



# Modernisation du Système de référence altimétrique du Canada : Raison d'être, état d'avancement et mise en œuvre

Marc Véronneau et Pierre Héroux

Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques



# Qu'est-ce que la modernisation du système de référence altimétrique?



## Un projet de transformation du Service canadien de référence spatiale qui inclut :

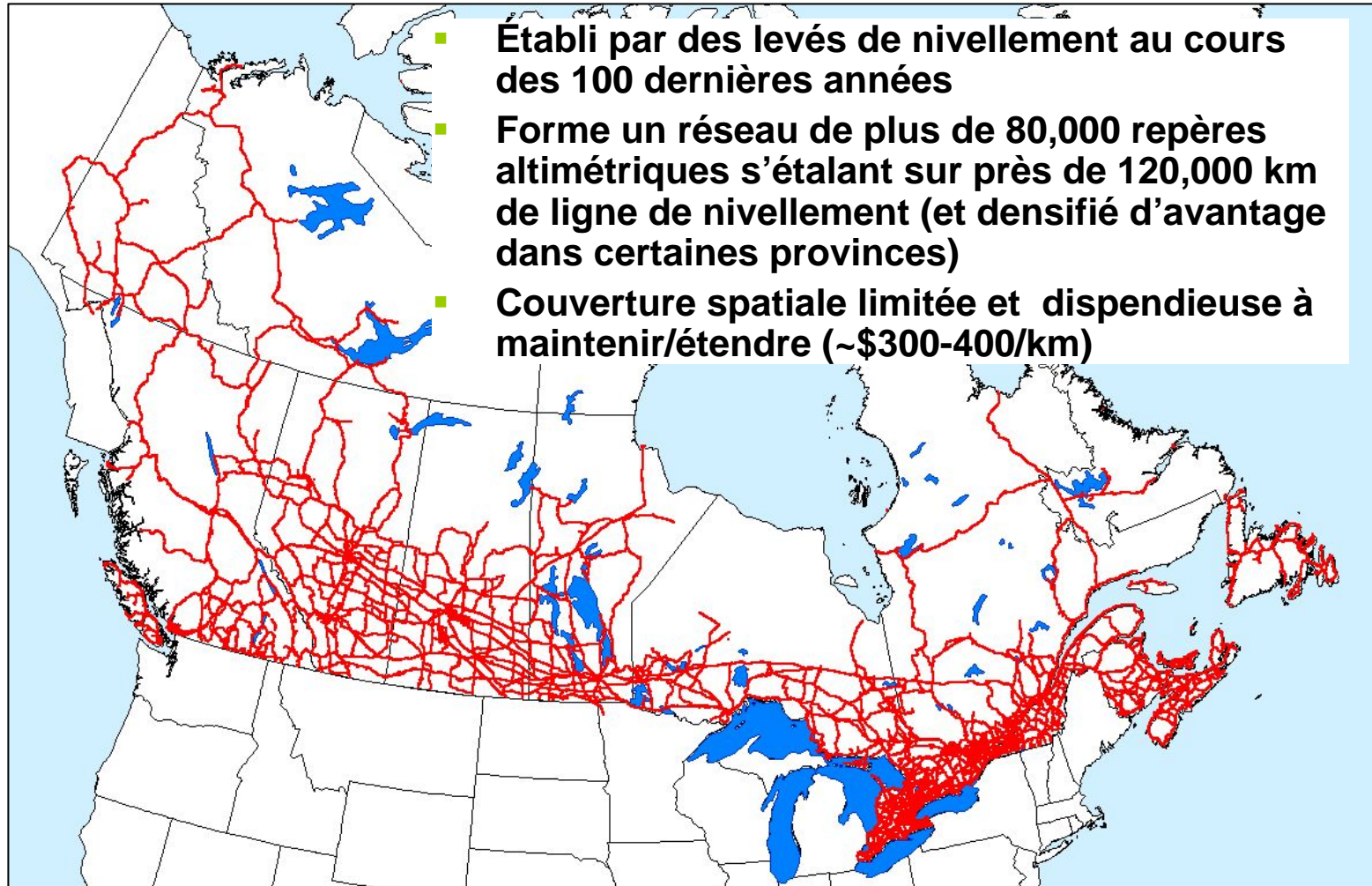
- Le développement, la mise en œuvre et la promotion d'un nouveau système de référence altimétrique au Canada.
- La réalisation d'un nouveau cadre de référence altimétrique par la modélisation du géoïde, plutôt que le nivellement géodésique.
- La disponibilité d'un cadre de référence altimétrique homogène à travers le pays.
- La possibilité de mesurer précisément des élévations par rapport au niveau moyen des mers en utilisant le Système de positionnement mondial (GPS) et les technologies nouvelles des Systèmes de géopositionnement satellitaires (GNSS).
- Une réduction de la dépendance des usagers aux repères monumentés du réseau altimétrique et des coûts de maintien qui lui sont associés.

