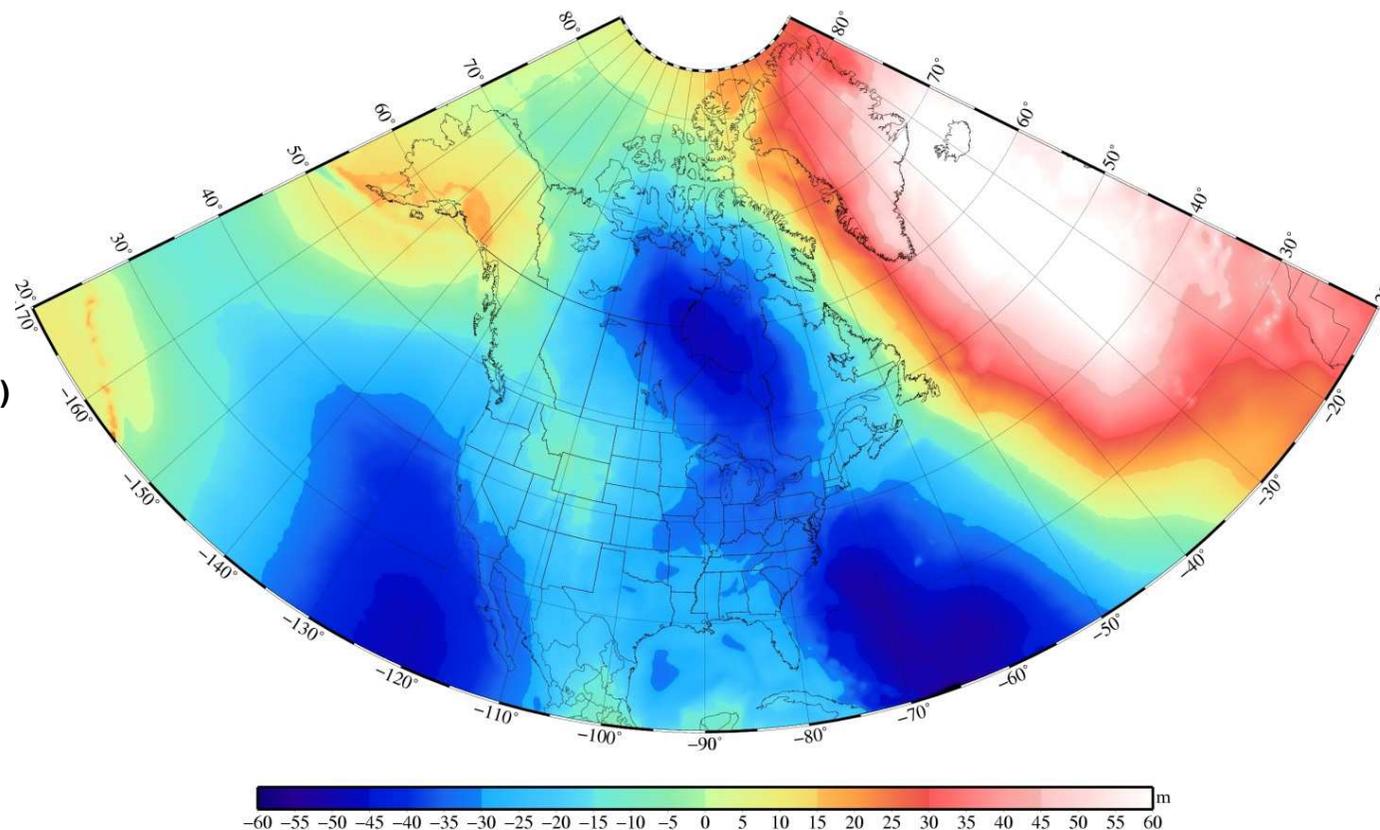
Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Le modèle du géoïde CGG2013

- Altitudes orthométriques
- Limites
 Nord : 90° Sud : 10°
 Ouest : -170° Est : -10°
- Résolution : 2' x 2'
- Modèle satellitaire
 EIGEN-6C3stat (GFZ)
 Förste et al., IAG 2013
 GOCE (jusqu'au 24 mai, 2013)
- Zone de transition
 Degrés : 120-180
 ($\lambda = 333 \text{ km}-222 \text{ km}$)
- Cadres de référence
 ITRF2008 and NAD83(SCRS)
- Références
 Véronneau et Huang, 2016
 Huang et Véronneau, 2013

