

Rapport final

Consultation des intervenants sur l'élaboration du plan de mise en œuvre de la modernisation du Système canadien de référence altimétrique

Rédigé pour le compte de :

Ressources naturelles Canada

Rédigé par :



associé à :

Geoplan Opus

Résumé

Une société moderne doit posséder un référentiel commun de coordonnées par lequel toute information géospatiale peut être inter reliée et mise à profit de façon fiable. En ce qui concerne les mesures d'altitude cela nécessite la capacité de mesurer facilement, avec exactitude et au coût le plus bas possible, des altitudes relatives au niveau moyen de la mer. L'actuel référentiel pour l'altitude au Canada - le Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28) - a été établi au cours du siècle dernier par nivellement classique, une méthode exigeante en main d'œuvre et chronophage lorsqu'elle doit être appliquée à de grandes étendues. Ce système comporte plusieurs limites dont, des coûts d'entretien élevés, une couverture géographique limitée, des inexactitudes et des déformations ainsi qu'une incompatibilité avec le NAD83 qui est la composante géométrique du Système canadien de référence spatiale (SCRS). Le Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG), un comité de travail fédéral-provincial au sein du Conseil canadien de géomatique (COCG) lequel coordonne l'entretien et l'amélioration du Système de référence géodésique du Canada, a été mandaté pour planifier la modernisation du Système canadien de référence altimétrique (SCRA). Un nouveau cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde a été proposé dans le but de remplacer éventuellement le CGVD28. La compatibilité avec les normes internationales, les économies résultant de la mise en œuvre de systèmes mondiaux de navigation par satellites (GNSS) comme le Système de positionnement mondial (GPS), l'accessibilité partout au Canada ainsi qu'une sensibilité réduite à l'activité géodynamique et à la détérioration des repères altimétriques ne sont que quelques-uns des avantages qui découleront de la modernisation du système.

Bien que les membres du CCSRG soient bien informés des problèmes techniques associés à la modernisation du système de référence altimétrique, il était primordial que les exigences des intervenants soient identifiées et prises en considération durant la mise en œuvre du nouveau système afin d'assurer une transition minimisant les incidences négatives et maximisant les avantages.

Des intervenants représentant toute une gamme de secteurs et de domaines concernés ont été consultés au sujet de la modernisation du SCRA. Dans l'ensemble, l'on reconnaît que le présent système est désuet, inexact et incompatible avec les méthodes modernes. La majorité est d'accord que les avantages de la modernisation de l'altimétrie l'emportent sur les inconvénients. Les principales inquiétudes exprimées sont les coûts, la conversion des données existantes ainsi que la confusion et les erreurs pouvant résulter des changements de l'altitude des repères. La mise au point d'outils de conversion des données existantes et d'aide à l'adoption des nouvelles méthodes est perçue comme une étape critique d'une transition sans heurt, tout particulièrement pour les petites entreprises de géomatique et pour des utilisateurs dans d'autres secteurs. Il faut en outre signaler que la majorité des parties consultées ont reconnu qu'un nombre minimum de

repères altimétriques fédéraux devraient être conservés dans le but d'assurer l'utilité du système de référence altimétrique. L'avantage le plus remarqué, reconnu par presque toutes les personnes interviewées, demeurerait qu'un cadre de référence altimétrique précis, ininterrompu et homogène qui présenterait de moindres déformations sur l'ensemble du pays améliorerait leur aptitude à partager et à intégrer leurs données.

Alors qu'il y a de nombreuses applications dans lesquelles l'altitude a des implications juridiques, aucun problème important découlant de transition à un nouveau système altimétrique n'a été perçu en autant que les altitudes documentées restent identifiables et que des conversions convenables d'un système à l'autre restent possibles. Bien qu'il soit prudent que les intervenants examinent et corrigent les documents juridiques, dans la mesure où le cadre de référence altimétrique utilisé au moment des ententes est clairement identifié, les conversions qui conviennent peuvent être faites.

En ce qui a trait aux exigences d'exactitude, la plupart des utilisateurs sont concernés par la précision relative à l'intérieur de petites étendues (de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres). Il n'y a que ceux qui établissent des canevas précis sur de grandes régions (bassins versants) qui sont intéressés par la précision absolue. Cependant, la précision absolue devient importante à l'intégration d'information tirée de différents jeux de données – une pratique qui se répand, puisque l'information de divers systèmes d'information géographique (SIG) est de plus en plus partagée et intégrée par les utilisateurs. La précision relative au centimètre près est requise dans les zones urbaines pour la surveillance et la gestion des infrastructures municipales. En ce qui concerne des applications comme la surveillance des écoulements dans les bassins versants et la gestion du risque attribuable aux dangers naturels, cette exigence d'une exactitude relative centimétrique peut s'étendre à des échelles régionales, soit sur quelques centaines de kilomètres. Le long de corridors particuliers pouvant couvrir tout le pays pour des infrastructures telles les pipelines et les lignes de transport d'énergie, une exactitude relative décimétrique s'avérerait suffisante.

La perspective voulant que l'adoption d'un système de référence altimétrique fondé sur le géoïde soit sensée du point de vue économique reçoit de plus en plus d'appui de la part d'autres juridictions et de pays, mais à ce jour la Nouvelle-Zélande est le seul pays ayant mis en œuvre et adopté entièrement un système de référence altimétrique basé sur le géoïde. La position du Canada s'apparente à plusieurs égards à celle de la Nouvelle-Zélande dont l'expérience sert de guide. En implantant son nouveau système, la Nouvelle-Zélande n'a connu aucun obstacle majeur et les problèmes ont été résolus sans difficulté. Les États-Unis envisagent le même changement, mais prévoient l'étaler sur un plus long intervalle compte tenu de l'adoption récente d'un nouveau cadre de référence altimétrique à la suite d'investissements importants pour la modernisation de leur réseau de nivellement classique.

Un premier plan stratégique a été élaboré qui devrait mener à l'adoption d'un système de référence altimétrique modernisé avant 2010. Les calculs du modèle du géoïde qui servirait de nouveau cadre de référence altimétrique sont présentement prévus pour 2008 afin de tirer avantage des données d'une prochaine mission de gravimétrie par satellite. Deux années additionnelles seront nécessaires pour confirmer le caractère adéquat de ce modèle du géoïde et pour finaliser la mise au point des outils facilitant la transition pour les utilisateurs.

Table des matières

Résumé.....	i
Table des matières.....	iii
1. Introduction.....	1
1.1 Historique.....	1
1.2 Objectifs de l'étude.....	2
1.3 Méthodologie.....	2
1.4 Structure du rapport.....	3
2. Méthodes pour l'établissement d'une référence altimétrique.....	5
2.1 La méthode classique.....	5
2.2 La méthode moderne.....	5
2.3 Positionnement depuis l'espace.....	8
3. Le Système canadien de référence altimétrique.....	11
3.1 Le système actuel.....	11
3.2 Utilisations et exigences du système.....	12
3.3 L'état du système.....	14
3.3.1 Dégradation et entretien.....	14
3.3.2 Exactitude et déformations.....	15
3.3.3 Compatibilité avec le Système canadien de référence spatiale.....	16
4. Modernisation : avantages et inconvénients.....	17
4.1 Vue d'ensemble.....	17
4.2 Conséquences du changement des altitudes.....	18
4.3 Conséquences de la dégradation des repères altimétriques.....	20
4.4 Répercussions financières.....	21
4.4.1 Incidences pour les utilisateurs.....	21
4.4.2 Incidences sur la prestation de l'infrastructure.....	24
5. Implications juridiques.....	27
5.1 Vue d'ensemble.....	27
5.2 Problèmes.....	28
5.2.1 Questions législatives, réglementaires et contractuelles.....	28
5.2.2 Entretien des repères altimétriques.....	30

5.2.3	Importance des communications	30
5.2.4	Ouverture d'accords juridiques.....	30
5.3	Examen de lois et d'autres documents.....	31
6.	Expérience Internationale	35
6.1	Nouvelle-Zélande	35
6.1.1	Implications juridiques	36
6.1.2	Coût	37
6.1.3	Avantages	38
6.1.4	Financement	38
6.1.5	Obstacles.....	39
6.1.6	Risques	40
6.1.7	Incidences pour le Canada	42
6.2	États-Unis	42
6.2.1	Incidences pour le Canada.....	43
7.	Plan stratégique proposé	45
7.1	Vision, mission, et objectifs.....	45
7.1.1	Vision	45
7.1.2	Mission	45
7.1.3	Objectifs	45
7.2	Raison d'être de la modernisation	46
7.3	Approche proposée	47
7.4	Soutien à la communauté des intervenants.....	48
7.5	Responsabilités	49
7.5.1	Gouvernement fédéral	49
7.5.2	Ministères provinciaux et territoriaux responsables de la géomatique.....	50
7.5.3	Fournisseurs et utilisateurs d'information altimétrique	51
7.6	Avantages et inconvénients	51
7.7	Obstacles, risques et mesures d'atténuation	52
7.8	Plan de mise en œuvre	54
7.8.1	Activités.....	54
7.8.2	Agenda.....	58
A.	Références.....	61
A.1	Canada	61
A.1.1	Rapports.....	61
A.1.2	Exposés.....	62
A.2	Nouvelle-Zélande	62
A.1.3	Rapports.....	62
A.3	États-Unis	63
A.1.4	Rapports.....	63
A.4	International.....	64
A.1.5	Rapports.....	64
B.	Consultation.....	65
C.	Résultats de la consultation par question	69

C.1	Applications et activités.....	69
C.2	Exigences en matière de précision.....	71
C.3	Incidences du maintien d'un cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement.....	72
C.4	Avantages et inconvénients	73
C.5	Incidences du changement des altitudes	74
C.6	Implications juridiques	75
C.7	Incidences transfrontalières	76
C.8	Exigences de la transition	76
C.9	Risques et obstacles	78
C.10	Commentaires additionnels	79
D.	Résultats par groupe d'intervenants	81
D.1	Fournisseurs de données.....	81
D.2	Utilisateurs de données.....	82
D.3	Gouvernements provinciaux et territoriaux.....	82
D.4	Administrations municipales	83
D.5	Universités et recherche.....	84
D.6	International.....	85
D.7	Gestion de l'eau.....	86
E.	Articles du Code civil du Québec	87

1. Introduction

1.1 Historique

Une société moderne a besoin d'un référentiel commun de coordonnées par lequel l'information géospatiale peut être mise en corrélation et exploitée de façon fiable. En ce qui concerne les mesures d'altitude cela exige la capacité de mesurer facilement, avec exactitude et au coût le plus bas possible, des altitudes relatives au niveau moyen de la mer. Les applications varient des levés topographiques à la surveillance de l'élévation du niveau de la mer, de la navigation et de la cartographie à l'utilisation de la télédétection pour la gestion des ressources, de l'exploration minière à l'évaluation des zones inondables, de la construction et la localisation précise des barrages et des pipelines à l'interprétation des perturbations sismiques. Le système de référence altimétrique est utilisé également pour la rédaction de nombreux documents juridiques touchant la gestion des terres et de la sécurité comme les servitudes, les ressources en eau et la démarcation des frontières. Les intervenants en matière de référence altimétrique comprennent les ministères et les organismes municipaux, provinciaux, territoriaux et fédéraux, les pourvoyeurs de données géomatiques (tels les arpenteurs) ainsi que des utilisateurs comme les entreprises de construction, les organisations de gestion des eaux, les établissements d'enseignement et les organismes internationaux.

Le présent système de référence altimétrique au Canada, le Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28), a été établi par nivellement classique. Il comporte de nombreuses limites comme des coûts élevés d'entretien, une couverture géographique limitée et des difficultés d'intégration au Système de référence géodésique de l'Amérique du Nord de 1983 (NAD83), la composante géométrique du Système canadien de référence spatiale (SCRS), en plus d'être incompatible avec les technologies spatiales modernes.

La Division des levés géodésiques (DLG) de Ressources naturelles Canada (RNC) planifie de concert avec les provinces et les territoires une modernisation du Système canadien de référence altimétrique (SCRA) d'après un nouveau cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde, qui remplacera éventuellement le CGVD28. Par comparaison avec le CGVD28, ce nouveau cadre de référence altimétrique offrira de nombreux avantages. Il sera compatible avec les normes internationales, ce qui permettra des économies par la mise en œuvre des technologies des systèmes mondiaux de navigation par satellites (GNSS) comme le Système de positionnement mondial (GPS), tout en offrant une accessibilité partout au Canada ainsi qu'une moindre sensibilité à l'activité géodynamique et à la détérioration des repères altimétriques.

1.2 Objectifs de l'étude

Le Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG) est un comité de travail fédéral-provincial du Conseil canadien de géomatique qui a pour mandat la planification et la coordination de la gestion et de l'amélioration du système de référence géodésique au Canada. Bien qu'il soit bien informé des questions techniques reliées à la modernisation du système de référence altimétrique, il y a un certain nombre de problèmes pratiques qui doivent être résolus dans le cadre de l'élaboration d'un plan de mise en œuvre. Il est essentiel que les intervenants soient consultés afin d'assurer que la modernisation et la transition prévues puissent s'effectuer de façon à minimiser les effets négatifs et à maximiser les avantages.

En conséquence, le comité a retenu les services de Hickling Arthurs Low (HAL) Corporation pour effectuer la présente étude sur la modernisation du Système canadien de référence altimétrique. Le groupe d'étude a :

- consulté les intervenants des gouvernements fédéral et provinciaux, les administrations municipales, le monde universitaire et le secteur industriel,
- suscité une prise de conscience au sujet des changements proposés,
- déterminé les besoins d'aide aux utilisateurs requis pour la transition,
- identifié les incidences financières,
- identifié les conséquences juridiques,
- identifié les risques et les obstacles et formulé des recommandations pour leur atténuation et
- élaboré un plan de mise en œuvre d'un nouveau système.

1.3 Méthodologie

Un examen de la documentation a permis de dégager l'information contextuelle. Les documents consultés sont énumérés à l'appendice A.

Les points de vue des intervenants ont été recueillis lors d'entrevues téléphoniques ou en personne, et un sondage sur le Web a été effectué entre les mois de décembre 2005 et de février 2006. En outre, la documentation relative à l'expérience de la Nouvelle-Zélande a été examinée et des intervenants ont été consultés dans ce pays.

En consultation avec les membres du Comité directeur de l'étude, une cinquantaine de personnes interviewées ont été choisies dans différents milieux (universités; gouvernements fédéral et provinciaux et administrations municipales; industrie de la géomatique et organismes internationaux) ainsi que dans des secteurs d'application (recherche, agriculture, transport, océans, urbanisme, topographie, protection civile, surveillance de l'environnement, relevés hydrologiques, énergie, foresterie, assurance et exploitation minière). Les organisations consultées sont énumérées à l'appendice B.

Avant chaque entrevue, un guide d'entrevue, présentant l'étude et les questions, a été distribué aux personnes interviewées. Il est présenté à l'appendice B.

Un sondage était disponible en ligne pour les personnes qui visitaient la page Web du projet. Il ne fut pas considéré comme un outil privilégié de collecte de données et aucune publicité n'a été faite quant à sa disponibilité. Cependant, une demande, de la part du Conseil canadien des Arpenteurs géomètres (CCAG), à l'effet que ses membres soient davantage consultés que dans le cadre des entrevues, a mené à ce que le sondage Web soit mis à la disposition des membres de cette organisation. Au total, nous avons reçu 14 réponses. Bien que le sondage a été réalisé de façon anonyme en se basant sur le «secteur» et les «rôles» déclarés par les personnes interrogées, nous croyons que 11 d'entre elles provenaient de membres du CCAG.

Aux fins d'analyse de cette étude, les intervenants ont été divisés en sept groupes : les pourvoyeurs ou fournisseurs de données, les utilisateurs de données, les gouvernements provinciaux et fédéral, les administrations municipales, les institutions universitaires et les organismes internationaux; les utilisateurs de données préoccupés par la gestion des eaux ont reçu une attention particulière en raison de leur besoins uniques en matière d'exactitude pour de vastes régions.

1.4 Structure du rapport

Le chapitre 2 traite de deux méthodes, classique (nivellement) et moderne (spatiale), pour la détermination de la référence altimétrique.

Le chapitre 3 décrit l'actuel système canadien de référence altimétrique, les utilisateurs du système et leurs besoins, l'état du système en termes de sa dégradation et de son entretien, de son exactitude et des déformations qu'il comporte ainsi que de sa compatibilité avec le Système canadien de référence spatiale.

Le chapitre 4 démontre ensuite les avantages et les inconvénients de la modernisation d'un Système canadien de référence altimétrique basé sur le géoïde. On y traite de l'incidence des changements de l'altitude et de la détérioration graduelle des repères altimétriques aussi bien que des répercussions financières pour les utilisateurs et les pourvoyeurs de l'infrastructure du système.

Le chapitre 5 traite des implications juridiques du changement du cadre de référence altimétrique et des incidences d'une réduction substantielle du nombre de repères.

Le chapitre 6 jette un regard sur l'expérience internationale acquise dans le cadre de la prestation de systèmes de référence altimétrique en Nouvelle-Zélande, qui a récemment adopté une approche fondée sur le géoïde, ainsi qu'aux États-Unis où on a choisi d'aller de l'avant avec l'approche fondée sur le géoïde, mais en l'étalant sur un échéancier plus long que celui envisagé par le Canada.

Le chapitre 7 présente un plan stratégique de mise en œuvre d'un système modernisé de référence altimétrique au Canada. Il se veut un document autonome et résume donc l'information des chapitres précédents.

L'appendice A contient les références aux documents consultés lors de l'examen de la documentation. L'appendice B énumère les intervenants consultés ainsi que les questions d'entrevue. Les appendices C et D résument les résultats des consultations tant par question que par intervenant. L'appendice E contient les articles du Code civil du Québec concernant l'interprétation contractuelle mentionnée au chapitre 5 – les implications juridiques.