# Pourquoi moderniser le système de référence altimétrique?



- **Bénéficier des nouvelles technologies**
  - Systèmes de géopositionnement satellitaires (GPS, GLONASS, Galileo)
  - Missions gravimétriques par satellites (CHAMP, GRACE et GOCE)
- **Offrir une couverture complète du territoire canadien**
- **Réaliser des économies dans la provision et le maintien du cadre de référence altimétrique**
- **Éliminer les distorsions (erreurs systématiques et grossières) dans le cadre géodésique de référence altimétrique du Canada de 1928 (CGVD28)**
- **Améliorer l'efficacité des opérations terrains et des applications des usagers**
- **Unifier les réseaux horizontaux et verticaux traditionnels sous le cadre de référence NAD83(SCRS)**

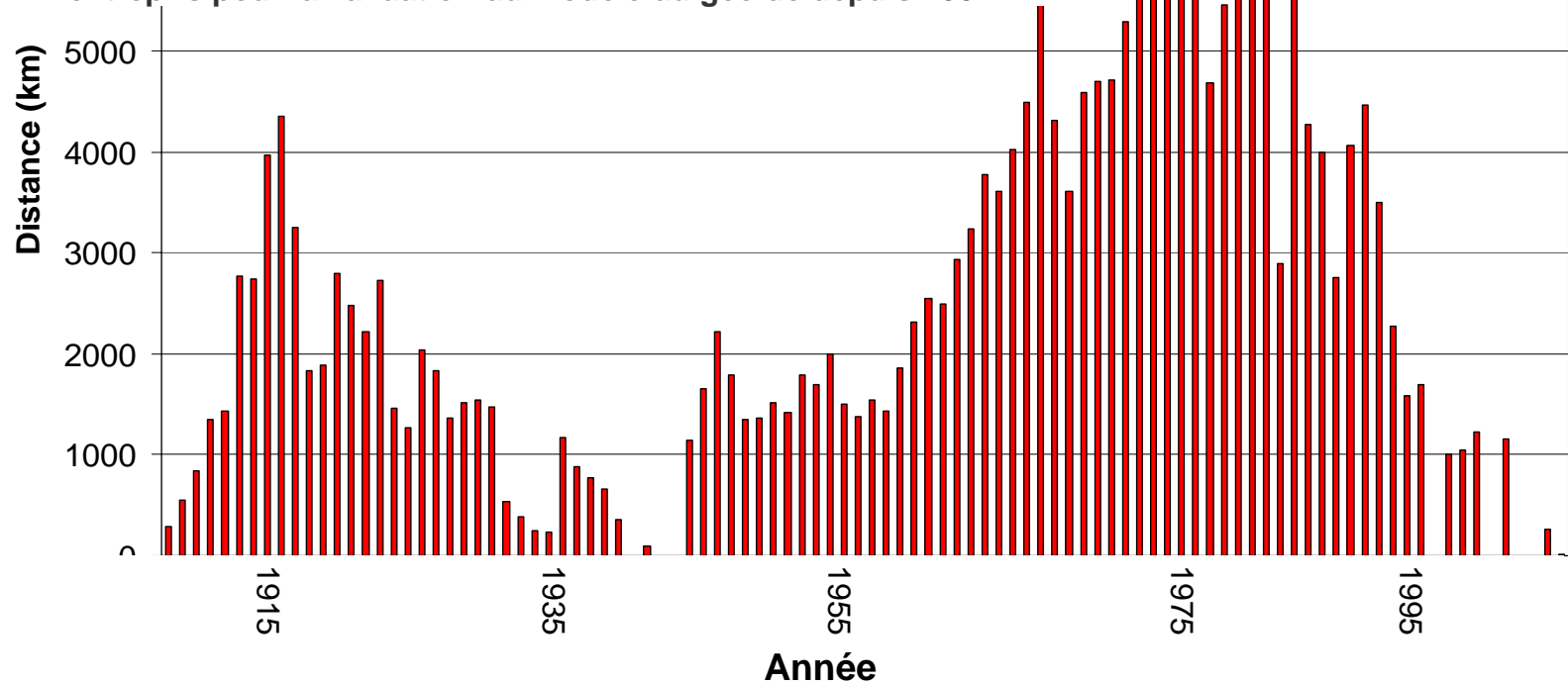
# Couverture du réseau de nivellement de premier ordre au Canada



# Levés de nivellement de premier ordre (1907-2006)



- De 1972 à 2000, quelques 115,000 km de nivellement a été observés ce qui représente quasiment l'ensemble du réseau altimétrique.
- Pour une période de 30 ans se terminant au début des années 1990, la DLG observait en moyenne 4000 km de nivellement annuellement (~65% maintenance et 35% expansion)
- Depuis le milieu des années 1990, les levés de nivellement ont diminué graduellement et seuls quelques levés ciblés ont été entrepris pour la validation du modèle du géoïde depuis 2001.