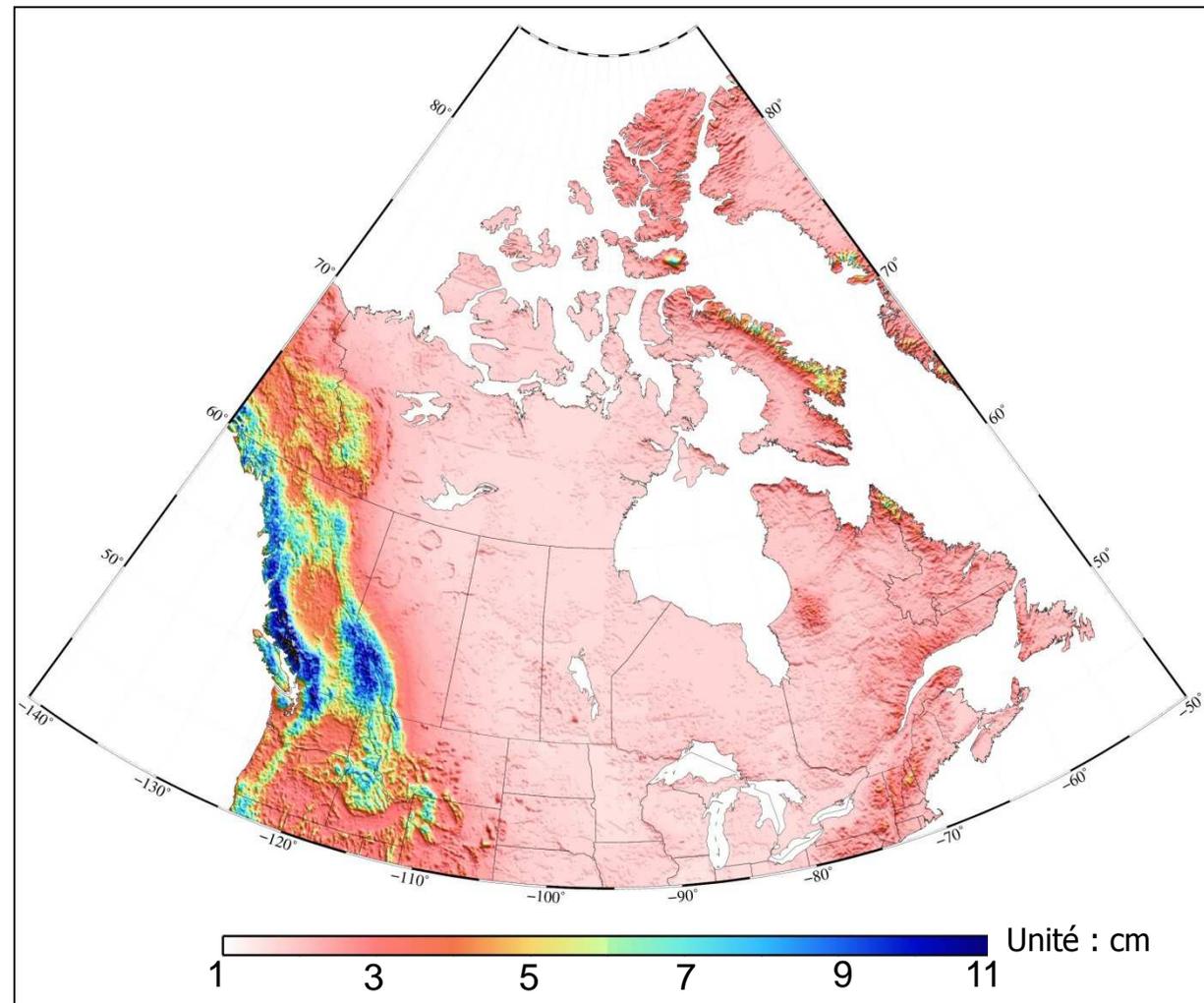


Note: les modèles expérimentaux récents utilisent une zone de transition entre 150 et 210 (degrés harmoniques).