2. Méthodes pour l'établissement d'une référence altimétrique

2.1 La méthode classique

Historiquement, les systèmes et cadres de référence altimétrique ont été établis d'après des mesures de nivellement rattachées à un ou plusieurs points fondamentaux, habituellement des emplacements de marégraphes. La méthode du nivellement au niveau à bulle est très bien connue et elle est utilisée depuis plus de deux cents ans. Bien qu'essentiellement exacte pour la détermination de différences d'altitude, la méthode du nivellement est d'application coûteuse et difficile dans les régions éloignées. Cette méthode exige des mesures de différence d'altitude entre deux mires graduées tenues à la verticale, à environ 100 mètres d'écart, à l'aide d'une lunette montée sur un trépied et dont la ligne de visée est réglée à moins d'une seconde d'arc de l'horizontale d'après une nivelle ou un prisme suspendu. Ce processus est répété à saute-mouton afin de déterminer les différences d'altitude entre les repères altimétriques en place qui constituent le système de référence altimétrique.

L'entretien des repères existants et l'établissement de nouveaux repères altimétriques exigent beaucoup de temps; ils sont soumis aux intempéries, leur stabilité dépend de l'état du terrain et leur implantation s'avère un processus très coûteux. De plus, un cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement (comme le Système canadien de référence altimétrique de 1928 - CGVD28) est truffé d'erreurs systématiques, n'est accessible qu'à l'emplacement des repères altimétriques et n'est pas entièrement compatible avec les mesures GPS. Il est donc évident qu'un système moderne devrait être établi de manière à minimiser ou à éliminer ces inconvénients. La meilleure façon d'y parvenir consiste sans doute à choisir le géoïde comme surface de référence pour l'altitude. Cette méthode est décrite à la section suivante.

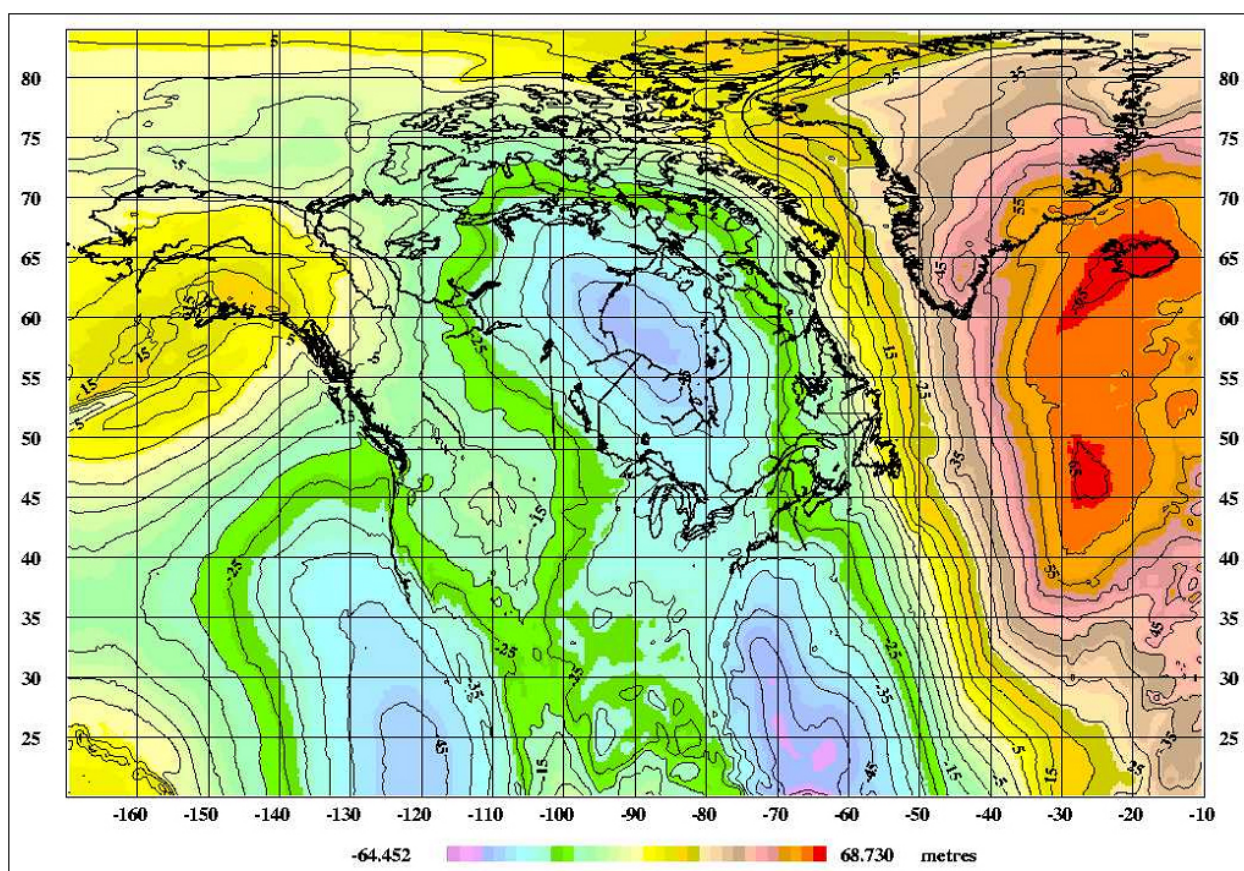
2.2 La méthode moderne

L'approche qui peut remplacer celle du nivellement au niveau à bulle pour l'établissement d'un cadre de référence altimétrique est celle de la modélisation du géoïde. Si les deux approches

permettaient d'éviter toutes les erreurs elles donneraient des résultats identiques. La modélisation du géoïde s'effectue en rapport avec un ellipsoïde (p. ex. le GRS80), qui fournit une approximation de la forme de la Terre, et avec le géoïde qui tient compte des variations locales de son champ gravitationnel (figure 1).

Le géoïde est une surface équipotentielle, c.-à-d. une surface de niveau où l'attraction gravitationnelle (la verticale telle qu'indiquée par le fil à plomb) s'exerce en tout point perpendiculairement à la surface et sur laquelle l'eau demeure au repos. Par définition, le géoïde est la surface qui correspond le mieux au niveau moyen de la mer. La surface du géoïde est établie par l'analyse des mesures gravimétriques acquises au sol, en mer et depuis l'espace. Les altitudes orthométriques sont ainsi des élévations au-dessus du géoïde (figure 2).

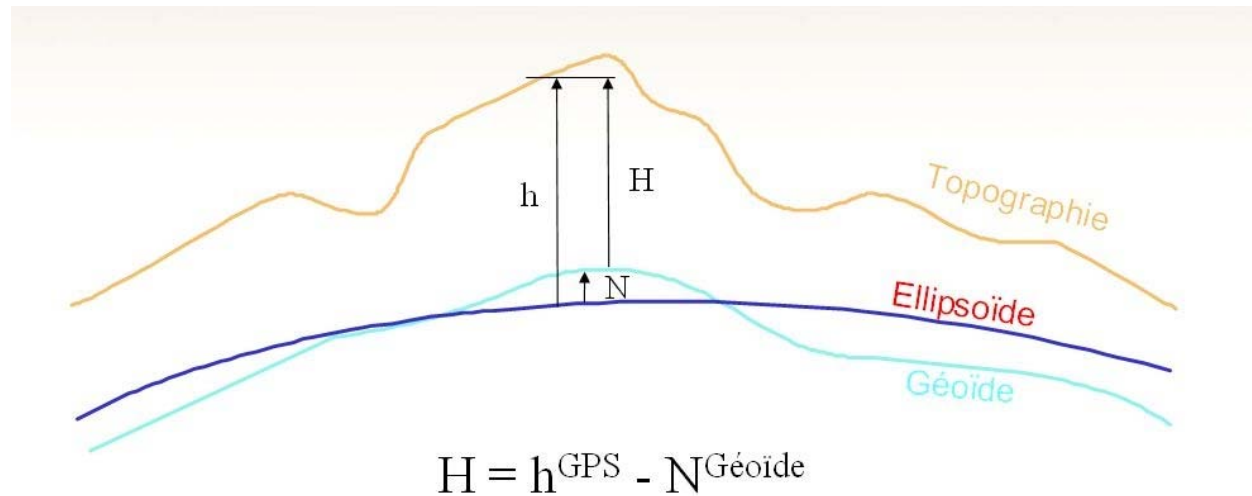
Figure 1 : Modèle du géoïde pour l'Amérique du Nord



Un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde comporte de nombreux avantages par rapport à celui établi par nivellement. Il constitue une surface continue définie partout à l'intérieur des terres et en mer, et en principe sa matérialisation n'exige aucun repère altimétrique. En outre, il est très facile d'établir une relation entre les altitudes GPS «h» (mesurées par rapport à un ellipsoïde de référence) et les altitudes orthométriques H, en connaissant tout simplement l'écart entre l'ellipsoïde et le géoïde, appelée l'ondulation du géoïde N. Pour un point donné, cette relation s'établit ainsi : $H = h - N$ et ainsi de façon différentielle

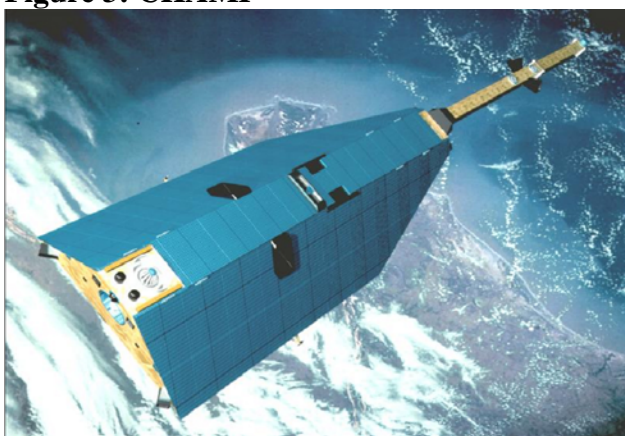
entre deux points : $\Delta H = \Delta h - \Delta N$. Il devient ainsi facile de convertir les altitudes mesurées en tout point à l'aide du GPS (et non seulement à l'emplacement des repères altimétriques) en altitudes au-dessus du niveau moyen de la mer et inversement si l'on connaît simplement l'ondulation du géoïde.

Figure 2 : Altitude orthométrique vs ondulation du géoïde vs altitude ellipsoïdale



L'expression $H = h - N$ suppose qu'on est en mesure d'estimer h et N avec des exactitudes comparables à celles avec lesquelles H est mesurée par nivellement, afin de remplacer le nivellement par le GPS et le géoïde. Actuellement, h peut être mesurée au moyen du GPS avec une exactitude centimétrique (et même millimétrique à la suite de longues périodes d'observations), cependant, la surface N ne peut être estimée avec ce niveau d'exactitude. Les ondulations du géoïde sont estimées d'après une combinaison de données gravimétriques acquises par satellite et au sol ainsi qu'à des modèles altimétriques numériques et des modèles de la densité de la croûte terrestre. Les données acquises par satellite fournissent les grandes longueurs d'onde de N et elles limitent actuellement sa précision absolue au niveau du décimètre, à l'échelle du globe. Bien sûr, si des mesures différentielles sont nécessaires, les erreurs de ces grandes longueurs d'onde s'annulent en grande partie et ainsi la précision de ΔN

Figure 3: CHAMP



devient très bonne, habituellement de l'ordre de 1 ppm (partie par million) ou mieux de la distance entre deux stations. Toutefois, le fait demeure que la précision de « N » obtenue pour un point unique ne s'approche aucunement de la précision avec laquelle est mesurée « h ».

Cette situation s'est déjà améliorée et va s'améliorer davantage dans un avenir rapproché suite aux missions gravimétriques des satellites CHAMP, GRACE, et GOCE. CHAMP (*CHALLENGING Minisatellite Payload*) est une mission satellite allemande

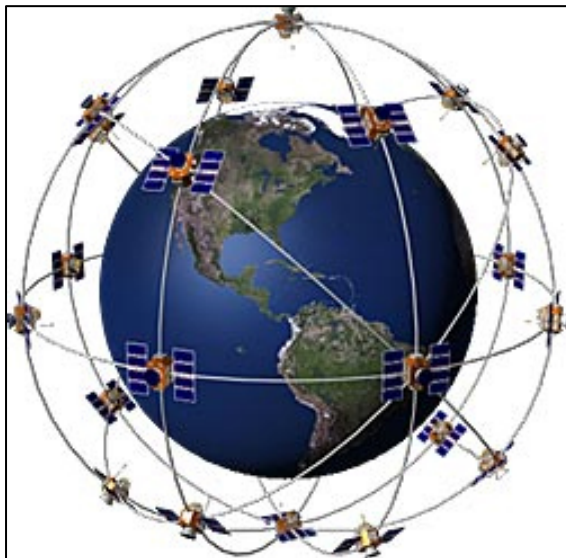
de recherche et d'applications géoscientifiques et atmosphériques. Le satellite a été mis sur orbite en juillet 2000 (figure 3). Il effectue des mesures très précises des champs gravitationnel et magnétique. Le géoïde sera disponible avec une exactitude quasi-centimétrique jusqu'à une résolution spatiale (demi-longueur d'onde) de près de 650 km. GRACE (*Gravity Recovery And Climate Experiment*) est un projet conjoint de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) et de la *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* (DLR), lancé en mars 2002. L'objectif principal de cette mission est l'obtention de modèles planétaires à haute résolution du champ gravitationnel de la Terre d'une précision jamais égalée et ce pendant une période allant jusqu'à cinq ans. On obtiendra ainsi pour le géoïde une exactitude infra-centimétrique à une résolution spatiale d'aussi peu que 400 km ainsi qu'une résolution temporelle de l'ordre du mois. Le lancement du satellite GOCE (*Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer*) par l'Agence Spatiale Européenne (ASE) pour l'étude du champ gravitationnel et des paramètres permanents de la circulation océanique sera effectué en 2007. Cette mission aura pour but la mesure du champ gravitationnel de la Terre et la modélisation du géoïde avec une exactitude et une résolution spatiale extrêmes, notamment de l'ordre de 1 à 2 cm pour la précision et de 100 km ou mieux pour la résolution spatiale.

Dans un avenir rapproché, grâce aux nouveaux modèles du géopotential, à la meilleure exactitude des grandes longueurs d'onde du champ gravitationnel élaborées d'après les données des satellites CHAMP et GRACE ainsi qu'à l'amélioration considérable de la précision des courtes et moyennes longueurs d'onde attendue de la mission GOCE, le calcul d'un géoïde d'exactitude centimétrique sera réalisable. Ainsi, le géoïde deviendra réellement une solution attrayante pour remplacer le cadre classique de référence altimétrique au Canada. Puisque toute redistribution de masse, comme celles résultant de soulèvements tectoniques et de relèvements isostatiques postglaciaires, modifie le potentiel gravitationnel de la Terre et ainsi le géoïde, les variations temporelles du géoïde devront être estimées soigneusement pour que le cadre de référence altimétrique fondé sur le géoïde puisse être mis à jour périodiquement. Pour ce faire, les variations temporelles générales à long terme du géoïde et des altitudes orthométriques doivent être quantifiées d'après des données acquises par des techniques au sol et depuis l'espace comme celle des satellites GRACE. C'est ainsi qu'à l'avenir toute référence altimétrique basée sur le géoïde au Canada, devra être accompagnée par un modèle de ses variations temporelles.

2.3 *Positionnement depuis l'espace*

Les systèmes mondiaux de navigation par satellites (GNSS), comme le Système de positionnement mondial (GPS) des États-Unis, le système mondial russe de satellites de navigation (GLONASS) ainsi que le système Galileo proposé par l'Europe, utilisent des constellations de satellites qui émettent des signaux radio (figure 4) captés par des récepteurs portatifs. Ils fournissent, partout dans le monde, des positions précises en tout temps, quelles que soient les conditions météorologiques. La précision et la facilité d'utilisation de ces systèmes s'améliorent constamment et ils sont maintenant reconnus comme les outils de choix pour le géoréférencement dans les communautés de la géomatique et des sciences. Ils peuvent fournir des altitudes orthométriques lorsque l'information 3D qu'ils permettent d'acquérir de manière intrinsèque est combinée à l'information sur le géoïde.

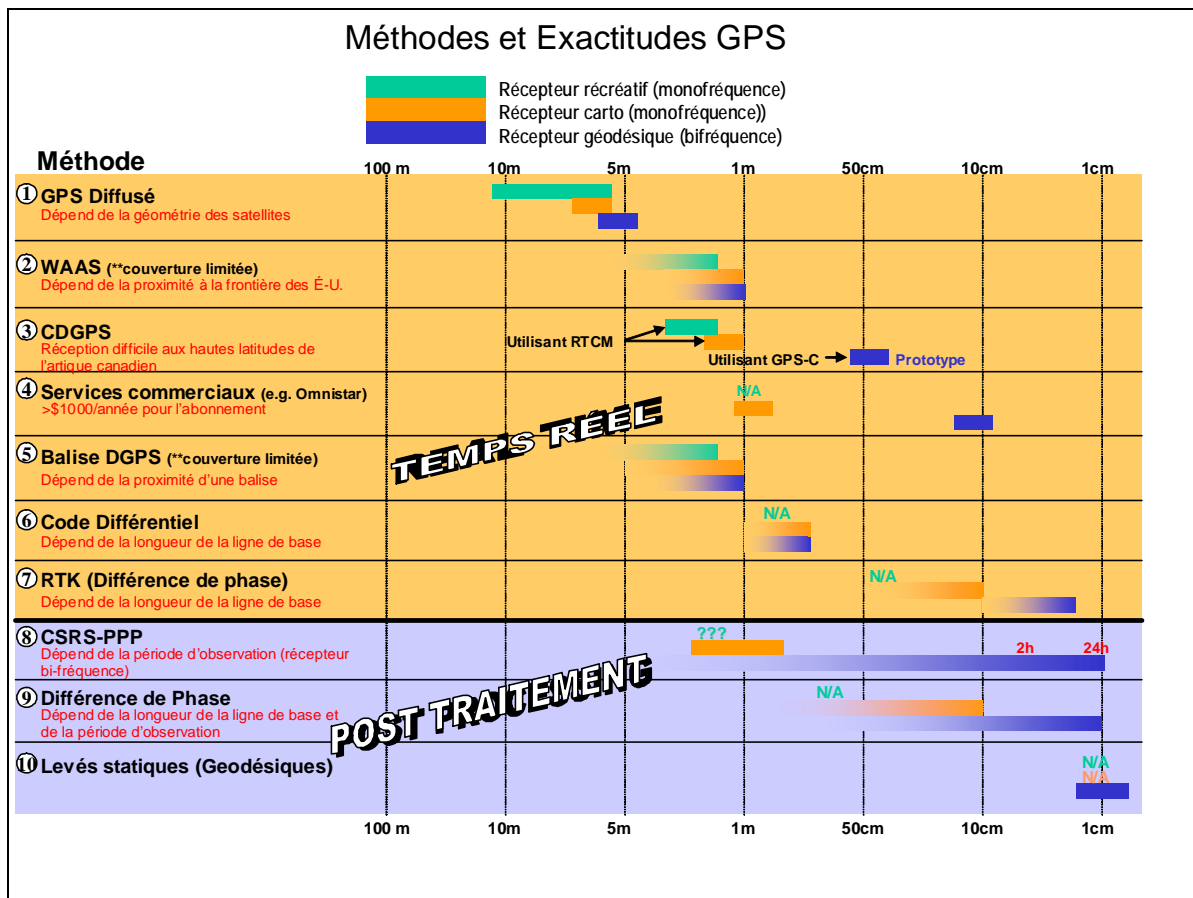
Figure 4 : La constellation du GPS



Les systèmes tels le GPS offrent aux utilisateurs la possibilité d'obtenir à peu de frais des élévations par rapport au système de référence 3D, mais aussi aux organismes de géomatique la possibilité de gérer à moindre coût un système de référence 3D.