# L'unification des réseaux horizontaux et verticaux



Réseau **Horizontal** ( $\phi, \lambda$ )

NAD27



NAD83



NAD83(SCRS)

Réseau **3-D** ( $\phi, \lambda, h$ )

*Maintenant*

Réseau **3-D**  
( $\phi, \lambda, H = h - N$ )

NAD83(SCRS)  
Modèle du géoïde

*Futur proche*

Réseau **4-D**  
( $\phi, \lambda, H = h - N, t$ )

NAD83(SCRS)  
Modèle du géoïde

Réseau **Vertical** (H)

CGVD28



NAVD88

Adopté au États-Unis,  
mais pas au Canada



# Composantes principales du projet de la modernisation du systèmes de référence altimétrique?



## Amélioration du modèle du géoïde et du réseau de référence 3D

- Utiliser les données gravimétriques (terrestres et spatiales) et les modèles numériques d'élévations les plus récents;
- Mener des levés spécifiques de GPS et de nivellement pour la validation du modèle du géoïde;
- Mettre à jour des coordonnées du réseau de référence 3D et estimer leur vitesses et;
- Développer des outils de conversion pour faciliter la transition du CGVD28 au nouveau cadre de référence altimétrique pour les usagers .

## Mise en oeuvre et adoption (en collaboration avec le CCSRG\*)

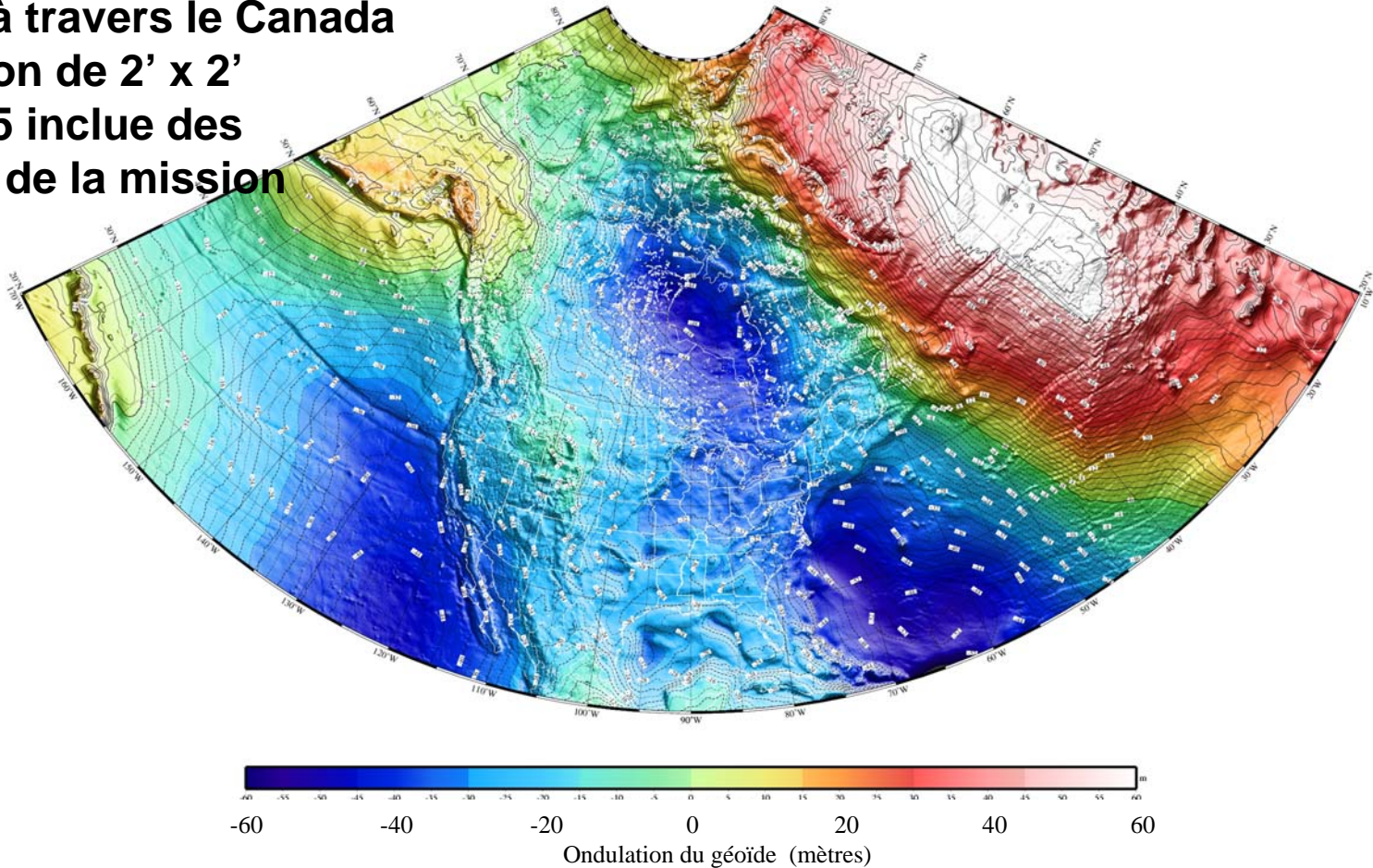
- Consulter les intervenants (Rapport HAL 2006);
- Développer un plan de mise en œuvre et de communication;
- Préparer le matériel éducatif; et
- Promouvoir les bénéfices du nouveau cadre de référence altimétrique par l'entremise de l'internet, de conférences et d'ateliers.