Précision absolue du modèle du géoïde (CGG2013)

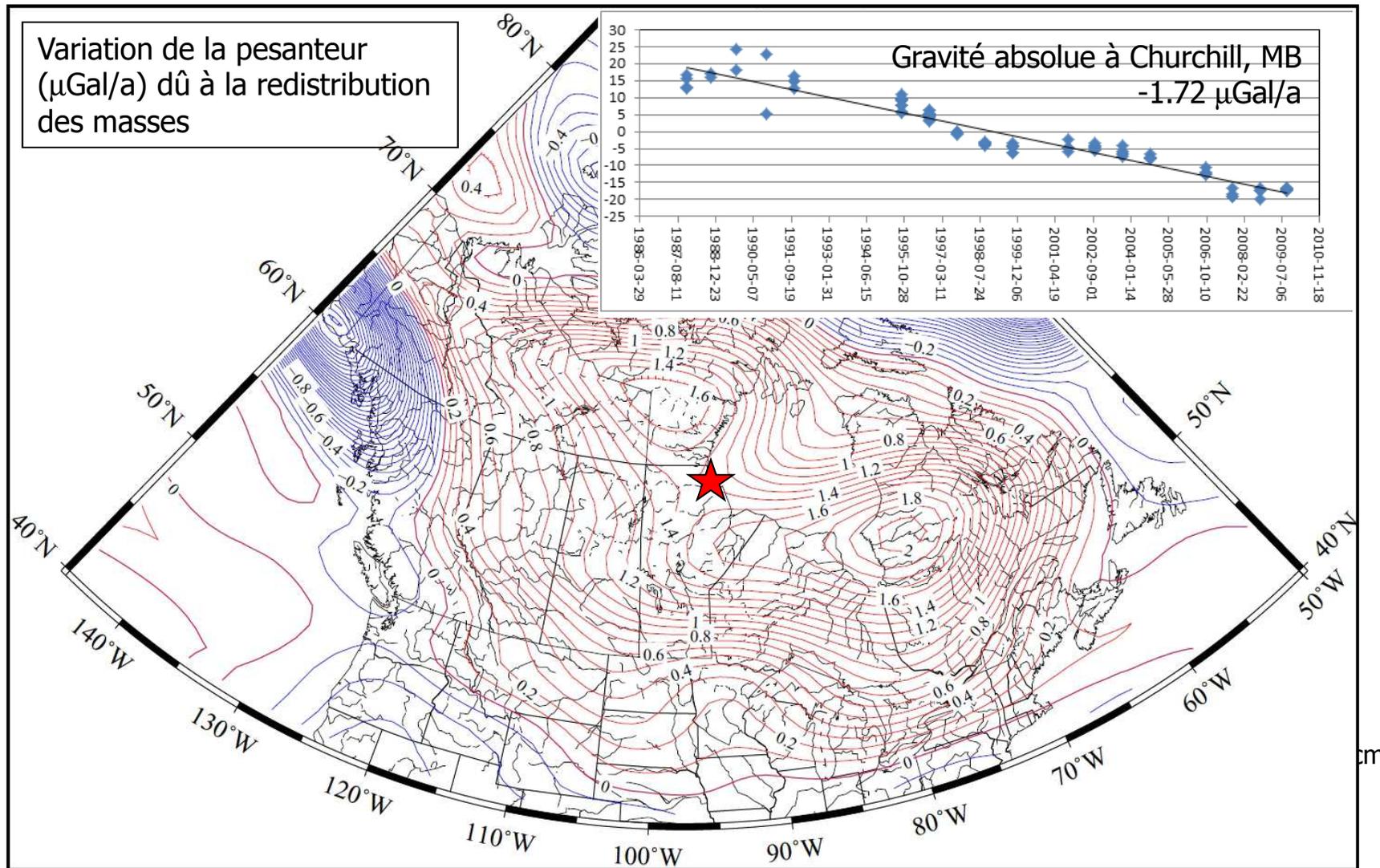
- La qualité du modèle du géoïde rencontre présentement la majorité des besoins nationaux en terme d'élévations