Comme le montre la figure 5, il existe un large éventail de techniques de positionnement depuis l'espace ainsi que toute une gamme d'équipements destinés à différentes applications et permettant de satisfaire diverses exigences en matière d'exactitude. Les utilisateurs doivent être conscients de leurs exigences et besoins particuliers pour pouvoir tirer pleinement avantage de cette technologie.

Figure 5 : Exigences en matière d'exactitude et applications GPS

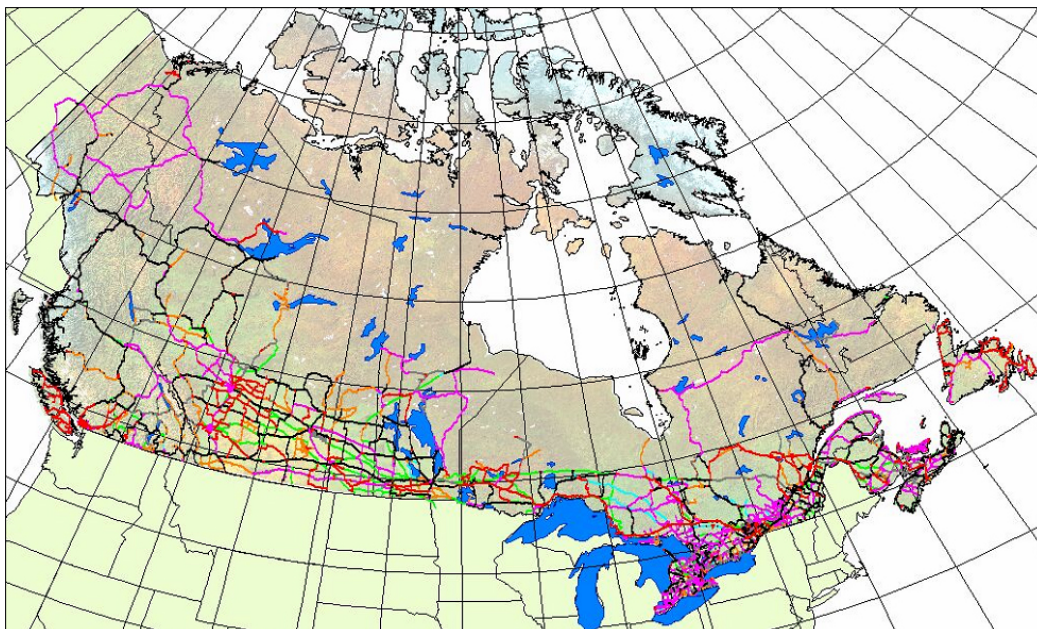


3. *Le Système canadien de référence altimétrique*

3.1 *Le système actuel*

Le présent système de référence altimétrique est basé sur le Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28), adopté en 1935. Il fut établi par des techniques classiques d'arpentage. Le niveau de référence fut défini comme étant le niveau moyen de la mer tel que déterminé d'après des données recueillies par cinq marégraphes installés à des emplacements sur les côtes est et ouest. Les utilisateurs peuvent accéder au cadre de référence altimétrique par un vaste réseau de repères altimétriques dont l'altitude a été déterminée avec grande précision et qui sont fournis par des organismes gouvernementaux. Au cours des cent dernières années, des équipes d'arpenteurs ont littéralement arpenté le pays d'un océan à l'autre le long des principaux réseaux routiers pour implanter un réseau de plus de 80 000 repères altimétriques s'étendant sur près de 150 000 km de lignes de nivellement, pour la plupart dans les régions sud du Canada (figure 6).

Figure 6 : Le réseau de nivellement canadien de premier ordre



Historiquement, ce système de référence altimétrique a été indépendant du système de référence planimétrique, mais tout cela change avec la mise en œuvre du Système canadien de référence spatiale.

Ressources naturelles Canada est responsable du plus haut niveau hiérarchique du réseau national des repères altimétriques (le réseau de premier ordre) sur lequel sont basés tous les autres levés. Dans bien des cas, le réseau de premier ordre a été densifié par des réseaux de 2^e, 3^e et 4^e ordres implantés par les gouvernements provinciaux et par les administrations municipales afin de satisfaire les besoins locaux. Avec le temps, ces nombreux sous-réseaux ont engendré un grand nombre de «matérialisation» du cadre de référence altimétrique dans lesquelles les valeurs de l'altitude peuvent être converties de l'une à l'autre, mais ne sont pas identiques.

L'étendue de ces réseaux est liée directement aux limites des instruments classiques d'arpentage qui exigent des observations suivant des lignes de visée. Les méthodes fondées sur le GPS n'exigeront qu'un réseau de repères considérablement moins dense pour assurer les mêmes fonctionnalités.

3.2 *Utilisations et exigences du système*

Les personnes interrogées et les répondants du secteur de l'arpentage ont signalé toute une gamme d'applications et d'activités relevant de l'information altimétrique bien qu'il ne soit toujours pas évident quels sous-systèmes sont utilisés (fédéral, provincial, régional, municipal ou d'usage déterminé).

Les infrastructures municipales, comme les rues, l'aqueduc, les égouts, le drainage, les installations publiques, etc., sont très dépendantes de l'information altimétrique et les administrations municipales fournissent fréquemment un système de référence local rattaché au système provincial. Les utilisateurs de ces systèmes municipaux sont généralement intéressés par des altitudes relatives locales et n'ont pas à se préoccuper de la relation avec le système national.

Hormis le secteur des infrastructures municipales, les principaux domaines d'application des données altimétriques sont ceux des infrastructures de transport et des services publics, comme les routes, les ponts, les barrages, les pylônes des lignes de transport d'énergie et les pipelines, de la gestion des bassins versants et des désastres, de la mise en valeur des ressources naturelles, comme la foresterie, l'exploitation minière et l'industrie pétrolière et gazière, et de la cartographie. La plupart des utilisateurs accéderont au système altimétrique le plus pratique et s'intéressent essentiellement aux altitudes relatives locales. Vraisemblablement, la gestion des bassins versants est l'application qui exige la précision absolue sur de vastes régions offerte par le système national.

En gestion des bassins versants, l'altitude est essentiellement utilisée pour déterminer l'écoulement de l'eau à différentes fins. Par exemple, les Relevés hydrologiques du Canada au ministère de l'Environnement assurent l'exploitation et la surveillance de près de 2800 stations hydrométriques réparties dans tout le pays dont 10% sont répertoriées suivant le Système canadien de référence altimétrique (SCRA). Canards Illimités entretient et surveille des ouvrages de régularisation des eaux en quelques 12 000 emplacements dans les Prairies dont 30% sont

répertoriés suivant le SCRA et les autres sont souvent rattachés à d'autres systèmes. Les utilisateurs en gestion des bassins versants englobent les modélisateurs qui interpolent des séries chronologiques de données pour la surveillance des écoulements, par exemple dans la voie maritime du Saint-Laurent ou dans le bassin de la rivière Rouge, ou pour la délimitation et la surveillance des plaines inondables dans les régions présentant des risques d'inondation. Actuellement au Canada, il y a quelques 280 régions habitées qui présentent un risque d'inondation.

Sur le plan international, l'application la plus importante demeure la gestion des bassins versants. Par exemple, dans la région des Grands Lacs un cadre de référence altimétrique commun indépendant, soit le Système de référence international des Grands Lacs (SRIGL), est surveillé par les membres d'un comité Canada-É.-U. (Commission mixte internationale) et utilisé par de nombreux organismes fédéraux et provinciaux et gouvernements d'États, par des organisations privées, (c.-à-d. par des producteurs d'énergie hydro-électrique et par les industries du transport et de la construction) et par le public pour la gestion des ressources en eau et à des fins de planification. Hormis les Grands Lacs, il n'y a aucun système altimétrique commun entre le Canada et les États-Unis. Les agences américaines reçoivent souvent des demandes (tant du Canada que des É.-U.) à savoir comment convertir les altitudes entre les systèmes afin de rendre plus faciles les applications scientifiques, commerciales et autres de part et d'autre de la frontière et s'intéressent de ce fait beaucoup à toute possibilité de modification du système canadien.

Outre ces préoccupations aux États-Unis, il s'effectue également des travaux ailleurs dans le monde suivant des normes géodésiques. Ils se sont accélérés avec l'utilisation accrue du GPS et la nécessité d'intégrer des ensembles de données internationaux pour une surveillance globale. Par exemple, il est essentiel que l'information altimétrique soit cohérente d'un pays à l'autre à des fins d'utilisation dans des modèles planétaires du champ gravitationnel (géopotentiel).

Les universités utilisent le système de référence altimétrique pour la recherche et l'enseignement dans des domaines comme l'étude de la variation du niveau de la mer, du mouvement vertical de la croûte terrestre, de l'arpentage de précision, de la navigation, de la cartographie, de l'océanographie et des applications techniques.

La plupart des utilisateurs s'intéressent à la précision relative à l'échelle des canevas locaux. Seuls ceux établissant des canevas précis couvrant de vastes régions (comme certains bassins versants) peuvent avoir à se préoccuper d'exactitude absolue afin d'assurer une grande exactitude relative sur des distances considérables. Par exemple, le personnel des Relevés hydrologiques, qui a pour but premier la surveillance de l'écoulement de l'eau, souhaiterait qu'éventuellement tous les repères altimétriques soient répertoriés suivant le SCRA; cependant, même dans ce cas, les changements relatifs du niveau de l'eau à l'échelle locale sont d'intérêt principal. Là où une grande exactitude relative est requise sur de vastes zones, les techniques comme le LiDAR et l'interférométrie par radar à synthèse d'ouverture (InSAR) peuvent être utilisés en lieu et place du nivellement.

La précision absolue devient cependant importante lorsque l'on cherche à combiner de l'information tirée de différents jeux de données – une pratique devenant plus répandue maintenant que l'information de différents systèmes d'information géographique (SIG) est partagée et intégrée par les utilisateurs. Par exemple, les utilisateurs qui intègrent les données des

Relevés hydrologiques ont signalé des cas où l'eau «remonte la pente» lorsque celle-ci est établie d'après le SCRA.

Les exigences en matière de précision relative varient du millimètre au mètre selon les intervenants et le type d'application, mais dans la plupart des cas une exactitude de l'ordre du centimètre suffit.¹ Le tableau 1 montre des exemples par application.

Tableau 1 : Exigences de précision relative par application

Exemple d'application	Exactitude relative mentionnée	Plages d'utilisation
Ponts et barrages	Millimétrique	centaines de mètres
Recherche	Millimétrique	dizaines à centaines de kilomètres
Construction	Centimétrique	centaines de mètres à kilomètres
Levés officiels	Centimétrique	centaines de mètres
Municipal	Centimétrique	dizaines de kilomètres
Gestion de l'eau	Centimétrique	dizaines à centaines de kilomètres
Pétrole et gaz naturel	Décimétrique	dizaines de kilomètres
Ports	Décimétrique	kilomètres
Cartographie	Métrique	dizaines à centaines de kilomètres

3.3 *L'état du système*

La poursuite de l'utilisation du CGVD28 impose un certain nombre de contraintes dont les coûts d'entretien, la couverture dans les régions éloignées, la compatibilité avec le système de référence planimétrique du Canada et les systèmes de référence altimétriques dans les autres territoires de compétence, la précision et les déformations du système ainsi que la compatibilité avec la technologie moderne du positionnement depuis l'espace.

3.3.1 *Dégradation et entretien*

L'entretien des repères altimétriques et des lignes associées qu'exige le système de référence actuel demeure exigeant en main d'œuvre et très dispendieux. Les ressources disponibles pour la gestion du réseau ont diminué. Jusqu'en 1993, la Division des levés géodésiques (DLG) de

¹ La méthodologie ainsi que la terminologie relatives à la précision utilisées dans le cadre du GPS diffèrent de celles utilisées dans le contexte des mesures de nivellement. Dans le cas du nivellement, la précision relative est plus ou moins constante mais la précision absolue décroît à mesure que s'agrandit le réseau altimétrique. Avec le GPS, la précision relative et la précision absolue sont à toutes fins pratiques la même puisque les lectures d'altitude ne sont pas propagées d'un repères altimétriques à l'autre. De façon générale, la précision relative obtenue par nivellement est actuellement meilleure que celle obtenue avec le GPS mais la précision absolue obtenue avec le GPS a tendance à être meilleure que celle obtenue par nivellement.

Ressources naturelles Canada effectuait en moyenne de 4000 à 5000 km de nivellement annuellement. Près de 65% (~3000 km) des travaux de nivellement étaient consacrés à l'entretien, l'autre portion de 35% à l'agrandissement du réseau. De 1994 à 2000, la DLG a effectué en moyenne 1200 km de nivellement annuellement. Depuis 2001, la DLG n'a effectué qu'un minimum de travaux de nivellement.

Figure 7 : Dégradation des repères altimétriques



Le présent système de référence altimétrique n'est accessible qu'en proximité des lignes de nivellement existantes. Le réseau ne s'étend pas au Nord ou dans les régions non peuplées et son extension aux régions éloignées est d'un coût prohibitif et techniquement audacieux.

Pour continuer d'entretenir le réseau altimétrique actuel suivant un cycle de 25 ans, près de 5600 km de nivellement seraient requis annuellement. Puisque ce niveau d'entretien n'est pas réalisé, le réseau se détériore. Le taux de dégradation du réseau partout au Canada se situe entre 15 à 20% des repères par période de 20 ans (figure 7). En milieux urbains ou près des milieux urbains ce taux de dégradation pourrait atteindre 35% pour une même période.

3.3.2 *Exactitude et déformations*

Le présent système altimétrique est fondé sur des observations annuelles de levés effectuées depuis 1904. Malgré toutes les mesures prises pour minimiser les erreurs potentielles, le réseau fut implanté à la pièce et les données ont fait l'objet de compensations locales. Cette façon de procéder a engendré d'importantes déformations régionales des altitudes publiées qui se sont aggravées avec le temps en raison des mouvements de la croûte terrestre. Des comparaisons de ces altitudes à celles dérivées du plus récent modèle du géoïde révèlent des déformations pouvant atteindre un mètre. Alors que la cohérence des altitudes à l'échelle locale (altitudes relatives) montre probablement encore une précision d'un centimètre ou mieux, la mise en œuvre de nouvelles technologies, comme celle du GPS, est entravée par l'incapacité d'obtenir des altitudes cohérentes avec l'actuel cadre de référence altimétrique.

Par surcroît, les altitudes présentement publiées sont en outre basées sur un cadre de référence altimétrique qui suppose que les océans Pacifique et Atlantique sont à la même altitude. En fait, le niveau de l'eau à Vancouver pourrait être de 40 à 70 cm plus élevé que le niveau de l'eau à Halifax. Cette différence engendre une pente dans les altitudes publiées à l'échelle du pays qui a d'importantes incidences pour différentes applications scientifiques comme les études des changements climatiques et la détermination de l'élévation du niveau de la mer.

Il y a également une discontinuité entre le cadre de référence altimétrique utilisé aux États-Unis, le Système de référence altimétrique nord-américain de 1988 (NAVD88) et le CGVD28, ce qui

engendre une confusion dans les activités transfrontalières. Toutefois, la mise en œuvre du NAVD88 au Canada n'est pas considérée comme une option qui puisse répondre aux besoins des utilisateurs d'aujourd'hui.

L'affaissement ou le soulèvement des repères altimétriques causés par le gel ou tout autre facteur local d'instabilité constituent une autre faiblesse du réseau qui compromet de façon importante son exactitude (ou la confiance rattachée à cette exactitude, ce qui est équivalent). On s'attend à ce que l'incohérence dans le réseau de nivellement augmente à mesure que les efforts consacrés à son entretien diminuent.

3.3.3 *Compatibilité avec le Système canadien de référence spatiale*

Le Système canadien de référence spatiale (SCRS) fournit des valeurs de référence essentielles de latitude, de longitude, d'altitude et de gravité ainsi que des paramètres d'orientation de la Terre et sa vitesse de rotation dans l'espace à titre de fondements pour les activités de positionnement et de navigation en constante évolution au pays. Les cadres de référence qui en découlent, propagés par les réseaux de référence provinciaux et municipaux et par d'autres services gouvernementaux, servent de normes afin d'assurer la compatibilité de l'information géoréférencée canadienne concernant la Terre et l'espace, sans égard à sa provenance ou à sa date d'obtention.

L'actuel cadre de référence altimétrique n'est pas bien intégré au SCRS ce qui exige donc un effort supplémentaire de conversion de l'information GPS en altitudes suivant le CGVD28. Les composantes horizontales et verticales du SCRS par rapport à l'ellipsoïde ont été concrétisées grâce à l'initiative du NAD83, mais le SCRS ne peut être complètement concrétisé sans une modernisation du cadre de référence altimétrique.