\* Le Comité canadien du système de référence géodésique du Conseil canadien de géomantique (COCG)

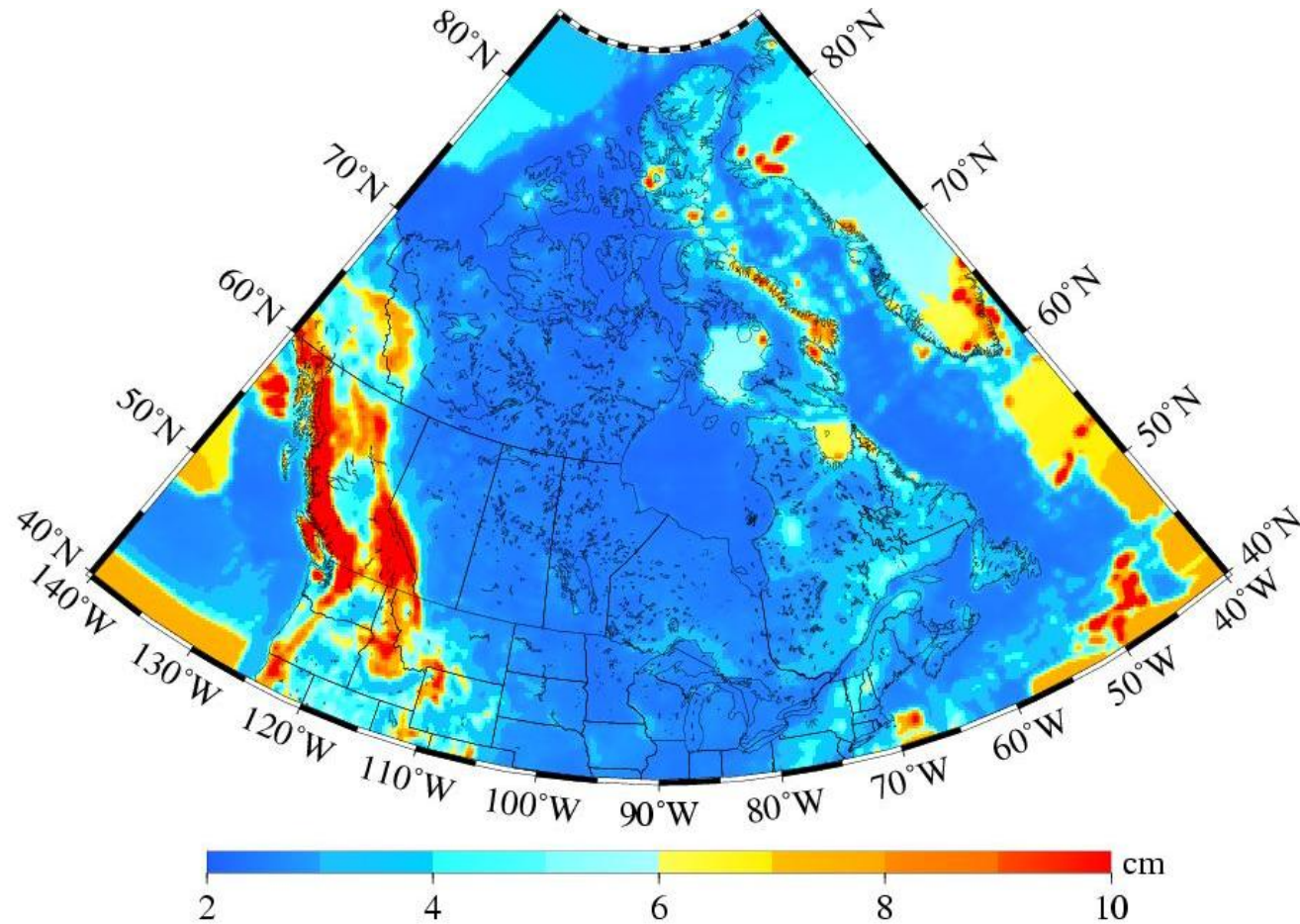
# Le modèle gravimétrique du géoïde au Canada (CGG2005)