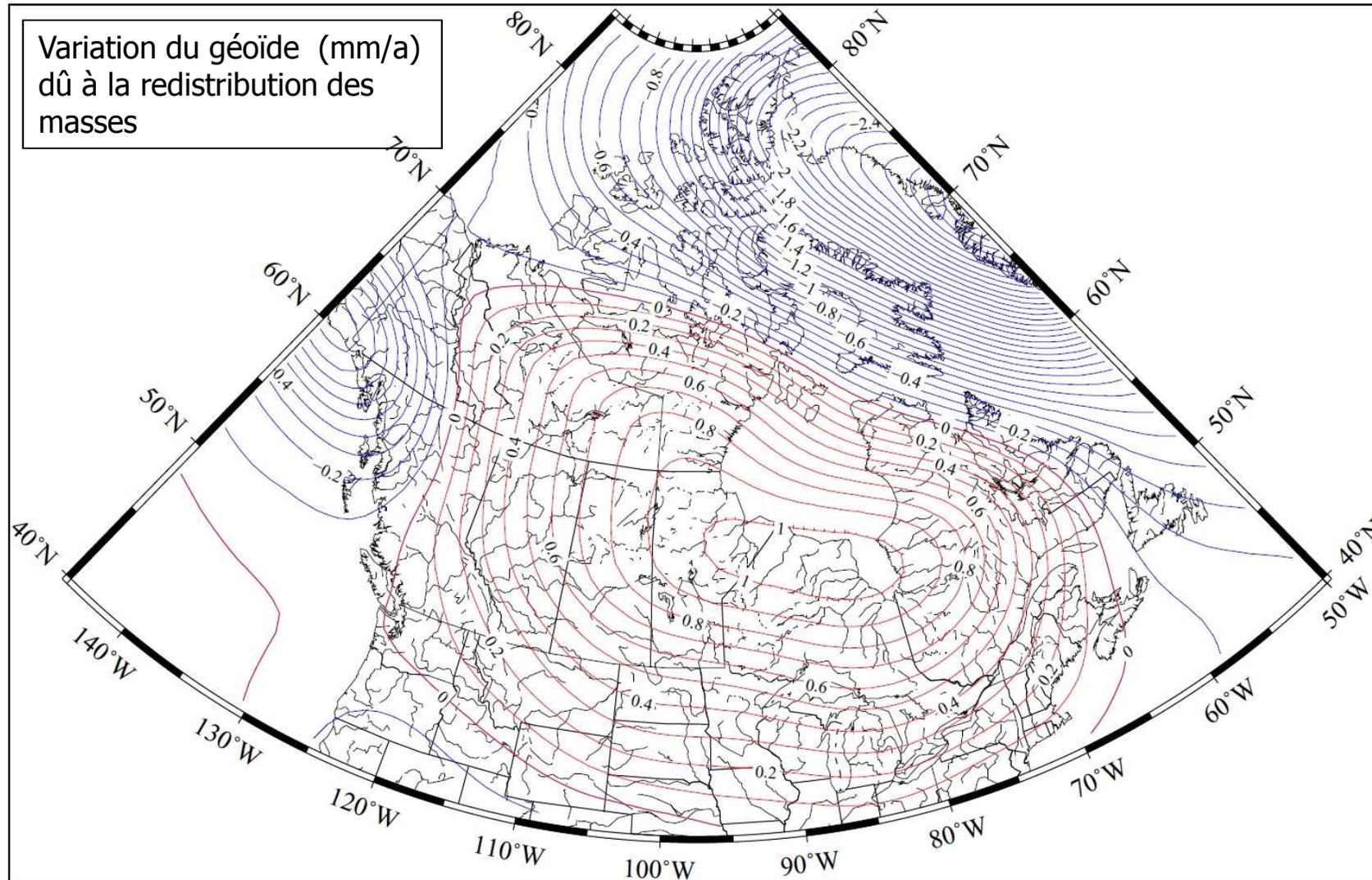
Confiance à 67% (1σ)