Les utilisateurs du GPS requièrent des positions en 3D référencées suivant le Système canadien de référence spatiale (SCRS) afin d'assurer la compatibilité avec des données provenant d'autres sources et de respecter les exigences réglementaires. Donc, il est évident que la modernisation de la composante altimétrique du SCRS est essentielle pour fournir aux Canadiens un système de référence réellement intégré suivant les trois dimensions.

4. Modernisation : avantages et inconvénients

4.1 Vue d'ensemble

Non seulement les GNSS sont-ils en voie de changer la façon dont les altitudes sont mesurées, ils rendent en outre ces mesures accessibles à plus de gens. Alors que les données géospaciales deviennent courantes et disponibles électroniquement, on souhaitera davantage les partager et les intégrer, ce qui rend la compatibilité des jeux de données nettement plus importante et précieuse. Les jeux de données ne seront compatibles que s'ils sont référencés suivant un système de coordonnées commun. Il existe cependant, une certaine confusion quant aux différents systèmes de référence et mesures de l'altitude (orthométriques, géoïdiques, ellipsoïdales).

À dire vrai, il existe présentement une multitude de systèmes de référence qui sont utilisés pour les mesures suivant l'horizontale et la verticale. Avec le temps, plusieurs d'entre eux ont évolué sans que cela ait de sérieuses conséquences. Dans la mesure où les conversions sont possibles d'un système à l'autre, dans la plupart des cas, ils pourront vraisemblablement continuer à être utilisés.

La majorité des intervenants consultés ont l'impression que les avantages de la modernisation du Système canadien de référence altimétrique l'emportent sur les inconvénients. Ils se rendent compte que le présent système est désuet, inexact et incompatible avec les méthodes modernes de positionnement depuis l'espace. En fait, peu de systèmes de référence spatiale ont été utilisés aussi longtemps que le CGVD28. Cette réalité est partagée par plusieurs pays dans le monde qui se tournent maintenant vers une approche fondée sur un modèle du géoïde.

L'appui au changement a tendance à être des plus marqués parmi ceux qui ont une meilleure connaissance du positionnement suivant la verticale. S'il y a inquiétude elle se manifeste souvent en raison d'un manque de connaissance des cadres de référence et de l'incompréhension concernant ce qui est proposé ou ce que cela signifie.

Les principaux opposants à la modernisation sont les administrations municipales, lesquelles s'interrogent sur les coûts, la conversion des données existantes et la confusion pouvant résulter de l'adoption d'un cadre de référence altimétrique fondé sur un modèle du géoïde. Tous les intervenants s'inquiètent de la confusion et des erreurs que pourrait engendrer le changement.

Quelques intervenants issus des provinces et des municipalités ainsi que des responsables des bassins versants ont fait savoir que l'incidence des coûts serait importante si leurs bases de données comportant une composante altimétrique devaient être modifiées – cependant, il n'est pas évident que cela sera en fait nécessaire (voir plus bas «conséquences du changement de l'altitude»). Ils ont également mentionné les coûts associés à l'acquisition de la technologie du GPS et à la formation ainsi que la difficulté de capter les signaux GPS en milieux urbains.

Les intervenants possédant des données modernes de SIG se sont montrés moins préoccupés par la conversion des bases de données existantes – ils étaient d'avis que si la transformation appropriée leur était fournie, ils seraient en mesure de mettre à jour leurs bases de données à un coût minime.

L'avantage le plus souvent reconnu et qui a été noté par pratiquement toutes les personnes interrogées s'est avéré l'usage d'un cadre de référence altimétrique homogène et précis présentant des déformations réduites et offrant une continuité partout au pays, ce qui améliorerait leur capacité de partager et d'intégrer les données.

Certains intervenants perçoivent en outre des possibilités de réduction des coûts de l'établissement des altitudes sur des lieux de travail éloignés où les repères altimétriques ne sont pas disponibles ou aux endroits où le terrain rend le nivellement difficile. Plusieurs intervenants font déjà une utilisation intense du GPS et seraient fort heureux de disposer d'un cadre de référence altimétrique convenant mieux à cette approche.

Il y a deux problèmes importants qui découleront du changement proposé du Système référence altimétrique du Canada.

1. Les altitudes des repères altimétriques suivant le CGVD28 pourront changer de jusqu'à 1 mètre.
2. Avec le temps, les repères altimétriques entretenus par le fédéral vont se détériorer.

Les deux sections suivantes traiteront des conséquences anticipées de ces problèmes. La section 4.4 portera sur les conséquences financières qui sont attendues.

4.2 Conséquences du changement des altitudes

Les opinions sur les conséquences du changement des altitudes doivent être examinées en rapport avec le fait que certains des intervenants perçoivent l'altitude comme absolue et le présent système de référence comme exact. Cette perception est erronée, mais par le passé, pour la plupart des utilisateurs du système de référence altimétrique, il n'y a eu que peu de preuves du contraire. Toutefois, l'utilisation de systèmes de référence dérivés de mesures effectuées depuis l'espace modifie maintenant cette perception. Premièrement, les changements de l'altitude des repères altimétriques, et même du niveau de la mer, deviendront évidents à l'utilisation du GPS – les repères ancrés en terre ne peuvent plus être considérés comme étant statiques. Deuxièmement, les erreurs du présent système de référence seront reconnues immédiatement à

l'utilisation du GPS. À mesure que se répand l'utilisation du GPS et qu'il permet des mesures de plus en plus exactes, ces problèmes prendront une plus grande ampleur.

Souvent, les intervenants ont exprimé leur inquiétude à savoir que les changements d'altitude pourraient engendrer des malentendus et des erreurs. En réalité on s'inquiète du fait que la probabilité d'erreurs résultant de valeurs engendrant la confusion, parce qu'obtenues d'après des cadres de référence différents, soit plus grande si les changements de l'altitude sont faibles. Il a été suggéré que les nouvelles altitudes soient indiquées de manière différente afin de montrer clairement le cadre de référence altimétrique d'après lequel elles ont été établies.

Quelques intervenants, surtout issus d'administrations municipales, s'inquiètent des coûts considérables qui pourraient être associés à la conversion au nouveau cadre de référence altimétrique de leurs bases de données existantes. Toutefois, il n'est pas évident qu'il en sera réellement ainsi. Présentement, plusieurs municipalités disposent déjà de leur propre réseau rattaché au SCRA. Un changement du SCRA ne nécessiterait pas un changement du réseau municipal, mais plutôt seulement une modification de la conversion nécessaire pour passer d'un système à l'autre. Dans certains cas, il n'y aurait pas lieu de changer le cadre de référence altimétrique municipal ou les données existantes.

Les entreprises d'arpentage estiment que des changements absolus pouvant atteindre jusqu'à un mètre auraient peu de conséquences pour leurs clients en autant que les altitudes relatives soient maintenues et que les différences entre le nouveau et l'ancien cadres de référence soient documentées et publiées.

Il se peut que dans certains cas (minorité), où les altitudes servant à la surveillance des bassins versants sont rattachées au SCRA, il soit nécessaire d'étalonner de nouveau certains modèles d'écoulement.

Les universités considèrent qu'il y aura peu de conséquences et seulement des conséquences mineures pour les utilisateurs qui requièrent de l'information très précise de nivellement. Elles ont fait remarquer que de tels effets pouvaient être réduits ou éliminés en fournissant aux utilisateurs les modèles de transformation appropriés entre l'ancien et le nouveau cadres de référence altimétrique.

Les fournisseurs et les utilisateurs de données géomatiques considèrent également qu'il y aura peu de conséquences découlant des changements des altitudes absolues, sauf dans le cas des applications en gestion des risques ou des désastres (inondation). Quant aux municipalités, elles signalent qu'il existe des possibilités accrues d'erreurs lorsque les cotes d'altitude se réfèrent à plus d'un cadre de référence altimétrique. Elles sont de l'avis que les conséquences du changement des valeurs de l'altitude peuvent être amoindries en fournissant les modèles de transformation de l'ancien au nouveau cadre de référence altimétrique ainsi que par la publication des valeurs existantes avec les nouvelles valeurs.

Les intervenants au niveau international considèrent qu'il y aurait peu de conséquences négatives et qu'elles pourraient être atténuées en fournissant une information suffisante. Il se peut même qu'il y ait des incidences positives en terme de compatibilité transfrontalière lorsque les É.-U. adopteront un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde.

4.3 *Conséquences de la dégradation des repères altimétriques*

Il y a deux façons d'interpréter l'effet de la dégradation des repères : les effets de la dégradation générale de tous les repères altimétriques et les effets particuliers de la dégradation de ceux entretenus par le gouvernement fédéral. Puisque la plupart des intervenants ne savent pas forcément de qui relèvent les repères qu'ils utilisent (par exemple, ceux des gouvernements fédéral ou provincial ou des administrations municipales) la majorité d'entre eux traitent ce problème en termes de la dégradation générale de tous les repères. Dans le contexte de cette étude, seule une réduction du nombre des repères altimétriques entretenus par le gouvernement fédéral est proposée— les autres réseaux peuvent toujours être entretenus par d'autres organismes et en fait, de plus en plus d'administrations municipales implantent leur propre réseau. Cependant, il est évident que dans un avenir rapproché, tous les organismes envisageront probablement de réduire le nombre de leurs repères.

Les intervenants des gouvernements provinciaux et des administrations municipales ont exprimé leur plus grande inquiétude quant à l'abandon des repères du gouvernement fédéral. Ceci est tout particulièrement vrai dans les milieux urbains où les repères sont indispensables alors que souvent le GPS ne fonctionne pas toujours bien dans les canyons urbains. La majorité d'entre eux croient qu'un nombre minimum de repères fédéraux devraient être entretenus pendant quelque temps afin d'assurer l'utilité des données altimétriques existantes.

Les gouvernements provinciaux et les administrations municipales affirment qu'ils ont déjà ressenti les effets du manque d'entretien des repères. Ces niveaux de gouvernement ainsi que certains intervenants dans le domaine des bassins versants affirment également que l'effet à plus long terme de la réduction du nombre des repères fédéraux les rendront davantage dépendants de leurs propres réseaux et entraîneront des coûts plus élevés pour leurs organisations.

Les plus grandes compagnies d'arpentage ne pensent pas qu'elles seront ennuyées par une réduction permanente du nombre des repères. Déjà elles utilisent à profusion les techniques GPS et tendent à entretenir leurs propres réseaux de système de contrôle actif basés sur le système de référence des réseaux de grande précision (RGP). Cependant, elles considèrent qu'il est nécessaire de maintenir quelques repères altimétriques de référence rattachés au vieux système pour la continuité des données existantes. Il a été noté que les plus petites entreprises seraient davantage touchées par la dégradation des repères altimétriques qui les obligera à améliorer leur équipement et leur expertise.

Les chercheurs ont rapporté qu'ils ne subiraient que des incidences minimales puisqu'ils possèdent l'équipement nécessaire à l'implantation de leurs propres repères altimétriques statiques. Les méthodes actuelles ne sont pas dépendantes des repères altimétriques du SCRA.

Les intervenants au niveau international ont noté que les efforts de nivellement ont également diminué aux É.-U. Leur plus grande inquiétude demeure qu'en ce qui concerne les régions d'intérêt commun (c.-à-d. les Grands Lacs), les décisions concernant la transition vers une méthode basée sur GPS ne devraient pas être prises unilatéralement.

Les universités ont fait remarquer que les incidences du non maintien d'un cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement seraient pour elles minimales puisqu'elles ont la capacité de s'adapter au nouveau système.

4.4 Répercussions financières

Chaque groupe d'intervenants subira des effets différents de la modernisation du système de référence altimétrique. D'un point de vue financier, les intervenants se répartissent en deux groupes : les utilisateurs de l'information altimétrique et les pourvoyeurs de l'infrastructure de référence altimétrique (essentiellement le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux ainsi que les administrations municipales). Chacun de ces groupes verra potentiellement autant des coûts que des économies.

Que les utilisateurs d'information altimétrique obtiennent l'information eux-mêmes ou par l'entremise de fournisseurs d'information altimétrique (c.-à-d. les compagnies d'arpentage) n'est pas pertinent dans le cadre de la présente analyse, puisque les coûts et les économies pour les fournisseurs de l'information seront refilés à leurs clients en raison du caractère concurrentiel du marché.

4.4.1 Incidences pour les utilisateurs

Coûts

Les utilisateurs pourraient encourir trois sortes de coûts : 1. des frais de formation pour mettre en œuvre la nouvelle méthode de détermination des altitudes, 2. des dépenses en immobilisations pour le nouvel équipement et l'infrastructure privée, et 3. des coûts de traitement des données pour la conversion des données existantes au nouveau cadre de référence altimétrique. Chacun de ces types de coûts sera traité en particulier.

Dans tous les domaines, la formation continue est un besoin qui va de soit dans un monde en perpétuel changement. Suite à nos consultations avec les intervenants, il appert que la plupart ont déjà effectué la transition à l'utilisation du GPS et qu'ils possèdent déjà la capacité de mettre en œuvre une approche fondée sur le géoïde pour la mesure des altitudes. Donc, les coûts de formation sont des coûts irrécupérables, c.-à-d. ils ont déjà en grande partie été encourus. Cela est d'autant plus vrai en ce qui regarde les grandes organisations. Aussi, on peut s'attendre à ce que les plus jeunes employés soient tout naturellement formés aux nouvelles techniques au cours de la période de transition.

L'amélioration continue de l'équipement est également une exigence attendue et elle va de pair avec la formation. Les utilisateurs et les fournisseurs de l'information altimétrique ont déjà commencé à renouveler leur équipement et celui-ci fait maintenant partie des coûts irrécupérables. Toutefois, plus d'investissements seront requis. En ce moment, l'équipement GPS d'arpentage est plus coûteux que l'équipement de nivellement bien que cela puisse changer alors que son emploi devient plus courant.

Il n'y aura que trois situations suivant lesquelles il sera nécessaire de convertir des données existantes au nouveau cadre de référence altimétrique :

- le changement est suffisamment important pour avoir une incidence pour l'utilisateur. Dans la plupart des régions le changement n'est que de quelques centimètres ou moins, ce qui est inférieur à la précision avec laquelle la plupart des utilisateurs mesurent l'altitude.
- l'utilisateur subit une incidence directe du changement. Plusieurs municipalités possèdent leur propre système de référence altimétrique. Bien qu'il puisse être rattaché à d'autres systèmes de référence et ultimement au CGVD28, il n'y a pas de raison particulière de modifier le système municipal ou des données existantes.
- les données existantes doivent être conformes aux nouvelles données. Dans plusieurs cas, les données existantes pourront demeurer dans leur format original alors que les nouvelles données seront recueillies d'après le nouveau cadre de référence altimétrique suivant les indications appropriées pour différencier les deux.

Dans les cas où la conversion des données existantes est nécessaire ou souhaitée, le travail requis dépendra de l'état de la base de données. Les données stockées dans un SIG moderne seront relativement faciles à transformer. Les données stockées sur des documents-papier nécessiteront davantage d'efforts.

Économies

Pour les utilisateurs d'information altimétrique, les économies s'accumuleront dans des circonstances où l'obtention de mesures de l'altitude avec le GPS est moins coûteuse que par nivellement, par exemple lorsqu'il n'est pas pratique d'utiliser un repère altimétrique ou il n'y a pas de ligne de visée dégagée le long des lignes de nivellement. Ce sera réellement évident en régions éloignées ou en terrain accidenté et peut être vrai dans d'autres circonstances. Par conséquent, l'incidence pour un intervenant dépendra de sa région et du fait que d'autres systèmes de référence altimétrique (d'usage provincial ou déterminé) sont disponibles ou non.

Cependant, il faut se rappeler que, là où c'est le plus rentable, le nivellement continuera d'être une méthode disponible. Le seul changement qu'il pourra être nécessaire d'envisager, c'est qu'un repère altimétrique local soit établi au moyen du GPS, par l'approche fondée sur le géoïde, s'il n'en existe aucun qui soit convenablement situé.

Dans la mesure où la modernisation du système de référence altimétrique contribuera à l'utilisation d'un cadre de référence commun et cohérent, les utilisateurs pourront en outre faire des économies parce qu'il sera plus facile de combiner des jeux de données disparates.

Coûts *versus* économies

Pour les utilisateurs d'information altimétrique, est-ce que les économies dépasseront les coûts et de combien? La réponse n'est pas facile et sera différente d'un utilisateur à l'autre. Les facteurs à considérer sont décrits ci-après.

- Les coûts en formation et en remplacement d'équipement existent en permanence qu'il y ait modernisation ou non, bien que les coûts marginaux attribuables à la modernisation puissent être plus élevés à court terme.
- Le coût de la conversion des données existantes dépendra de la nécessité de la conversion et du format actuel des données.
- Les économies sont très particulières, elles sont reliées au centre d'intérêt de l'utilisateur – par exemple, les économies seront plus importantes dans les régions éloignées en terrain accidenté.
- Les coûts seront encourus et les économies réalisées en des temps différents et la valeur-temps doit être prise en considération. Comme c'est de manière caractéristique le cas pour des investissements de cet ordre, les coûts sont encourus plus tôt et sont définitifs. Les économies viennent beaucoup plus tard et sont moins assurées.
- Tous les coûts sont essentiellement ponctuels, alors que les économies continueront de s'accumuler dans le futur.

Dans l'ensemble, toutefois, la plupart des utilisateurs se montreront réceptifs à l'utilisation de la nouvelle méthode dans la mesure où elle maximisera leur rapport économies/coûts. S'ils croient que cela est à leur avantage, les utilisateurs peuvent continuer d'obtenir des données altimétriques par nivellement référencé au CGVD28. Donc, nous pouvons nous attendre à ce que dans la majorité des cas, les économies dépasseront les coûts pour les utilisateurs de l'information altimétrique.