- Les ondulations du géoïde varient de 80 m à travers le Canada
- Résolution de 2' x 2'
- CGG2005 inclue des données de la mission GRACE



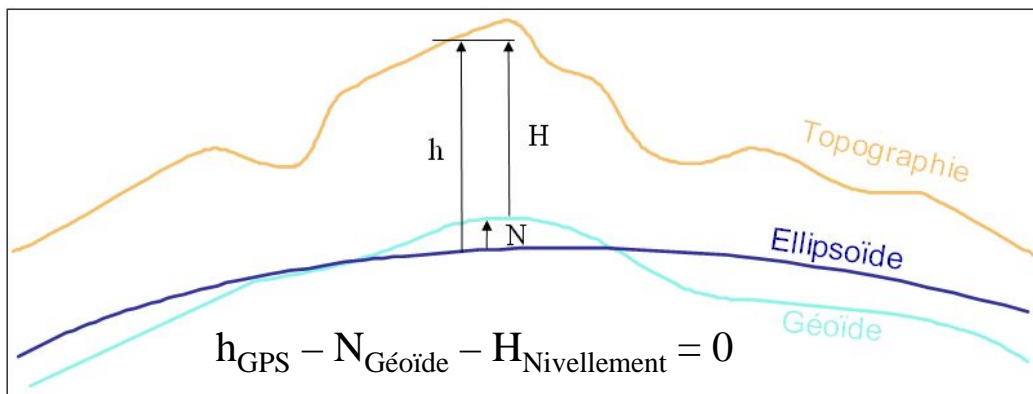
# Estimation de la précision absolue du modèle du géoïde (CGG2005)



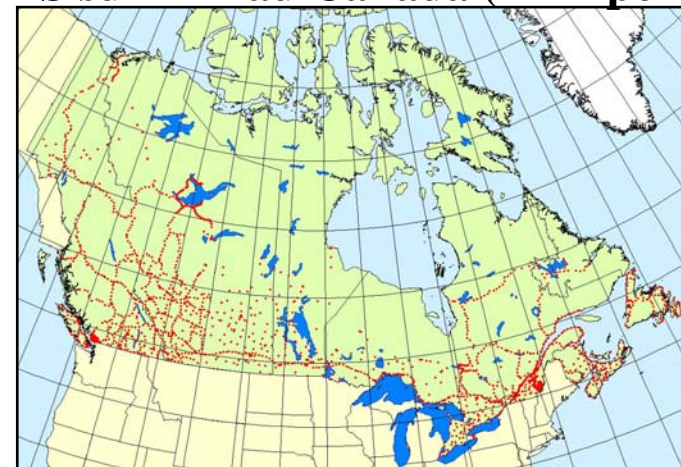
# Validation du CGG2005 Méthodologie et statistiques