GRACE : Suivi du champ gravimétrique



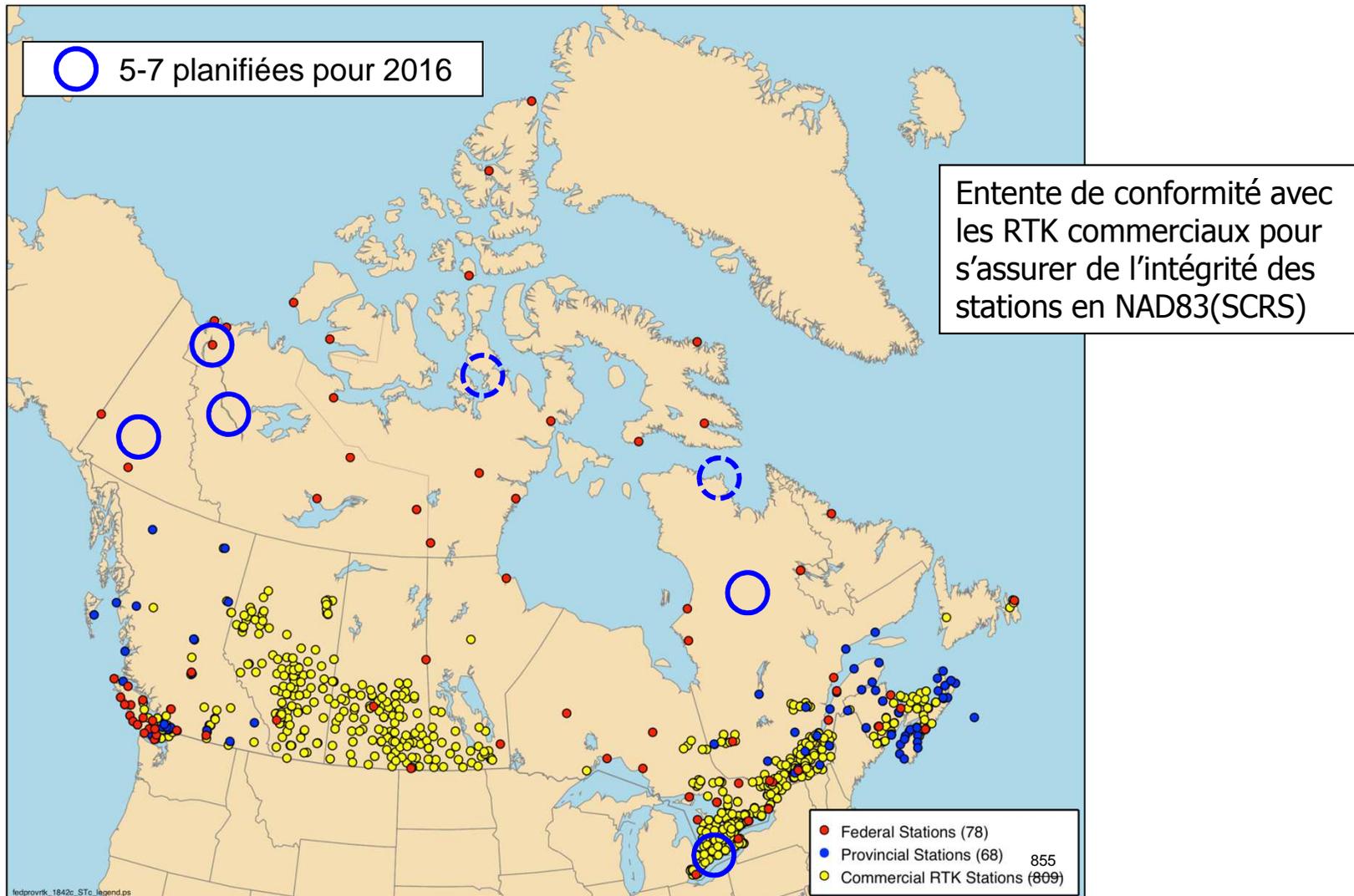
GRACE: Suivi du géoïde



Accès au datum vertical



Les stations GNSS actives traitées par la LGC

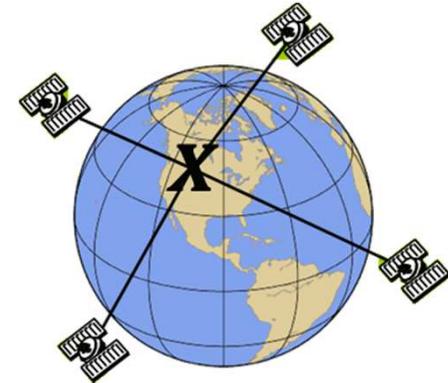


Les stations fédérales GNSS passives



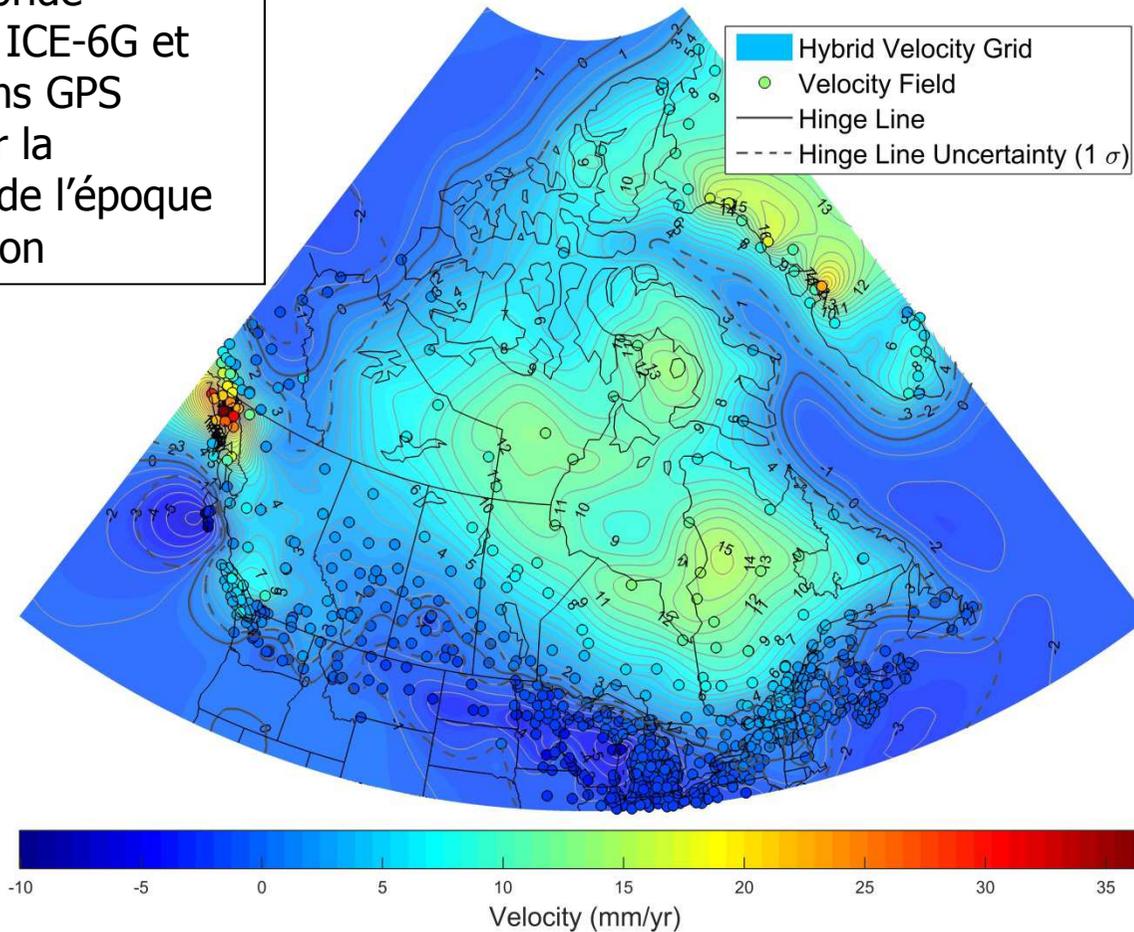
Le positionnement ponctuel précis

- SCRS-PPP est un outil offert en ligne pour le post-traitement de données GNSS brutes, permettant aux usagers d'obtenir des positions de plus grande exactitude.
- SCRS-PPP utilise les éphémérides d'orbites précises des satellites GNSS afin de produire des coordonnées corrigées d'une exactitude « absolue » constante, peu importe la position de l'utilisateur sur le globe, et indépendamment de la proximité d'une station de base.



Vélocité verticale au Canada

- Modèle hybride combinant ICE-6G et observations GPS
- Utilisé pour la correction de l'époque d'observation



Impact sur les usagers



Sommaire historique

- 2002: Support des agences géodésiques provinciales (CGRSC/CCOG) pour l'adoption d'un datum basé sur le géoïde
- 2006: Consultation auprès des intervenants
 - ✓ Les intervenants préféreraient demeurer dans le datum vertical courant (CGVD28) mais ils reconnaissent les besoins de mettre en œuvre un nouveau datum vertical basé sur le géoïde (CGVD2013).
- 2012: Entente entre NGS et LGC sur le W_0 (62,636,856.0 m²s⁻²)
- 2012/2013: Promotion du CGVD2013
 - ✓ Série de webinaires
 - ✓ Présentations aux associations provinciales d'arpentage et conférences
 - ✓ Ateliers
 - ✓ Publications dans des revues d'arpentage
- Nov. 2013: Lancement du CGVD2013(CG2013)
- 2022: Unification des systèmes de référence altimétriques en Amérique du Nord
 - ✓ Simplification de la gestion des eaux transfrontalières