L'expérience des pétrolières canadiennes avec le NAD83 fait foi des facteurs à prendre en considération ainsi que des coûts associés au changement du cadre de référence altimétrique. Le NAD83 a été adopté officiellement par le gouvernement fédéral en 1990. Cependant, l'industrie pétrolière a résisté au changement et l'Association canadienne des producteurs pétroliers (CAPP) n'a pas recommandé à ses membres la conversion du NAD27 au NAD83 avant 2005. Même alors, il était entendu que quelques organisations pourraient toujours décider de remettre à plus tard la conversion : à savoir qu'une organisation pourrait décider d'emmagasiner toutes ses données suivant le NAD27 et d'utiliser les «contrôleurs» afin de s'assurer que toutes les données reçues ou distribuées par une compagnie soient référencées au bon cadre de référence altimétrique. Bien sûr, avec le temps, l'effort requis pour ce faire serait plus intense alors que le reste du monde aurait adopté la conversion.

Dans cette perspective, la CAPP a effectué une analyse coût-avantage. Elle réalisa que le coût de la conversion pour une grande organisation se situerait à près de 1,5 M\$, alors que pour une petite entreprise il serait beaucoup moindre. Elle a également découvert que les avantages pour l'industrie, en termes d'économies et de réduction des risques, devraient se traduire en retombées dans 1,5 à 5 années, dépendant des changements nécessaires pour la conversion. La CAPP a également insisté sur le besoin de définir explicitement le cadre de référence altimétrique pour toutes les données échangées avec d'autres organisations.

À l'avenir, les procédures et les systèmes que l'industrie pétrolière met en place pour la conversion du NAD27 au NAD83 devraient réduire de façon substantielle le coût et l'effort pour la conversion d'information altimétrique. Donc, le rapport bénéfice-coût devrait être plus grand

et les difficultés moindres. Les autres industries qui ont déjà converti leurs données planimétriques devraient également réaliser des économies semblables lors de leur future conversion de données altimétriques.

4.4.2 Incidences sur la prestation de l'infrastructure

Coûts

Les fournisseurs d'infrastructure pourraient encourir quatre types de coûts : 1. L'établissement et la gestion du géoïde, 2. La fourniture des outils et du matériel de communication nécessaires pour faciliter l'acceptation et la mise en œuvre de la modernisation de la référence altimétrique par les utilisateurs, 3. La création et l'entretien d'un ensemble réduit de repères altimétriques actuellement composé des Stations de contrôle actif, du Réseau de Base canadien et des Réseau de grande précision des provinces en plus de stations additionnelles dans les régions où le modèle du géoïde est moins fiable (c.-à-d. le Labrador, la Manicouagan, le sud-ouest du Yukon, etc.), et 4. Le calcul et la dissémination d'altitudes révisées pour tous les repères altimétriques existants.

Le gouvernement fédéral assumera des composantes de tous ces coûts associés. Les gouvernements provinciaux n'auront pas à assumer les coûts de l'établissement et de la gestion du géoïde.

Économies

L'utilisation d'une approche fondée sur le géoïde pour la mesure de l'altitude permettra une réduction substantielle du nombre de repères altimétriques requis au Canada. Puisque le réseau existant de repères ne nécessitera plus d'entretien, les fournisseurs de l'infrastructure de référence altimétrique réaliseront des économies. En fait, les réseaux fédéraux et provinciaux ne sont plus entretenus de toute façon. Cependant, l'état des réseaux deviendra tel que sans une modernisation du système, ils deviendront inutilisables et le coût des réparations sera exorbitant.

Tel que mentionné à la section 3.3.1 et en supposant que le présent réseau altimétrique soit entretenu sur un cycle de 25 années, il faudrait effectuer le nivellement sur près de 5 600 km annuellement. Au prix de 250 à 300 \$ par kilomètre, le coût de l'entretien à lui seul serait de 1,4 à 1,7 M\$ annuellement. Ce coût ne comprend pas la réparation ou le remplacement des repères endommagés (1 000 à 2 500 \$ par repère), ni les coûts liés à la coordination des levés ainsi qu'à la gestion des données. Même un réseau réduit d'environ 30 000 km proposé en tant que canevas altimétrique minimum pour le Canada coûterait près de 400 000 \$ par année en frais d'entretien et pourrait prendre la priorité sur les travaux nécessaires à la mise en place d'une solution moderne ou les retarder.

En théorie, alors que le GPS peut être utilisé seul pour déterminer l'altitude, la pratique courante consiste à utiliser un repère altimétrique à des fins d'étalonnage. Il est donc évident qu'un réseau de repères de haute précision est nécessaire. Toutefois, libérés des contraintes des lignes de nivellement, ces repères pourraient vraiment être installés à des endroits où ils seraient plus utiles et entretenus à des coûts beaucoup moindres.

Coûts *versus* économies

Bien qu'il y ait des coûts initiaux de la modernisation du système de référence altimétrique pour les fournisseurs de l'infrastructure, les coûts à long terme de l'entretien du réseau de repères sont tels que le rapport économies/coûts est très positif. Comme il en sera traité à la section 6.1.2, la Nouvelle-Zélande a estimé, sur une période de 10 ans, les coûts d'amélioration et de gestion de son système basé sur le nivellement à 21.2 millions \$ NZ, comparativement à 900 000 \$ NZ pour l'approche fondée sur le géoïde - un rapport avantages/coûts de 23,5.

5. *Implications juridiques*

5.1 *Vue d'ensemble*

Bien qu'il existe plusieurs applications dans lesquelles l'altitude a des implications juridiques – par exemple, la délimitation des zones inondables et le tracé de la ligne de hautes eaux, la réglementation du niveau de l'eau des réservoirs, la réglementation de l'altitude des édifices et la surveillance de l'espace aérien - la plupart des intervenants sont de l'avis qu'il n'y aurait que peu de répercussions juridiques au changement du cadre de référence altimétrique. Ils sont de l'avis qu'un changement du cadre de référence altimétrique ne doit pas engendrer d'importants problèmes de droit dans la mesure où il existera une transformation officielle pour passer de l'ancien système au nouveau. Il serait prudent pour les intervenants de réviser et d'amender la formulation des documents juridiques, mais dans la mesure où le cadre de référence altimétrique utilisé au moment de la rédaction d'un accord est clairement identifié, les conversions appropriées peuvent être exécutées.

Bien que les implications juridiques ne doivent pas causer de problèmes chez les professionnels, elles peuvent devenir un cauchemar pour le profane. Le plus grand risque juridique serait qu'une erreur involontaire de confusion des deux systèmes conduise à une situation de responsabilité. Le tableau 2 résume les réponses des parties consultées concernant les questions juridiques soulevées par le projet de modernisation du système de référence altimétrique. La majorité des intervenants consultés, incluant des représentants de tous les secteurs sauf celui des administrations municipales, ont indiqué qu'il n'y avait pas d'implications juridiques. Des 48 réponses reçues, un quart ont indiqué que la législation, la réglementation et les obligations contractuelles devraient être révisées et quant aux autres, ils ont insisté sur la possibilité que des problèmes juridiques se posent si des initiatives de communication efficaces ciblant les utilisateurs de l'information altimétrique n'étaient pas mises en œuvre. Quelques intervenants n'ont pas répondu à la question ou n'avaient pas de point de vue.

Tableau 2 : Points de vue sur l'atténuation des risques juridiques suscités par la modernisation de l'altimétrie.

Secteur	Aucun	Révision requise de la législation et des contrats	Communications efficaces pour atténuer les risques	Aucune réponse	Inconnu	Total
Fédéral	2		1			3
Provincial	6	4	1	1		12
Municipal		2	1			3
Industriel	10	5	5	1	1	22
Sans but lucratif	3	1		1		5
Universitaire	3			1		4
International	4				1	5
Total	28	12	8	4	2	54

5.2 Problèmes

À la suite des consultations et d'un examen de la documentation, quatre aspects juridiques du projet de modernisation de l'altimétrie ont été reconnus.

- Problèmes juridiques qui pourraient découler de la législation, des règlements ou des contrats qui font référence aux altitudes absolues ou au système de référence altimétrique.
- Problèmes juridiques qui pourraient découler du fait que Ressources naturelles Canada n'entretient plus les repères altimétriques.
- Problèmes juridiques qui pourraient découler d'un changement du système de référence altimétrique sans communications suffisantes.
- Problèmes juridiques qui pourraient découler de la réouverture d'accords.

Ces problèmes sont abordés dans les sections suivantes.

5.2.1 Questions législatives, réglementaires et contractuelles

Les domaines d'activités dans lesquels des problèmes juridiques pourraient survenir à la suite de la modernisation du système altimétrique ainsi que la nature de ces problèmes ont été identifiés comme suit.

- *Gestion du niveau de l'eau* : les directives provinciales et municipales peuvent exiger que les niveaux de l'eau soient maintenus entre des valeurs minimum et maximum pour régulariser le ruissellement printanier par exemple. Ces directives peuvent prendre la forme de permis de régularisation des écoulements et des organismes comme les commissions de régularisation

des écoulements, peuvent être tenus responsables des dommages si les seuils ne sont pas respectés.

- *Accès à l'eau* : les directives provinciales et municipales peuvent exiger que les niveaux de l'eau soient gérés entre certaines altitudes minimum et maximum par les gros consommateurs d'eau. Ces directives peuvent prendre la forme de permis d'utilisation d'eau et des organismes comme les sociétés hydroélectriques, peuvent être tenus responsables des dommages si les seuils ne sont pas respectés.
- *Détermination des zones inondables* : les autorités provinciales et municipales peuvent définir les zones inondables pour des raisons comme : la délimitation de propriété disponible pour le développement urbain, ou pour l'identification du territoire qui sera touché lors de la construction d'un nouvel ouvrage de régularisation des eaux. Ces zones inondables sont définies par l'information altimétrique apparaissant sur des cartes des zones inondables. Les organismes qui définissent ces zones peuvent être tenus responsables si une inondation s'étend au-delà de la zone inondable délimitée.
- *Données topographiques et cartographie* : des organisations publiques et privées peuvent créer des cartes topographiques utilisées pour caractériser les zones inondables d'après des définitions des zones inondables ou pour déterminer l'altitude des pistes des aéroports. Les producteurs de ces cartes peuvent être tenus responsables de représentations erronées de l'altitude, par exemple, lorsqu'une maison est construite en zone inondable.
- *Construction* : les autorités fédérales, provinciales et municipales peuvent émettre des directives précisant des altitudes à respecter lors de travaux de construction. L'information du permis de construction peut préciser les altitudes pour les condominiums à plusieurs étages ou des accords peuvent spécifier l'altitude permise d'une structure, par exemple, dans le but de prévenir que soient cachées des aides à la navigation le long de la Voie maritime du Saint-Laurent.

En général, l'inquiétude existe du fait qu'il peut y avoir des répercussions juridiques ou contractuelles ou d'autres obligations découlant d'une référence à une valeur d'altitude. Par exemple, le sommet d'un édifice se trouvant actuellement à 18 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer et dont l'altitude ne peut excéder cette cote, pourrait l'excéder à la suite de la modification du cadre de référence altimétrique.

Cependant, en *common law* et en droit civil, le principe qui prévaudrait, que certains qualifient de principe essentiel², est que l'intention des parties au moment de la signature du contrat (ou de l'adoption d'une loi) doit prévaloir. L'intention doit être considérée à la lumière de l'objet du contrat ou de la loi. Dans toutes les sphères d'activités mentionnées plus haut, l'objet des contrats et de la législation est de préciser un lieu spécifique pour la conduite de l'activité relative à cet emplacement. En conséquence, parce que l'emplacement n'a pas changé suite à la modernisation du système altimétrique et parce que ni les intentions de la législation et des parties contractantes, ni l'objet des documents n'ont changé, il ne devrait découler aucun problème strictement juridique résultant de la modernisation du système altimétrique. À

² Voir «Manifestations du bijuridisme dans les jugements de la Cour suprême du Canada depuis l'adoption du *Code civil du Québec*», Louise Lavallée, Direction des services législatifs, ministère de la Justice du Canada.

l'appendice E on identifie les articles du Code civil dont est cité ce principe; il est entendu que ce même principe peut être obtenu de la jurisprudence en *common law*.

5.2.2 *Entretien des repères altimétriques*

Bien qu'il y ait un mandat à respecter, à savoir de poursuivre l'amélioration et de faciliter un accès efficace à ce qui est connu comme étant le Système canadien de référence spatiale (SCRS), les gens consultés dans le cadre de cette étude ont exprimé l'opinion qu'il n'y a aucune obligation pour Ressources naturelles Canada de continuer à pourvoir le nombre actuel de repères altimétriques, en autant qu'il existe d'autres façons d'accéder au système. L'approche fondée sur le géoïde permet un tel accès avec beaucoup moins de repères.

Nous avons été informés d'une situation semblable dans laquelle la Division des relevés hydrologiques du Canada a fourni sans frais des services de surveillance du niveau de l'eau, incluant l'implantation de repères altimétriques, par l'entremise de la Dominion Water Works Company. Cependant, depuis le milieu du siècle dernier, cette tâche a été accomplie par toutes sortes d'autres méthodes appliquées par un ou plusieurs organismes fédéraux, provinciaux, municipaux et par le secteur privé. Aucun problème juridique découlant de la réduction de service par les Relevés hydrologiques n'a été porté à notre attention.

5.2.3 *Importance des communications*

Tous les gens consultés au cours de cette étude ont réitéré l'importance d'une campagne efficace de sensibilisation concernant la modernisation du système.

5.2.4 *Ouverture d'accords juridiques*

Quelques inquiétudes ont été exprimées quant aux cas où des parties préféreraient que l'altitude ne soit pas utilisée comme motif de réouverture d'accords existants, là où d'autres questions litigieuses existent dont l'étude s'avérerait laborieuse et dispendieuse.

Par exemple, il y a eu deux cas, où les gens consultés ont identifié des accords juridiques de nature très délicate et dans le cadre desquels, bien que la modernisation du système de référence altimétrique ne changeraient pas l'intention des parties, des controverses pourraient être engendrées. Par exemple, on a signalé que plusieurs organismes adoptent des mesures fondées en partie sur les résultats d'un modèle d'écoulement de l'eau utilisé pour estimer les effets en aval, afin de prendre action à l'encontre d'une décision prise par un exploitant de barrage. Il faudrait que le modèle soit modifié si les valeurs de l'altitude absolue qui y sont introduites sont modifiées, ce qui pourrait amener une partie ou l'autre à mettre en doute la validité du modèle lui-même; jusqu'à maintenant cela ne s'est pas produit. De la même façon, des permis d'utilisation d'eau à long terme faisant référence à des altitudes absolues ont été délivrés à des organisations; bien qu'il ne soit pas nécessaire de rouvrir de tels accords compte tenu de l'interprétation juridique ci-haut présentée, certains pourraient tenter de les rouvrir pour cette raison.

5.3 Examen de lois et d'autres documents

Au cours de l'étude, des documents législatifs et autres ont été fournis lesquels mentionnaient le système de référence altimétrique, incluant les altitudes absolues, c.-à-d. par rapport au niveau moyen de la mer. Les résultats d'un examen de ces documents sont résumés au tableau 3.

Tableau 3 : Traitement des documents juridiques présentés devant le groupe d'étude

Document	Texte sélectionné	Question de droit	Traitement
Nouveau-Brunswick			
Législation provinciale	CHAPITRE A-7.01 - «élévation géodésique» désigne une élévation basée sur (i) le Plan de référence géodésique canadien, autorisé par l'ordonnance 630 du Conseil privé du 11 mars 1935, figurant dans une publication officielle du Service des Levés géodésiques du Canada, et (ii) un repère provenant du Plan de référence géodésique canadien et approuvé par le directeur de l'arpentage.	Références au Plan de référence géodésique canadien.	Un amendement sera requis lors de l'adoption officielle du nouveau plan de référence.
Législation provinciale	CHAPITRE M-14.1 Loi sur les mines PARTIE VIII – BORNAGE, PARCELLES – Levés de plans d'arpenteurs Article 91. Tous les angles du bornage visé par la présente loi doivent être désignés par des coordonnées en vertu de l'article 2 de la Loi sur l'arpentage, et les élévations géodésiques de ces angles sont basées sur le Plan de référence géodésique canadien autorisé par le décret du Conseil privé n° 630, en date du 11 mars 1935, et provenant de repères approuvés par le directeur de l'arpentage.	Références au Plan de référence géodésique canadien.	Un amendement sera requis lors de l'adoption officielle du nouveau plan de référence.
Nouvelle Écosse			
<i>Land Surveyors Act (Nova Scotia) - Regulations</i>	<i>Elevations used in the determination of a property boundary shall be based on the Canadian Geodetic Datum.</i>	Références au Plan de référence géodésique canadien.	Aucun changement requis.
Alberta			
Actes reliés à l'arpentage	Aucun document ne réfère directement au système de référence altimétrique. Dans tous les cas ils réfèrent au <i>Alberta Survey Control</i> .		Aucun changement requis.
Québec, Ville de Montréal			
Règlement d'urbanisme	Références aux «altitudes officielles» d'après les Levés géodésiques du Canada et le niveau moyen de la mer.		Aucun changement de l'intention et de l'objet, donc aucun changement requis.
Direction de la gestion du domaine	Références aux définitions de zones à risque d'inondation, aux droits fonciers des compagnies forestières et au maintien des niveaux d'eau au		Aucun changement de l'intention et de

hydrique de l'État	moyen des barrages par les compagnies d'énergie et les municipalités.		l'objet, alors, aucun changement requis.
Colombie Britannique³			
<i>Geothermal Resources Act - Geothermal Drilling and Production Regulation</i>	<i>Test hole information requirements: Not more than 3 months after the date of rig release of the drilling rig from a test hole, the operator shall submit a report to the division containing the following information: ... (c) the ground elevation of the test holes drilled in metres above sea level; ... (c) the ground elevation of the test holes drilled in metres above sea level;</i>		Aucun changement de l'intention ou de l'objet, donc aucun changement requis
<i>Land Title Act</i>	<i>Part 9 — Air Space Titles: "geodetic elevation" means an elevation derived from a source approved by the Surveyor General.</i>	L'équipement GPS doit être approuvé comme source de données altimétriques	L'arpenteur général de la C-B. a approuvé l'équipement GPS à cette fin dans certains cas
<i>Land Survey Act</i>	<i>Power to make rules for surveys (1) For the purposes of this Act and the following enactments, the corporation may make rules for surveys: ... (c) make rules requiring a land surveyor to report damage to or destruction of a control monument to the Surveyor General;</i>	Il est prévu que les repères géodésiques vont se détériorer et ne seront pas entretenus.	Les règles ou règlements exigeant un rapport sur les dommages causés aux repères géodésiques fédéraux, s'il y a lieu, devraient être abrogés étant donné qu'ils ne seront plus entretenus.
Manitoba			
Convention sur l'inondation des terres (exemple)	ASL signifie au-dessus du niveau de la mer, tel qu'établi par les Levés géodésiques du Canada conformément à la Révision n° 1 en date de mai 1970, quad 56096. «Dans la mesure où il est possible de ce faire et dans les limites de contrôle et de l'autorité de la Régie de l'hydro-électricité, contrôler l'écoulement de l'eau des cours d'eau régularisés de façon à s'assurer que le niveau d'inondation statique [...] n'excède pas une élévation de 169,47m (556,0 pi) ASL; et Utiliser tous les moyens pratiques, y compris les ajustements de débit par les ouvrages de	Références et altitude absolue.	Aucun changement de l'intention ou de l'objet, donc aucun changement requis. Cependant, les élévations mentionnées devront être transformées au nouveau plan

³ Cette juridiction a classé les documents selon l'importance de leur révision. Il n'y a que ceux de «grande importance» qui y sont inscrits.

	régularisation, afin de prévenir toute inondation des (terres) se situant entre le niveau d'inondation statique de 169,47m (556,0 pi) ASL et les limites de construction.		de référence.
--	---	--	---------------

6. *Expérience Internationale*

La Nouvelle-Zélande s'est déjà dotée d'un système de référence altimétrique basé sur le géoïde et son expérience est examinée dans les sections suivantes. Les États-Unis envisagent un tel changement qui sera mis en oeuvre sur un plus long échancier. L'état de la situation dans ce pays est décrit à la section 6.2.