## Méthodologie



## GPS sur BM au Canada (2274 points)



## Statistiques (cm)

Min.: -66.5

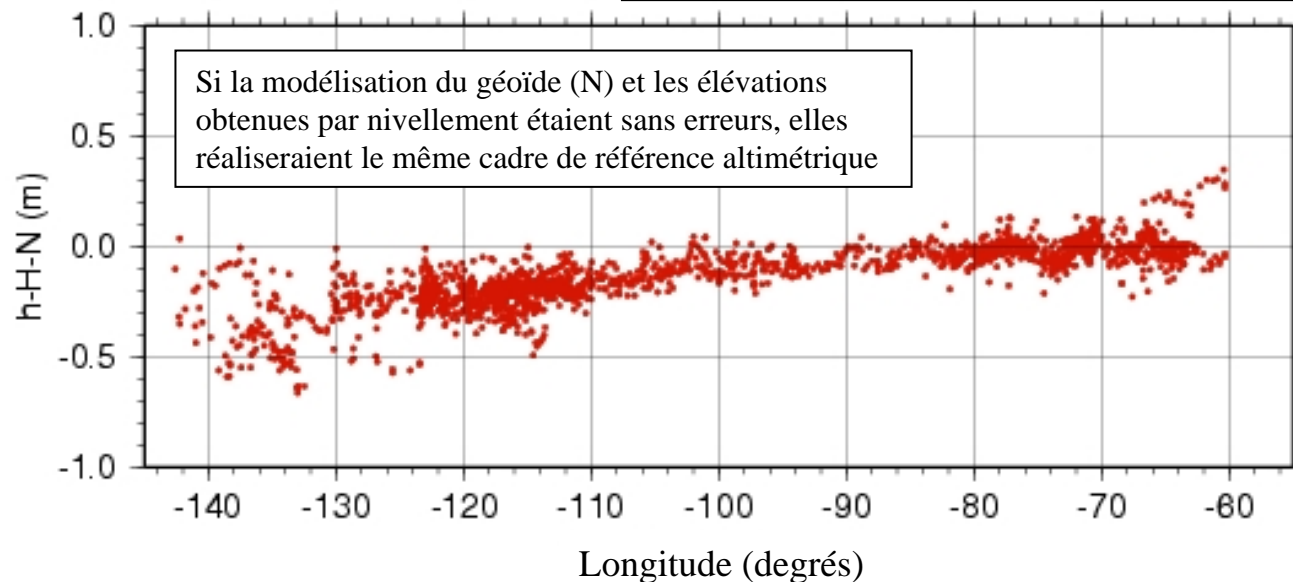
Max.: 34.6

Moy. : -14.9

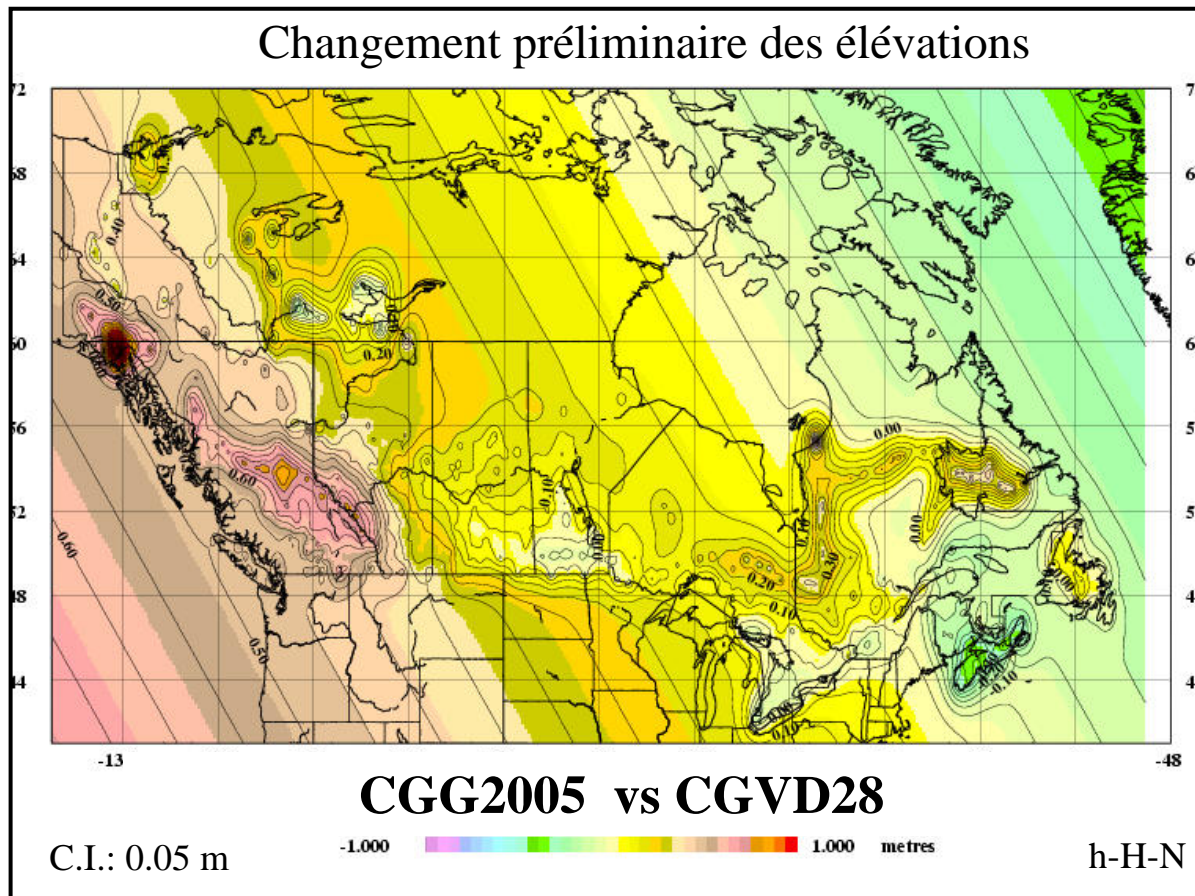