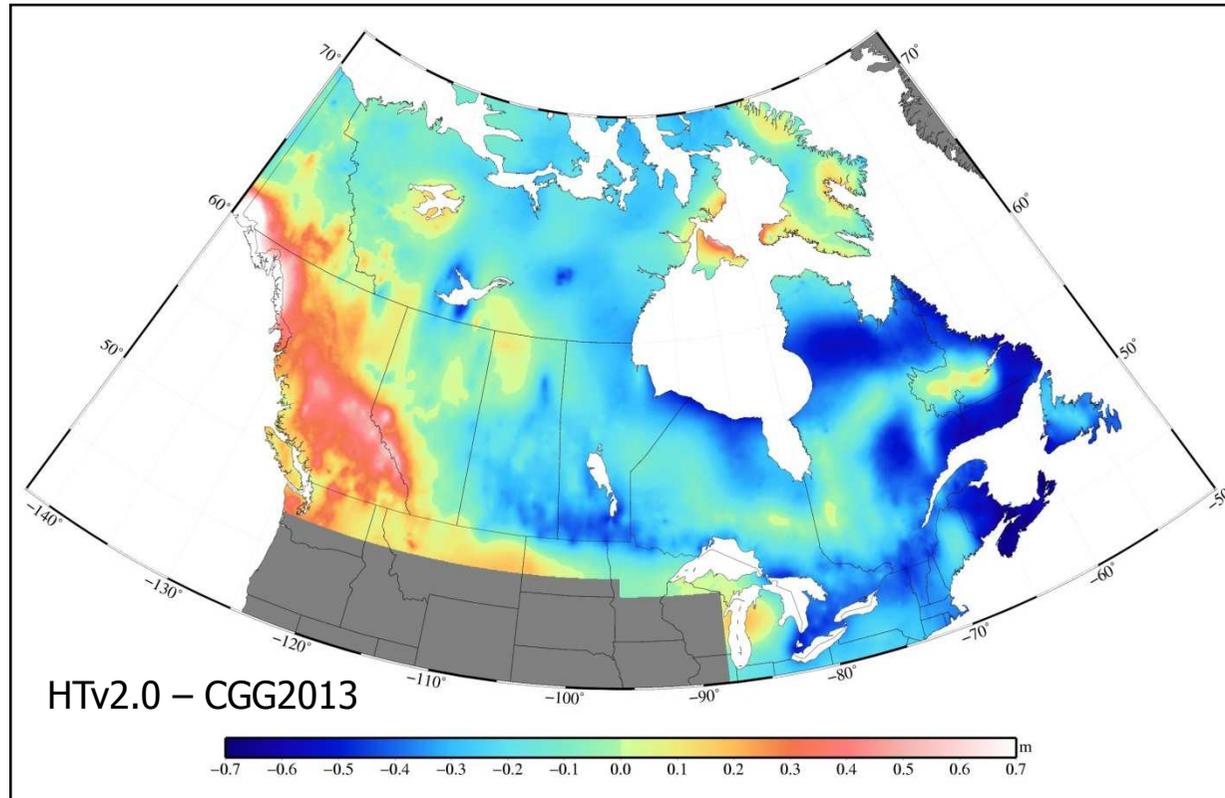


Impact du nouveau datum vertical

- Le LGC ne s'attend pas à ce que les intervenants adoptent immédiatement le CGVD2013. Il y aura une période de transition similaire à celle de NAD27 à NAD83.
- CGVD2013 a un plus gros succès avec les agences fédérales ayant un réseau national (marégraphes, réseau hydrométrique, aéroports) et les agences/compagnies travaillant dans les régions éloignées.
- Le GNSS est l'outil de choix d'un grand nombre d'intervenants mais ils préfèrent intégrer les altitudes dans le CGVD28 même si celui-ci n'est pas compatible.
- Les usagers mentionnent encore un besoin d'avoir un grand nombre de repères pour le contrôle des levés.
- Le CGVD28 et le CGVD2013 continuent à coexister mais RNCAN ne fait aucun entretien sur le réseau de nivellement de premier ordre. Les repères altimétriques disparaîtront tranquillement au cours des ans ou auront une incertitude grandissante dû aux mouvements locaux.
- Afin d'aider à la transition, RNCAN a réajusté le réseau national de nivellement de premier ordre avec une série de contraintes à travers le pays afin que les altitudes aux repères altimétriques soient conformes à celles du CGVD2013. Les altitudes ont une limite de précision sachant que le nivellement provient de données historiques. Les altitudes officielles sont celles obtenues par le GNSS et CGVD2013 (ou le modèle officiel le plus récent).
- Les stations du système canadien de contrôle actif (CACS) et du réseau de base canadien (CBN) forment présentement l'infrastructure nationale (~275 stations).
- Naturellement, le nouveau datum n'empêche pas l'utilisation du nivellement, il s'agit seulement d'entamer un levé à partir d'un repère bien établi dans le CGVD2013.