6.1 *Nouvelle-Zélande*

Avant 1998, le système de référence géodésique officiel de la Nouvelle-Zélande était le *New Zealand Geodetic Datum 1949* (NZGD49). C'est un référentiel bidimensionnel qui ne définit la position que suivant l'horizontale. Là où des altitudes étaient attribuées aux repères altimétriques, elles l'étaient d'après le niveau moyen de la mer (NMM) tel que déterminé localement. En 1998, le NZGD49 a été remplacé par le *New Zealand Geodetic Datum 2000* (NZGD2000). Le NZGD2000 est un système de référence tridimensionnel dont les composantes planimétrique et altimétrique sont observées au même moment, à l'opposé du NZGD49. Cependant, la composante altimétrique (verticale) du NZGD2000 est établie d'après l'ellipsoïde (le GRS80) du Système de référence géodésique de 1980. Donc, les altitudes sont ellipsoïdales et ne sont pas reliées à la détermination locale du NMM. Afin de rendre les altitudes ellipsoïdales du NZGD2000 utiles, une méthode de dérivation des altitudes orthométriques d'après les altitudes ellipsoïdales est requise.

La Nouvelle-Zélande ne possède pas de système de référence altimétrique national, ce qui complique encore davantage le problème. Elle utilise plutôt 13 marégraphes différents situés autour du pays. Ces marégraphes représentent 13 cadres de référence différents, car un certain nombre de facteurs comme l'écoulement depuis les ports et les cours d'eau, l'élévation du niveau de la mer et les mouvements des plaques tectoniques font en sorte que les différentes déterminations du NMM ne reposent pas sur la même surface équipotentielle.

Les réseaux de nivellement de précision sont rattachés à ces marégraphes. Les réseaux comprennent près de 9 500 km de lignes de nivellement de premier et de deuxième ordre (près de 10 800 repères de premier ordre et 2 300 repères de deuxième ordre). Les réseaux ne sont pas particulièrement bien reliés les uns aux autres. Il n'y a eu aucune tentative de compensation de toutes les données de nivellement de précision (Hannah, 2001).

Dans le but de résoudre ce problème, le *Vertical Datum Project* a été mis sur pied par *Land Information New Zealand* (LINZ). Le programme a été nommé conçu dans le but d'élaborer et d'implanter un modèle du géoïde spécialement conçu pour la Nouvelle-Zélande qui

permettrait de dériver des altitudes orthométriques de qualité à partir des altitudes ellipsoïdales et d'établir un cadre de référence altimétrique national faisant autorité.

Le plan stratégique pour la géodésie de *Land Information New Zealand* (LINZ) précise trois objectifs à atteindre pour les cadres de référence. Ces objectifs sont les suivants.

- Objectif 2. fournir un système rentable permettant de générer des altitudes orthométriques d'une exactitude acceptable et définie à l'intérieur d'un système reconnu nationalement.
- Objectif 4. soutenir (à court terme) de multiples cadres de référence et des transformations des altitudes faisant autorité et d'une exactitude acceptable et définie.
- Objectif 7. élaborer un système altimétrique d'une exactitude définie et qui permette de produire des altitudes orthométriques à partir des altitudes ellipsoïdales.

De ce qui précède, on constate que l'objectif 2 se rapporte à un système de référence altimétrique national et l'objectif 7 à l'élaboration d'un nouveau modèle du géoïde spécifique à la Nouvelle-Zélande.

En 2001, un plan de projet a été préparé, l'*OSG Technical Report 16*, pour l'élaboration d'un système de référence altimétrique et d'un modèle du géoïde pour le pays. Il a été décidé de créer le nouveau cadre de référence avec les altitudes ellipsoïdales du NZGD2000 faisant autorité. Le nouveau cadre de référence sera connu sous l'appellation *New Zealand Vertical datum 2005* (NZVD05). Le modèle du géoïde sera nommé NZGeoid05.

Il est à noter qu'une décision a été prise par LINZ afin de calculer les écarts au géoïde pour chacune des 13 déterminations du NMM. Cette décision a eu préséance sur la tentative de calculer un cadre de référence altimétrique basé sur le NMM pour l'ensemble du pays en appliquant des corrections qui tiendraient compte des variations entre les différents cadres de référence dérivés du NMM; de telles corrections auraient pu n'entraîner que des changements mineurs des valeurs publiées pour les repères altimétriques et donner lieu à des désagréments pour les utilisateurs plutôt que tout avantage pratique. L'option choisie signifie que les cadres de référence existants fondés sur le NMM peuvent continuer d'être utilisés comme c'est d'ailleurs le cas. La création d'un cadre de référence orthométrique n'est pas envisagée.

6.1.1 Implications juridiques

Selon la loi, LINZ a l'obligation de fournir un réseau géodésique à l'appui des systèmes cadastraux. L'article 7 du *Cadastral Survey Act 2002* stipule que les fonctions de l'arpenteur en chef, et donc de LINZ, comprennent, entre autres choses, le maintien d'un système géodésique national et d'un système d'établissement de levés. Auparavant, le *Survey Act 1986* exigeait de manière spécifique que l'arpenteur en chef administre, coordonne, maintienne et poursuive entre autres choses, des mesures de nivellement de précision. Par la suite, cette loi a été révoquée; toutefois, la mise de l'avant d'un projet de création d'un modèle du géoïde et d'un cadre de référence altimétrique national a débuté avec l'adoption de cette loi.

Tel que mentionné plus haut, le système de référence géodésique officiel de la Nouvelle-Zélande est maintenant le NZGD2000. C'est un système géocentrique qui utilise des altitudes ellipsoïdales par rapport au GRS80. À mesure que s'étendent les canevas géodésiques basés sur le NZGD2000 et que la densité des repères augmente, davantage de levés cadastraux sont effectués suivant le NZGD2000. Cependant, plusieurs levés cadastraux exigent également des altitudes par rapport au NMM. Ces levés sont habituellement effectués d'après les cadres de référence utilisés pour le nivellement de précision lorsqu'ils sont disponibles. Lorsqu'ils ne sont pas disponibles, les altitudes sont déterminées d'après des déterminations moins normalisées du NMM (c.-à-d. d'après des angles verticaux). Un modèle du géoïde est nécessaire pour rattacher les différents cadres de référence pour les altitudes au cadre de référence altimétrique officiel.

L'une des conséquences de l'implantation du NZVD05 est qu'une contradiction est introduite dans les règlements de l'arpenteur en chef (AC) relatifs au levé cadastral 2002/2 par des règlements qui ont suivi. Le règlement 2004/1 de l'AC indique clairement que le NZGD2000 est le cadre de référence privilégié pour les levés cadastraux. Puisque le NZGD2000 est de nature tridimensionnelle et que le NZVD05 en fait partie, cela sous-entend que le NZVD05 est le cadre de référence privilégié. Un règlement ultérieur (AC 2005/3) ne mentionne pas le NZGD2000 comme étant «le cadre de référence privilégié». Cela signifie que des cadres de référence altimétriques autres que ceux fondés sur le NMM ne peuvent être utilisés pour les levés cadastraux ce qui est en contradiction avec une décision antérieure. Afin de corriger cette situation, il se peut qu'une révision des règlements de l'arpenteur en chef s'impose.

6.1.2 Coût

Le nivellement de précision a été effectué pendant près de quarante ans (la pratique a pris fin durant les années 80). Depuis lors, il n'y a eu aucun nivellement additionnel et peu de travaux d'entretien des réseaux. Au fil des années, le réseau s'est détérioré alors que des repères ont été détruits ou endommagés, ce qui en a compromis la fiabilité. Les estimations de LINZ révèlent que près de 10 % des repères originaux ont été détruits ou endommagés ou ne sont plus fiables. Ces chiffres ne représentent que les repères dont l'état a été signalé; d'autres repères ont été endommagés ou détruits sans que cela ait été signalé.

En proposant le nouveau projet, LINZ a entrepris une analyse coûts-avantages de deux options de maintien du système de référence altimétrique existant pour la Nouvelle-Zélande. La première consistait à maintenir le système existant par des moyens classiques, c.-à-d. le nivellement de précision. L'étude de LINZ a estimé les coûts du renivellement et de l'amélioration du réseau pour une période de dix années. Les coûts estimés par LINZ sont de l'ordre de 1 400 000 \$ NZ par année. Le coût estimé pour dix années dépasse les 14 millions \$ NZ, auquel il faut en outre ajouter des dépenses annuelles d'entretien de près de 720 000 \$ NZ.

La seconde option privilégiait la mise en place d'un modèle du géoïde d'une exactitude suffisante pour la conversion des altitudes ellipsoïdales en altitudes orthométriques. Le coût a été estimé à 750 000 \$ NZ sur une période de quatre années et des coûts annuels d'entretien estimés à 50 000 NZ\$. Pour une période de 10 années, les coûts ont été estimés à 900 000 \$ NZ. Ces coûts comprenant l'établissement d'un cadre de référence altimétrique national.

La seconde option a été privilégiée et elle est présentement mise en œuvre.

6.1.3 Avantages

Il est évident qu'un avantage financier important découlait de l'adoption de la seconde option.

L'avantage principal qui découle de la mise en œuvre du NZVD05 est la disponibilité du modèle du géoïde qui permettra la conversion des altitudes ellipsoïdales en altitudes orthométriques d'une exactitude grandement accrue. Auparavant, le géoïde EGM96 qui était utilisé fournissait une exactitude de l'ordre de 1 à 2 m. Les écarts entre le géoïde et chacun des treize cadres de référence altimétrique basés sur le NMM ont été calculés de façon à ce que les altitudes orthométriques puissent être dérivées par rapport au NMM local. Cela permettra l'utilisation de technologies fondées sur les satellites, comme celle du GPS, pour la détermination et le transfert des altitudes orthométriques. La combinaison de l'utilisation du modèle du géoïde avec le calcul des écarts permettra d'établir au besoin des relations entre les altitudes de cadres de référence altimétrique adjacents basés sur le NMM (ou autres).

La couverture spatiale relativement mauvaise des repères dispersés dans le pays constitue une des limites du présent réseau de nivellement de précision. C'est un facteur de nature chronophage du nivellement de précision, même si l'on tient compte de l'utilisation des niveaux numériques modernes et du terrain accidenté qui caractérise ce pays. La mise en œuvre du NZGD2000, essentiellement par GPS, et le programme d'observation géodésique continu entrepris par LINZ font que le pays dispose maintenant d'un nombre important et grandissant de repères indiquant de bonnes altitudes ellipsoïdales. Ces repères ne sont plus seulement localisés le long des routes principales, comme c'est généralement le cas des repères altimétriques précis, mais dispersés dans tout le pays. Ils sont en outre implantés à des endroits d'accès relativement facile. L'utilisation du NZVD05, du NZGeoid05 et du GPS permettra une détermination améliorée d'altitudes orthométriques loin des routes existantes de nivellement de précision.

Sauf sur les littoraux, le temps requis pour l'exécution d'un programme de nivellement de précision, c.-à-d. les 10 ans mentionnés à la section 3, est une raison importante du rejet de cette option. En raison des longs échéanciers, les effets des phénomènes naturels entraîneront une dégradation de la qualité du réseau avant que les travaux soient complétés. Le nivellement de précision ne permettrait toujours pas à la Nouvelle Zélande de disposer d'un cadre de référence altimétrique unifié. D'autre part, l'utilisation du GPS permettra d'étendre beaucoup plus rapidement le réseau géodésique, et ce dans des régions où auparavant la qualité de l'information altimétrique était mauvaise. Cette couverture améliorée du réseau, et en particulier la composante altimétrique exacte, devrait permettre l'utilisation du NZVD05 pour de plus en plus d'applications dans lesquelles des altitudes orthométriques précises ne sont pas requises.

6.1.4 Financement

Par le passé, le réseau géodésique (NZGD49) a été considéré comme un système de référence bidimensionnel voué essentiellement au soutien du système cadastral de la Nouvelle-Zélande. Le financement de l'entretien et de l'extension du réseau géodésique s'effectuait par une taxe

prélevée sur toutes les transactions foncières et tous les levés cadastraux. Comme mentionné plus tôt, le NZGD49 a été remplacé par le NZGD2000. Le financement de l'élaboration et de la mise en œuvre du NZGD2000, à l'appui du système cadastral, provient de la même source qu'auparavant pour le NZGD49, soit des taxes prélevées sur les transactions foncières.

Étant donné que le NZGD2000 est un système de référence tridimensionnel, il comporte par conséquent une composante altimétrique. Bien que ce système ait été élaboré à l'appui du cadastre, le financement par prélèvements auprès des utilisateurs n'a posé aucun problème. Lorsque l'objet du système de référence a été étendu de manière à englober un cadre de référence altimétrique national et l'élaboration d'un modèle du géoïde, la source du financement devint un problème.

Il existait une attitude voulant que les fonds provenant des taxes ne doivent pas être utilisés pour un projet qui ne profiterait pas directement à l'objet initial pour lequel ils étaient prélevés, c.-à-d. à une composante altimétrique ne présentant que des avantages minimaux pour les utilisateurs du cadastre. Avec l'avènement des titres d'unités de logement et de copropriété ainsi que des restrictions d'altitude appliquées aux consentements et titres de subdivision, cette attitude n'est plus entièrement justifiée. Il est également devenu évident que le système de référence géodésique, tant le NZGD49 que plus récemment le NZGD2000, est maintenant utilisé par un plus grand éventail d'utilisateurs que ceux de la seule communauté du cadastre. Avec la croissance rapide de l'industrie des SIG, la nécessité de normes internationales en navigation aérienne et maritime et l'usage accru du GPS par des utilisateurs en arpentage et dans d'autres secteurs, les systèmes de coordonnées jouent un rôle beaucoup plus important qu'auparavant dans les systèmes d'information. Mentionnons en particulier le nombre croissant d'utilisateurs ayant besoin d'altitudes faisant autorité sur de plus grandes étendues. L'obtention des altitudes orthométriques à des endroits éloignés des lignes de nivellement de précision est dispendieuse et chronophage. On a constaté une demande accrue de la part du grand public pour l'obtention d'altitudes orthométriques exactes à partir d'observations par GPS. Pour y répondre, un modèle convenable du géoïde est nécessaire.

En prenant note de ce qui précède, la direction de LINZ et le gouvernement ont été saisi d'une proposition montrant que le nouveau cadre de référence permet des utilisations excédant les besoins du système cadastral. En plus du budget régulier consacré à la géodésie, un financement a été recherché et obtenu auprès du gouvernement en reconnaissance d'un plus grand bien collectif qui résulterait de l'élaboration d'un nouveau système de référence et en particulier de sa composante altimétrique.

6.1.5 *Obstacles*

L'élaboration du nouveau modèle du géoïde n'a présenté aucun obstacle majeur. Le financement pouvait cependant s'avérer problématique. Toutefois, tel que mentionné dans les sections précédentes, des fonds additionnels ont été obtenus du gouvernement lorsque toutes les facettes d'utilisation du cadre de référence géodésique ont été révélées. Un certain nombre de problèmes à résoudre persistaient néanmoins.

L'un des plus importants était que bien que l'élaboration d'un modèle du géoïde ait été raisonnablement simple, LINZ considérait que personne en Nouvelle-Zélande ne possédait les compétences nécessaires pour mener à bien un tel projet. Alors que le travail aurait pu être donné en sous-traitance, peut-être à une entreprise étrangère, cela signifierait que LINZ n'aurait pas la compétence et les connaissances pour exécuter la gestion sans faire appel à des entrepreneurs de l'extérieur ou de l'étranger. Le problème fut résolu par l'affectation d'un membre qualifié du personnel de LINZ au *Western Australian Centre for Geodesy* à la *Curtin University of Technology* de Perth, en Australie. Cette personne a complété dans cette université des études de doctorat dont la thèse a eu comme objet le modèle du géoïde pour la Nouvelle-Zélande.

Les autres problèmes techniques étaient reliés à la disponibilité de données convenables pour l'ensemble du pays. Les données GPS et de nivellement sont relativement rares au pays en raison de la nature du terrain. Il en a résulté que des observations gravimétriques ont été utilisées pour l'élaboration du modèle du géoïde. Il existe en Nouvelle-Zélande des données de terrain et gravimétriques suffisamment exactes pour permettre d'utiliser la méthode gravimétrique pour l'élaboration du modèle du géoïde. Il y a eu quelques problèmes de formatage de divers fichiers constituant les jeux de données, mais ces problèmes ont été résolus sans grande difficulté.