$\sigma$  : 13.0

$\sigma^*$  : 7.2

\*après avoir appliqué une correction planaire



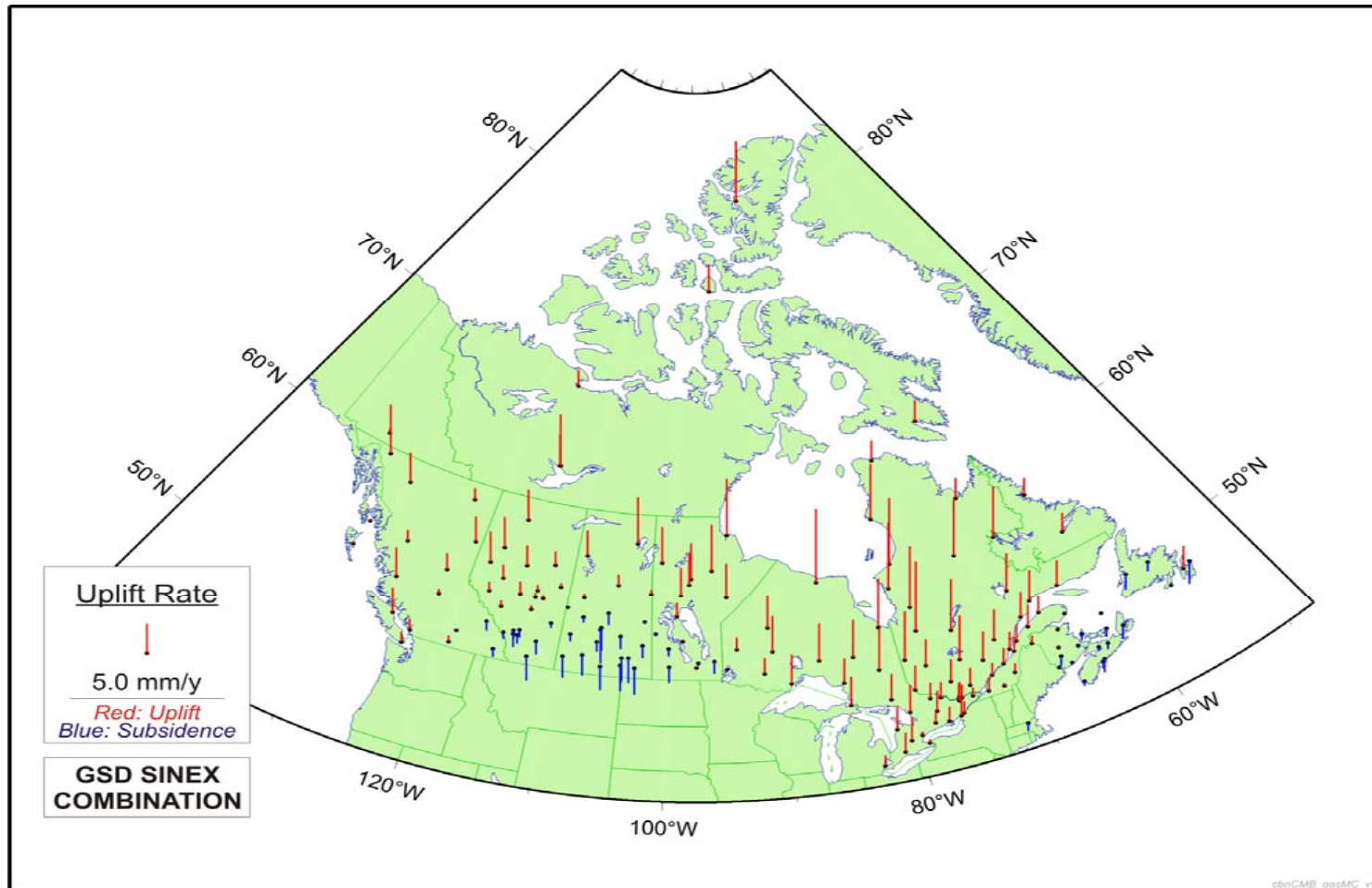
# Différences entre le CGG2005 et le CGVD28 (préliminaire)