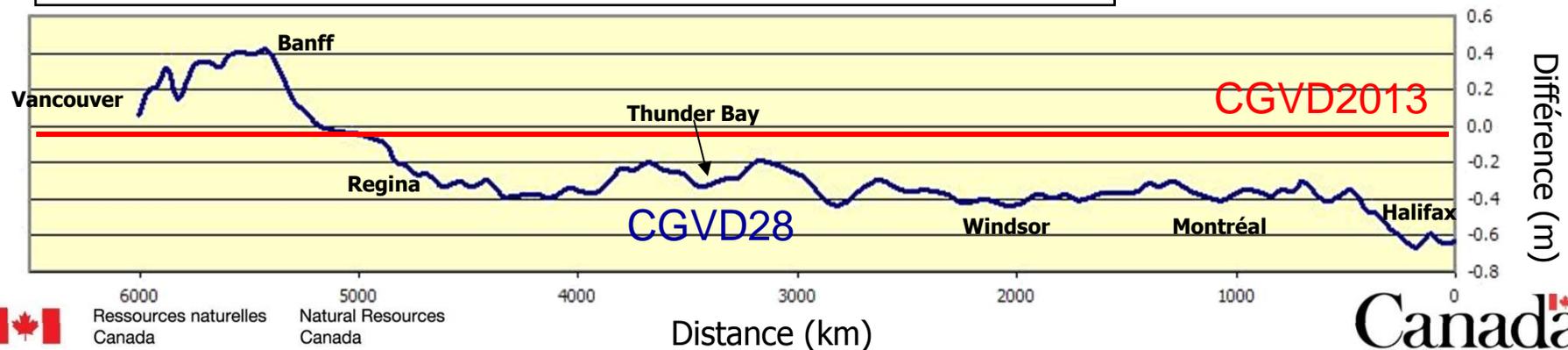


Canada: CGVD2013 et CGVD28



$$H_{CGVD2013} - H_{CGVD28}$$

St John's	-37 cm
Halifax	-64 cm
Charlottetown	-32 cm
Fredericton	-54 cm
Montréal	-36 cm
Toronto	-42 cm
Winnipeg	-37 cm
Regina	-38 cm
Edmonton	-04 cm
Banff	+55 cm
Vancouver	+15 cm
Whitehorse	+34 cm
Yellowknife	-26 cm
Tuktoyaktuk	-32 cm



Sommaire



Couverture complète et compatibilité avec les technologies modernes de positionnement



Réseaux de nivellement traditionnels



Modèle du géoïde



QUESTIONS?

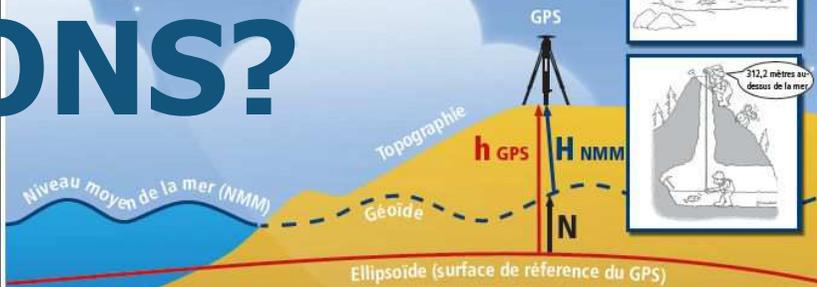
 Ressources naturelles Canada / Natural Resources Canada

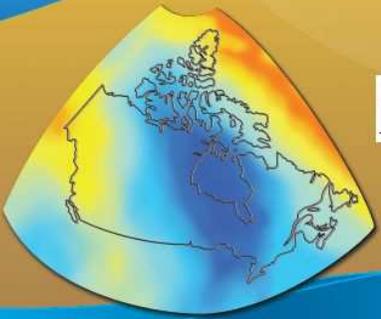


Modernisation des altitudes

Saviez-vous que vous pouvez maintenant déterminer l'altitude par rapport au niveau moyen de la mer n'importe où au Canada à l'aide du GPS et d'un modèle du géoïde?







Ondulation du géoïde (N)

-50m	-40m	-20m	-10m	0m	10m	20m	30m
------	------	------	------	----	-----	-----	-----

Canada