6.1.6 Risques

Au moment de la création du projet de cadre de référence, LINZ identifia un certain nombre de risques techniques et autres associés au projet si jamais le travail n'était pas complété. Les risques et les commentaires d'atténuation qui suivent sont tirés du mandat du *Vertical Datum Project* de LINZ.

«Ce projet comporte un facteur de risque moyen à élevé s'il n'est pas mis de l'avant. Les risques techniques ci-après sont identifiés.

- Des travaux d'entretien très coûteux du présent réseau altimétrique ont été reportés en supposant que ce projet, entrepris après l'achèvement du réseau du NZGD2000, fournirait une solution moins coûteuse. (Atténuation – des travaux d'entretien coûteux devront être exécutés si ce projet ne va pas de l'avant, ce qui accaparera des fonds à consacrer à l'implantation du système de référence 2000).
- La Nouvelle-Zélande risque de ne pas garder le pas avec les meilleures pratiques internationales. Même les pays en voie de développement de l'Afrique, de l'Asie, de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud sont bien engagés sur la voie de l'élaboration de modèles de précision du géoïde. La Nouvelle-Zélande est le seul pays développé qui ne possède pas de modèle national du géoïde précis et compatible avec le GPS. (Atténuation – entreprendre le projet sinon, nous perdrons notre crédibilité si le projet ne va pas de l'avant).
- En 1997, dans le cadre du projet *Geodetic Management System User Requirements*, (projet sur les exigences des utilisateurs du système de gestion géodésique), l'Airways Corporation, a reconnu la nécessité d'un modèle du géoïde qui lui permettrait de respecter ses obligations en matière de sécurité d'approche des aéroports internationaux en rapport avec la technologie du GPS, laquelle sera de plus en plus utilisée en aviation. Les longs délais de production d'un

modèle du géoïde rendent impératif le début des travaux. (Atténuation – entreprendre le projet sinon, un intervenant majeur ne pourra être satisfait par le système géodésique).

- La NTHA est d’avis que les besoins des autorités portuaires pour des modèles locaux du géoïde grandiront au cours des prochaines années. Encore une fois, cela veut dire que le projet d’un modèle du géoïde doit débiter immédiatement. (Atténuation – entreprendre le projet maintenant sinon, un intervenant majeur ne pourra être satisfait par le système géodésique.).
- Un expert de la Grande Bretagne de renommée internationale est présentement disponible à la *Curtin University* afin d’assurer la supervision et la provision des logiciels pour le projet. Si nous ne profitons pas de cette occasion cette année, on ne peut pas garantir qu’une personne de cette compétence soit disponible ici et à titre gratuit à l’avenir. (Atténuation – entreprendre ce projet maintenant afin de profiter de cette occasion qui permettra des réductions de coûts).
- Dans son rapport lors de l’assemblée scientifique de l’Association internationale de géodésie (AIG) en septembre 2001, Don Grant a reconnu la possibilité que les idées innovatrices de la Nouvelle-Zélande pour un système de référence altimétrique national rentable puissent mener à des normes pour les systèmes mondiaux. L’appui aux propositions de la Nouvelle-Zélande est venu de gens influents incluant le président de l’AIG. Le risque est qu’autrement il pourrait devenir inutilement coûteux pour la Nouvelle-Zélande de se conformer aux systèmes mondiaux. La rencontre importante de l’AIG lors de laquelle ces idées ont été proposées remonte à 2003 (époque à laquelle la Nouvelle-Zélande devait avoir accompli quelque progrès et à laquelle ce projet devrait être terminé pour que la Nouvelle-Zélande soit crédible). (Atténuation – entreprendre le projet maintenant afin de rester crédible et de tirer avantage de cette occasion qui mènera à des réductions de coûts).
- Le modèle du géoïde et les transformations altimétriques associées seront élaborés en termes de données gravimétriques existantes avec les ajouts appropriés. Le modèle final en est un qui sera perfectionné progressivement au fur et à mesure de la disponibilité des nouvelles données. L’élaboration progressive permet une approche de gestion du risque appropriée pour le programme de collecte des données. Le projet n’est pas entrepris pour livrer un modèle qui répondrait aux besoins de toute l’industrie et de tous les chercheurs au «nième degré». Il répondra aux besoins de la plupart des utilisateurs. En ce qui concerne la grande exactitude et les utilisateurs spécialisés, il fournira un cadre ou une infrastructure cohérente auquel ils pourront se connecter, ajouter (à leurs frais) ou contribuer. (Atténuation – la nature échelonnée de ce projet permettra l’élaboration d’un géoïde exact au fil d’un certain nombre d’années en tirant avantage des nouveaux jeux de données au fur et à mesure de leur disponibilité. L’approche retenue pour l’exécution de ce projet essentiellement interne, plutôt que la sous-traitance; elle permettra de minimiser les coûts tout en assurant à LINZ la possibilité de développer une capacité de gestion d’un nouveau cadre de référence national)».

6.1.7 *Incidences pour le Canada*

La situation canadienne présente beaucoup de parallèles avec celle de la Nouvelle-Zélande. Tout comme la Nouvelle-Zélande, le Canada a compté sur de multiples marégraphes comme assises des réseaux de nivellement, mais ceux-ci comportent des imperfections du fait que ces différentes déterminations du NMM ne reposent pas sur la même surface équipotentielle. Il en résulte, qu'il y a des déformations dans le réseau des repères altimétriques des deux pays. En outre le Canada et la Nouvelle-Zélande ont en commun une topographie exigeante et des régions éloignées dans lesquelles il devient difficile d'étendre les réseaux de nivellement.

La Nouvelle-Zélande a devancé le Canada en décidant de relever ces défis et d'adopter un modèle du géoïde pour l'altimétrie. Tout comme au Canada, cette démarche a été motivée tant par les avantages opérationnels que par les coûts. Les avantages opérationnels incluent la capacité de travailler dans des régions qui ne sont pas couvertes par le réseau de nivellement et une plus grande compatibilité avec le GPS dont l'utilisation aux fins du positionnement se répand. Les avantages en termes de coûts englobent une baisse des coûts d'entretien du réseau des repères.

La Nouvelle-Zélande possède l'information gravimétrique adéquate lui permettant le calcul d'un géoïde exact. Le Canada attend les résultats de la mission satellite GOCE pour le calcul d'un nouveau géoïde d'une plus grande exactitude – ces résultats sont attendus pour 2007. La vérification du modèle nécessitera en outre de plus amples travaux sur le terrain.

L'expérience de la Nouvelle-Zélande devrait reconforter le Canada au moment où il débute sa propre transition. Dans sa mise en œuvre du nouveau système, la Nouvelle-Zélande n'a fait face à aucun obstacle d'envergure difficilement surmontable.

6.2 *États-Unis*

Aux États-Unis, le *National Geodetic Survey* (NGS) définit et gère le *National Spatial Reference System* (NSRS), incluant le cadre de référence national. Présentement, aux É.-U., le cadre de référence altimétrique officiel est le Système de référence altimétrique nord-américain de 1988 (NAVD 88). Ce système est principalement accessible par des centaines de milliers de repères altimétriques permanents. Bien que les États-Unis ne disposent pas encore de projet bien arrêté pour l'adoption d'un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde, ils ont, depuis 1996, ajouté au nivellement à bulle des altitudes orthométriques dérivées de la combinaison des altitudes ellipsoïdales du GPS avec un modèle hybride du géoïde, élaboré précisément pour la transformation des altitudes ellipsoïdes en altitudes suivant le NAVD 88. Ajustée au réseau dense de repères altimétriques exacts du NAVD 88, la méthode géoïde/GPS de détermination des altitudes permet d'obtenir des exactitudes de l'ordre de 2 cm. Réalisant que les altitudes orthométriques peuvent changer par autant que quelques centimètres par année et parce que les inondations causées par les ouragans, les tsunamis ainsi que par d'autres grosses tempêtes demeurent une inquiétude constante, les États-Unis sont à la recherche d'une méthode rigoureuse et rentable de détermination des altitudes. À cause des coûts faramineux qui lui sont associés, le renivellement a été exclu. À la place, le NGS entreprend un programme qui lui permettra de

passer progressivement d'une matérialisation du cadre de référence altimétrique par des repères altimétriques à une matérialisation fondée sur les géoïde/GPS.

Dans l'ensemble, il appert que les projets des États-Unis soient similaires à ceux du Canada par leur approche et leur portée. La mise en place d'un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde par les É.-U. s'effectuera suivant un échéancier un peu plus étendu (10 ans). Cependant, le NGS finance déjà plusieurs projets de recherche qui sont axés sur l'amélioration des techniques de détermination du géoïde aussi bien que sur la collecte de données. En outre, la *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA) finance déjà l'élaboration du prochain modèle gravitationnel terrestre (*Earth Gravitational Model*, EGM) d'ordre 2160⁴ (résolution spatiale de 10 km) d'après de nombreuses sources (terrestres, marines et aériennes) de données gravimétriques améliorés avec l'information de grande qualité de la SRTM⁵ et les anomalies gravimétriques dans les océans dérivées par altimétrie. En parallèle, les États-Unis poursuivent l'acquisition de jeux de données de contrôle (ondulations du géoïde dérivées du GPS/nivellement, déviations de la verticale, etc.) qui seront utilisés pour l'évaluation de la qualité de divers EGM expérimentaux. On s'attend à ce que cet EGM de grande résolution permette la définition d'un géoïde global d'une grande exactitude qui pourrait être utilisé comme fondement d'un cadre de référence altimétrique non seulement pour les États-Unis mais aussi bien pour toute la planète.

6.2.1 Incidences pour le Canada

L'élaboration du Système de référence altimétrique nord-américain de 1988 (NAVD88) est le résultat d'une collaboration entre le *US National Geodetic Survey* et Ressources naturelles Canada. Bien que les États-Unis aient adopté le NAVD88 et son cadre de référence altimétrique en 1993, le Canada n'a pas fait de même en raison d'anomalies inexplicables de près de 1,5 m entre les côtes est et ouest (vraisemblablement dues à l'accumulation d'erreurs systématiques) et de la légère amélioration d'ensemble qu'un tel cadre de référence altimétrique aurait apporté.

Aujourd'hui, bien que plus exacte que le CGVD28, une nouvelle compensation du réseau de nivellement canadien d'une façon similaire au projet NAVD88 n'apporterait qu'une solution temporaire et ne résoudrait pas les problèmes de couverture limitée et de coûts d'entretien. Préférentiellement, à long terme, un système altimétrique fondé sur le géoïde offre les meilleures possibilités de compatibilité avec ceux des États-Unis et d'autres pays.

Au cours de nos entrevues, les intervenants ont noté qu'il existe actuellement une différence importante entre le cadre de référence altimétrique du CGVD28 au Canada et celui des É.-U., le NAVD88, et que conséquemment les incidences transfrontalières d'un changement du cadre de référence seront minimales pour le Canada.

En ce qui regarde le Système de référence international des Grands Lacs, il faut s'attendre à ce que le SRIGL 1985 doive être remplacé par un nouveau système de référence entièrement

⁴ Ce nombre représente l'ordre de l'expansion maximum de la série des harmoniques sphériques utilisée pour la représentation mathématique du potentiel gravitationnel (et du géoïde). Il correspond fondamentalement à une résolution maximum pour le géoïde (demi-longueur d'onde) de près de 10 km.

⁵ *Shuttle Radar Topography Mission* (mission topographique radar de la navette spatiale)

différent afin de corriger les changements d'altitude attribuables aux mouvements de la croûte terrestre depuis 1985. Des pourparlers ont été entamés en vue du passage à un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde. Un tel cadre de référence altimétrique devrait couvrir au moins le bassin des Grands Lacs tant au Canada qu'aux États-Unis. L'adoption d'un cadre de référence altimétrique uniquement canadien ne serait vraisemblablement pas acceptable à moins qu'il ne fasse partie d'un système de référence nord-américain adopté par les deux pays.

Afin d'assurer la compatibilité des futurs cadres de référence aux échelles continentale et internationale et pour disposer d'un moyen de transformer les mesures suivant le CGVD28 et le NAVD88 ainsi que pour que l'élaboration d'un nouveau cadre de référence altimétrique soit entreprise, la collaboration avec les É.-U. devra se poursuivre. Idéalement, lorsque les É.-U. adopteront un nouveau cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde, les deux géoïdes seront identiques ou tout au moins se fusionneront sans joint le long de la frontière.

7. *Plan stratégique proposé*

Le plan stratégique suivant qui est proposé pour la modernisation du Système canadien de référence altimétrique s'inspire des résultats des consultations tenues auprès des intervenants dans le cadre de la présente étude. Au cours d'un atelier de travail de deux jours, les membres du comité directeur de l'étude ont examiné ce plan stratégique et contribué à son élaboration.

7.1 *Vision, mission, et objectifs*

7.1.1 *Vision*

Le Système canadien de référence altimétrique⁶ utilisera un cadre de référence fondé sur le géoïde qui permet une mesure facile et exacte de l'altitude suivant la verticale en tout point afin de répondre aux besoins présents et futurs des intervenants, notamment en termes de compatibilité avec la technologie des GNSS⁷ et les normes internationales.

7.1.2 *Mission*

Avec la collaboration des provinces et des territoires, le gouvernement fédéral fournira des modèles, des outils et l'information nécessaires pour faciliter la transition à un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde faisant partie du Système canadien de référence spatiale.

7.1.3 *Objectifs*

Durant la transition du CGVD28 au cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde, le gouvernement fédéral, avec l'appui des provinces et des territoires réalisera ce qui suit.

Élaboration et gestion du géoïde – Un géoïde, permettant la détermination des altitudes orthométriques au centimètre près, sera défini et vérifié. Sa définition sera ajustée au besoin pour

⁶ Un système de référence altimétrique permet la mesure exacte de la position des entités du monde physique suivant la verticale et assure que les divers jeux de données spatiales peuvent être corrélés et comparés dans un cadre cohérent.

⁷ Géolocalisation et navigation par un système de satellites. Le *Global Positioning System* (GPS) américain est le plus réputé de ces systèmes, mais il y a également le système russe GLONASS et le système européen Galileo en voie d'élaboration.

tenir compte des mouvements géophysiques. Des travaux de surveillance, de recherche et d'élaboration se poursuivront à l'appui de futures améliorations.

Interaction avec les intervenants – Les intervenants seront informés du processus et des incidences de la modernisation du système de référence altimétrique. Ils seront consultés concernant leurs points de vue et leurs inquiétudes, lesquels serviront de guide aux plans et aux processus de la modernisation. Un encadrement leur sera offert pour l'élaboration de procédures et la vérification de calculs.

Mise au point d'outils – Des outils de conversion (logiciel et bases de données) seront offerts pour permettre la conversion des données existantes au nouveau cadre de référence altimétrique ainsi que des conversions d'un cadre de référence altimétrique à un autre.

Formation – Des ressources en formation (outils, information, encadrement, assistance) seront mises à la disposition des fournisseurs et des utilisateurs d'information altimétrique afin de les aider à adopter de nouvelles méthodes et de nouvelles données.

Élaboration et gestion de l'infrastructure – Un réseau de repères altimétriques sera maintenu. Il comprendra à tout le moins les points de contrôle actif (ACP), le Réseau de base canadien (RBC) ainsi que les réseaux provinciaux de grande précision (RGP). Des repères supplémentaires seront requis pour la vérification et la gestion du géoïde, plus particulièrement dans les régions où l'incertitude associée au modèle du géoïde est plus grande (c.-à-d. le Labrador, la Manicouagan, le sud et l'ouest du Yukon, etc.).

Diffusion des données – L'information sur l'altitude des repères altimétriques existants suivant le nouveau cadre de référence altimétrique sera diffusée.

7.2 *Raison d'être de la modernisation*

Le présent Système canadien de référence altimétrique (SCRA) succède au Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28) adopté en 1935 et sur lequel il est basé. Le cadre de référence altimétrique a alors été défini comme étant le niveau moyen de la mer tel que déterminé d'après des données recueillies par cinq marégraphes situés sur les côtes est et ouest. Ce cadre de référence altimétrique est matérialisé par un important réseau de repères altimétriques précis. Bien que depuis plus de 70 années il ait bien servi les intervenants, il présente maintenant de sérieuses lacunes.

- L'entretien du réseau physique est très coûteux en raison du grand nombre des repères altimétriques qu'il comporte et de son étendue. En conséquence, ni le gouvernement fédéral ni les gouvernements provinciaux n'ont assuré l'entretien des repères et ils n'ont pas l'intention de le faire dans le futur.
- Le cadre de référence altimétrique n'est défini qu'à l'emplacement des repères altimétriques, ce qui laisse tout le reste du pays sans accès à la norme altimétrique.

- Le système de référence présente d'importantes déformations inhérentes qui sont en outre aggravées par les mouvements géodynamiques.
- Le système n'est pas directement compatible avec les mesures GPS et en conséquence il ne sera pas conforme aux futures normes internationales.

C'est maintenant l'occasion de définir un nouveau cadre de référence altimétrique qui éliminerait les limites du présent système – un système compatible avec les normes internationales, permettant de réduire les coûts par l'implantation des technologies spatiales, comme le GPS, facilement accessible partout au Canada et moins sensible à l'activité géodynamique ainsi qu'à la détérioration des repères. Ce système sera basé sur un modèle du géoïde.

7.3 Approche proposée

Nous avons été témoins au cours des dernières années d'un changement important vers l'utilisation du GPS par la communauté de la géomatique parce qu'il est plus exact et efficace. Le GPS permet la détermination directe de la latitude, de la longitude, de l'altitude ellipsoïdale et, avec un modèle du géoïde, de l'altitude orthométrique (c.-à-d. de l'altitude au-dessus «du niveau moyen de la mer» dans les terres ou en mer. Comme le modèle du géoïde est une surface «virtuelle» couvrant tout le Canada, toutes les régions auront accès à des altitudes exactes contrairement à ce qu'il en est avec l'actuel cadre de référence altimétrique qui n'est matérialisé qu'à l'emplacement des repères altimétriques. Ainsi, toute position 3D établie suivant le NAD83 (Système canadien de référence spatiale) pourra être convertie directement à l'altitude orthométrique par rapport au nouveau cadre de référence altimétrique.