Changement préliminaire des élévations

St-John's:	-10 cm
Halifax:	-35 cm
Montréal:	-10 cm
Toronto:	-5 cm
Winnipeg:	-5 cm
Regina:	0 cm
Edmonton:	25 cm
Banff:	75 cm
Vancouver:	50 cm
Whitehorse:	60 cm

# Le taux de changement vertical aux stations du réseau 3D (CBN)



# Inquiétudes des intervenants (Consultation HAL)



- **Un modèle du géoïde comme référence altimétrique**
  - Sa précision et stabilité est-elle suffisante à long terme?
  - La possibilité de mise à jour fréquente causera-t-elle de la confusion?
- **Différences entre les cadres de référence CGVD28 et CGG**
  - Dans les régions où les différences ne sont que de quelques cm, va-t-on créer de la confusion menant à des erreurs?
- **Dégradation du réseau des repères altimétriques**
  - Les utilisateurs seront-ils affectés par la disponibilité réduite des repères altimétriques (sans maintien)?
  - Deviendrons-nous trop dépendant des technologies GNSS?
- **Considérations financières**
  - Quels seront les coûts de formation, d'acquisition de nouveaux équipements et de conversion des données existantes?
- **Implications légales**
  - Qui sera responsable des erreurs résultant d'inadvertance?
  - Sera-t-il nécessaire de réviser ou d'amender des documents juridiques

# Les impacts sur les usagers : Court terme



- Les repères altimétriques auront des élévations publiées dans les deux systèmes : CGVD28 et le nouveau cadre de référence altimétrique.
- CGVD28 et le nouveau cadre de référence seront accessible par des techniques de nivellement (les repères altimétriques demeureront en place).
- Le nouveau cadre de référence sera directement accessible par des technologies spatiales.
- Le nouveau cadre de référence altimétrique sera plus précis pour les longues lignes de base et offrira une couverture homogène à travers le pays
- **CGVD28 continuera à coexister avec le nouveau cadre de référence altimétrique**

# Les impacts sur les usagers : Long terme



- L'accessibilité au CGVD28 sera plus difficile avec la disparition ou la détérioration (instabilité) des repères altimétriques.
- L'accès au cadre de référence altimétrique sera fera principalement par l'entremise de technologies spatiales (GNSS, altimétrie radar par satellites, ...).
- Les levés locaux et régionaux pourront continuer à se faire par nivellement. L'utilisation de technologies GNSS pourrait s'avérer nécessaire afin d'accéder au cadre de référence et de fournir le contrôle de qualité.
- Le maintien d'une infrastructure clairsemée de repères de contrôle de haute précision 3D sera requise pour permettre le traitement de données GNSS en mode différentielles et surveiller la stabilité du cadre de référence 3D.
- Cette infrastructure pourrait inclure des repères du Réseau de base canadien (CBN) et des réseaux de haute précision provinciaux (HPN).

# Schedule proposée de mise en oeuvre



	06/07	07/08	08/09	09/10	2010 +
Consultation sur la modernisation du système de référence altimétrique	→				
Confirmation de la stratégie du plan de mise en oeuvre et de communication		* →			
Collection et analyse de données (GPS, nivellement, gravité & MNE)					
Communications / Éducation / Support aux usagés					
Développement d'outils basé sur des modèles préliminaires					
Calcul d'un <u>nouveau modèle</u> incluant les données GOCE			→		
Adoption et dissémination du nouveau modèle du géoïde				→	
Dissémination de nouvelles élévations aux repères altimétriques				→	
Période de transition (CGVD28 / nouveau cadre de référence)					
Maintien de l'infrastructure (ACS, CBN et HPN)					
Maintien du modèle du géoïde					

**\* Lancement de la mission gravimétrique satellitaire GOCE (précision de 1-2 cm à une résolution spatiale de < 200 km). Présentement prévu pour mars 2008.**

# Conclusion



- En termes de précisions et d'accessibilité, CGVD28 ne satisfait pas les besoins présents des usagers pour la détermination d'altitudes précises.
- L'alternative la plus viable pour la matérialisation d'un cadre de référence altimétrique et son maintien à long terme, compatible avec les technologies GNSS et les standards internationaux, est la modélisation du géoïde.
- Le nouveau cadre de référence altimétrique changera les altitudes des repères altimétriques à l'intérieur d'un écart maximum d'un mètre à travers le Canada. Cependant, la différence d'altitudes à l'échelle locale maintiendront une précision relative de quelques mm.
- RNCan, en coopération avec les agences géodésiques provinciales et territoriales, va présentement de l'avant avec la mise en oeuvre d'un cadre de référence altimétrique moderne.
- Une consultation avec les intervenants, le développement d'outils, la formation et la dissémination des données seront des composantes essentielles à cette initiative.