Le nouveau cadre de référence altimétrique sera également accessible par des réseaux matérialisés par des bornes, dont celui des points de contrôle actif (ACP), le Réseau de base canadien (RBC), les réseaux de grande précision (RGP) provinciaux et l'actuel réseau altimétrique de premier ordre. Pendant une période de transition qui pourrait durer des décennies, les méthodes classiques et spatiales vont coexister, mais l'adoption de l'approche fondée sur le géoïde pour la mesure de l'altitude permettra une réduction importante du nombre des repères altimétriques requis.

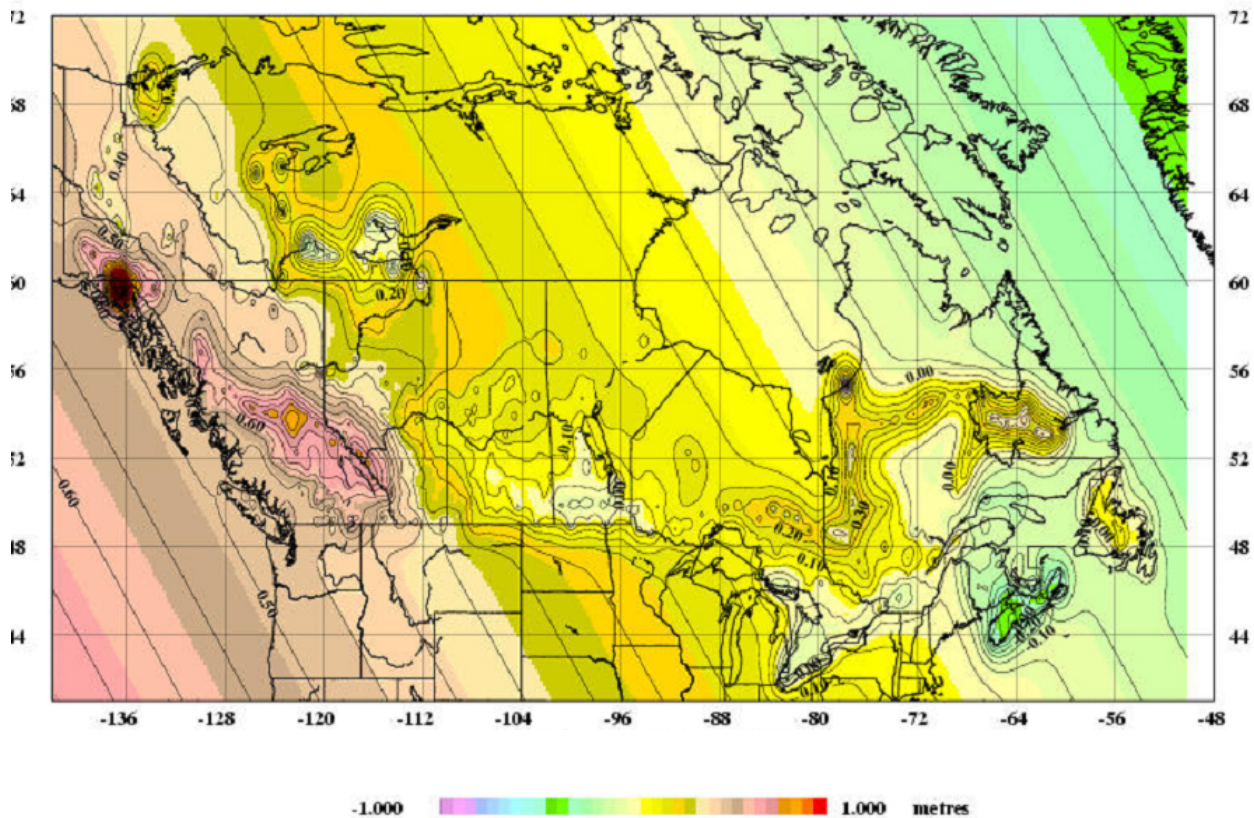
La définition du nouveau cadre de référence altimétrique permettra de corriger les altitudes des repères altimétriques d'un bout à l'autre du Canada. Les nouvelles altitudes différeront de celles publiées présentement par moins d'un mètre en tout point du Canada, mais par plus de 10 cm pour la plupart des endroits. En utilisant le niveau moyen de l'eau au marégraphe de Rimouski comme origine du cadre de référence altimétrique, les changements d'altitude de lieux représentatifs au Canada figurent au tableau 4 (voir également la figure 8).

Lorsque le cadre de référence altimétrique aura été révisé, la définition du géoïde sera de la plus grande exactitude pouvant être atteinte, pour fins scientifiques, et cette définition restera cohérente pendant plusieurs années (voire plusieurs décennies) exception faite des changements géodynamiques.

Tableau 4 : Changement des altitudes suivant le nouveau cadre de référence altimétrique par rapport au CGVD28 (préliminaire)

Endroit	Changement d'altitude (cm)	Endroit	Changement d'altitude (cm)
Halifax	-35	Régina	0
Montréal	-10	Edmonton	25
Toronto	-5	Banff	75
Winnipeg	-5	Vancouver	50

Figure 8 : Différences entre les altitudes suivant le CGVD28 et suivant le cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde



7.4 *Soutien à la communauté des intervenants*

Dans l'ensemble, les intervenants sont d'accord avec les changements proposés. Les gouvernements provinciaux appuient l'initiative de modernisation du système altimétrique et incitent le gouvernement fédéral à utiliser tout son leadership national pour y arriver. Les

fournisseurs et les utilisateurs des données altimétriques du secteur privé, les universités ainsi que les milieux de la recherche sont également favorables à ce changement.

Toutefois, les municipalités sont plus réticentes. Alors qu'elles comprennent les raisons de l'abandon du cadre de référence altimétrique actuel, elles se disent préoccupées du fait que les changements des valeurs d'altitude puissent influencer la gestion de leurs données existantes – elles craignent que la conversion soit coûteuse, perturbatrice et puisse engendrer de la confusion. Elles exigent de plus amples informations avant de prendre une décision quant à son adoption.

Une importante démarche dans le cadre de la mise en œuvre d'un système de référence altimétrique moderne consistera à susciter la participation des municipalités au processus dans le but de minimiser les incidences négatives et de maximiser les avantages qu'elles peuvent en tirer.

7.5 Responsabilités

7.5.1 Gouvernement fédéral

En 1909, les Levés géodésiques du Canada ont été créés par décret avec le mandat de déterminer les positions (et altitudes) de points d'un bout à l'autre du Canada avec la plus grande exactitude possible. En 1984 et de nouveau en 1987, le Cabinet a confirmé le mandat de la Direction des levés et de la cartographie avec la responsabilité de⁸ :

« formuler et gérer des normes nationales pour les levés et la cartographie qui répondent aux besoins du Canada, refléter l'évolution de la technologie et contribuer à l'énoncé de normes et de pratiques reconnues au niveau international;

exécuter des levés et la cartographie du Canada, et diffuser, gérer et tenir à jour des bases de données nationales relatives à l'information topographique, géodésique et géographique... »

dans le but de :

« remettre en état et entretenir le réseau national de nivellement couvrant les zones peuplées, au cours du présent siècle, et en poursuivre l'extension nécessaire vers le nord au début du siècle prochain. »

La modernisation du SCRA est proposée afin d'atteindre l'objectif de gestion et d'extension d'une norme nationale pour la mesure de l'altitude qui puisse répondre aux besoins des canadiens, qui soit rentable, compatible avec les normes et les pratiques internationales reconnues et qui reflète les changements de la technologie.

Par l'entremise de sa Division des levés géodésiques de Ressources naturelles Canada, le gouvernement fédéral, participera comme suit à la modernisation du système altimétrique.

⁸ www.geod.nrcan.gc.ca/hm/app2_f.php

- Poursuivre la recherche scientifique avec les partenaires universitaires pour définir et recommander la surface gravitationnelle (géoïde) la plus appropriée à adopter comme cadre de référence altimétrique et effectuer sur le terrain des travaux additionnels de vérification et de gestion de ce modèle.
- Fournir et gérer le Réseau de base canadien et les Points de contrôle actif.
- Publier le modèle mathématique qui permettra la détermination de l'altitude par rapport au nouveau cadre de référence altimétrique en utilisant des technologies spatiales comme celle du GPS.
- Effectuer la transformation requise du réseau de nivellement de premier ordre existant de façon à calculer et propager les nouvelles altitudes.
- Fournir les outils de conversion et les lignes directrices nécessaires afin d'assurer que l'information recueillie suivant le cadre de référence altimétrique CGVD28 puisse être intégrée aux données suivant la nouvelle définition du cadre de référence altimétrique.
- Diffuser l'information sur les altitudes des repères altimétriques fédéraux suivant le nouveau cadre de référence altimétrique.
- Aider les provinces à faciliter la transition vers la nouvelle norme et son adoption par les utilisateurs en fournissant l'information et les outils pour les communications.
- Travailler de concert avec les industries des logiciels de SIG et de fabrication de récepteurs GPS afin d'assurer que les normes, les procédures et la documentation soient en place pour aider les utilisateurs à se servir du nouveau système de référence altimétrique.
- Adopter officiellement le nouveau système de référence altimétrique au moment opportun.
- Surveiller l'avancement de la mise en œuvre du nouveau Système canadien de référence altimétrique et effectuer au besoin les changements au processus.

7.5.2 *Ministères provinciaux et territoriaux responsables de la géomatique*

Chaque gouvernement provincial et territorial possède un ministère ou une agence qui est responsable des questions afférentes au système de référence spatiale sur son territoire de compétence, de la coordination de son implantation, de sa gestion et de son intégration au système national. Dans le passé, les provinces et les territoires n'ont pas participé de façon égale à l'établissement de repères altimétriques du système de référence altimétrique, mais aujourd'hui aucune province ou territoire ne continue à entretenir ou à étendre le réseau des repères.

Les provinces et les territoires participeront comme suit à la modernisation de l'altimétrie.

- Fournir et maintenir des réseaux de grande précision.

- Diriger des activités régionales de liaison avec les clients, incluant les communications, les consultations et l'encadrement.
- Effectuer les transformations requises des réseaux de nivellement provinciaux existants pour le calcul et la diffusion des nouvelles altitudes.
- Informer en continu le gouvernement fédéral des besoins des utilisateurs, de leur adaptation et des améliorations possibles.
- Envisager en temps opportun, l'adoption officielle du système de référence altimétrique sur leur territoire de compétence.
- Diffuser aux clients et aux intervenants l'information, les outils et les données permettant la détermination des altitudes suivant le nouveau cadre de référence altimétrique.
- Aider les municipalités et les autres intervenants provinciaux à faciliter la transition et l'adoption de la nouvelle norme.

7.5.3 Fournisseurs et utilisateurs d'information altimétrique

Il existe une différence considérable entre les responsabilités des fournisseurs et des utilisateurs d'information altimétrique, mais tous partagent un intérêt marqué pour un système de référence altimétrique qui soit exact, accessible et rentable. Toutes les organisations, qu'elles regroupent des fournisseurs ou des utilisateurs d'information altimétrique, ont la responsabilité d'investir dans la formation et les outils nécessaires pour s'adapter et tirer avantage des occasions offertes par des améliorations techniques, telle la modernisation du système de référence altimétrique.

Les fournisseurs et les utilisateurs d'information altimétrique participeront comme suit à la modernisation de l'altimétrie.

- S'informer des changements proposés et en évaluer les conséquences pour leurs activités.
- Investir dans la formation et la technologie requises pour la mise en œuvre de la nouvelle approche dans le cadre de leurs activités.

Les établissements d'enseignement fourniront du matériel didactique sur la détermination de l'altitude suivant une approche fondée sur le géoïde.

7.6 Avantages et inconvénients

La modernisation du Système canadien de référence altimétrique comporte des avantages et des inconvénients.

Les avantages sont les suivants.

- Coût sensiblement moindre de l'entretien du système de référence altimétrique.

- Coût moindre de la détermination de l'altitude particulièrement dans les régions éloignées et accidentées.
- Accessibilité au cadre de référence altimétrique partout dans les terres ou en mer sans avoir à accéder aux repères altimétriques.
- Compatibilité avec les approches spatiales modernes de mesure de l'altitude, comme avec le GPS par exemple.
- Meilleure compatibilité entre des jeux de données disparates, facilitant le partage et l'intégration des données.
- Amélioration de la précision.
- Compatibilité future avec les normes internationales en matière de mesure de l'altitude.

Les inconvénients sont les suivants.

- Coûts de formation et d'acquisition d'équipement nécessaire à la mise en œuvre d'une approche fondée sur un modèle du géoïde pour les mesures de l'altitude.
- Coûts de la création et de la gestion d'un géoïde exact et coûts de la communication des changements aux intervenants.
- Possibilité d'une conversion nécessaire de bases de données existantes au nouveau cadre de référence altimétrique.
- Possibilité de confusion entre l'ancien et le nouveau cadre de référence altimétrique, pouvant créer de la confusion et des erreurs.
- Possibilité de mise à jour nécessaire des documents juridiques et de la législation.

Naturellement, les avantages et les inconvénients n'auront pas la même incidence pour tous les intervenants. Donc, la décision de mettre en œuvre ou non le nouveau système de référence altimétrique incombera à chaque organisation.

7.7 Obstacles, risques et mesures d'atténuation

Le tableau 5 résume les obstacles, les risques et les mesures d'atténuation proposées lors des consultations avec les intervenants.

Tableau 5 : Obstacles, risques, mesures d'atténuation

Obstacles et risques	Mesures d'atténuation
<p>Dépendance à l'égard de la technologie satellite</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Des problèmes associés au GPS pourraient compromettre la disponibilité des données de positionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintenir au moins quelques importants repères altimétriques actuels et assurer la compatibilité avec d'autres systèmes mondiaux de géolocalisation et de navigation par satellites (GNSS) en plus du GPS.
<p>Malentendus et erreurs</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les changements mineurs entre l'ancien et le nouveau cadres de référence pourraient donner lieu à des erreurs et porter à confusion. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Créer une désignation du nouveau système de référence altimétrique permettant de le distinguer sans ambiguïté du système précédent. ▪ S'assurer que les utilisateurs de données sont parfaitement informés des changements et de leurs incidences. ▪ Fournir un réseau national de repères altimétriques indiquant les trois altitudes (ellipsoïdale, géoïdale, orthométrique).
<p>Gestion du nouveau cadre de référence altimétrique</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les intervenants sont préoccupés par le fait qu'il puisse être nécessaire de modifier souvent le cadre de référence altimétrique. ▪ La Terre est un système dynamique et le géoïde devra être modifié. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ «Réussir à la première tentative» et minimiser les changements à apporter au modèle du géoïde dans le futur. ▪ Élaborer des modèles géophysiques des différents processus qui modifient l'altitude dans toutes les régions de l'Amérique du Nord.
<p>Résistance au changement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les intervenants peuvent craindre l'incertitude et être réticents au changement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fournir les moyens de communication et le matériel de formation qui dissiperont l'incertitude et mettront en valeur les avantages de la nouvelle approche.
<p>Transformation des données existantes</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Quelques intervenants sont inquiets des coûts et des difficultés de transformation des données existantes dans le nouveau cadre de référence altimétrique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fournir la méthodologie et les outils nécessaires pour la transformation des données. ▪ Publier les anciennes et les nouvelles valeurs d'altitude des repères altimétriques fédéraux et provinciaux. ▪ Appuyer la poursuite de l'usage de l'ancien cadre de référence altimétrique.
<p>Coût de la mise en œuvre</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ de l'information, des outils et une diffusion des données seront essentiels pendant la période de transition. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fournir aux provinces et aux territoires l'aide nécessaire à la transition dans leur territoire de compétence.
<p>Gestion de la mise en œuvre</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Des intervenants pourraient ne pas appuyer le changement du cadre de référence altimétrique à moins qu'ils estiment avoir eu l'occasion de participer à sa mise en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La mise en œuvre devrait être dirigée par un conseil mixte d'organismes fédéraux et provinciaux (tel le COCG). D'autres intervenants comme les municipalités, les arpenteurs, les professionnels des ressources en eau devraient s'y joindre.

7.8 *Plan de mise en œuvre*

7.8.1 *Activités*

Afin de permettre une transition sans heurt au nouveau système, un nombre d'étapes devront être franchies.

Gouvernance

Un comité de travail, se rapportant au COCG⁹, sera mis sur pied et sera responsable de la mise en œuvre de la modernisation du système altimétrique canadien. Le comité sera maintenu jusqu'à ce que le gouvernement fédéral adopte officiellement le nouveau cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde; une période estimée à quatre années. Avec l'approbation du COGC, les membres de ce comité de travail seront ceux du comité directeur du présent plan stratégique (composé de représentants des gouvernements fédéral et provinciaux) ainsi que des représentants d'autres communautés d'intervenants, incluant des responsables de la gestion de l'eau, des représentants des administrations municipales, de l'industrie des levés ainsi que de la communauté de l'altimétrie aux États-Unis. Le comité de travail et le COCG devront travailler en étroite collaboration avec les sous-ministres de Ressources naturelles Canada et des ministères provinciaux et territoriaux au sujet de la transition et de l'adoption officielle du nouveau cadre de référence altimétrique par le gouvernement fédéral et peut-être par quelques gouvernements provinciaux. Le comité de travail devrait travailler en étroite collaboration avec les agences du gouvernement des É.-U. afin de s'assurer qu'elles soient informées des progrès accomplis au Canada ainsi que pour chercher des moyens d'élaborer des systèmes de référence compatibles entre les deux pays.

Élaboration et gestion du géoïde

Pour le Canada, un modèle exact du géoïde sera élaboré et géré. Le cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde demeurera stable pendant une période de temps prolongée (décennies),¹⁰ mais les corrections seront disponibles pour tenir compte des changements dus à la géodynamique. L'élaboration et la gestion du géoïde seront faites selon les normes internationales et en consultation avec d'autres organisations internationales de géodésie, en particulier aux États-Unis.

Le modèle du géoïde CGG2000¹¹ est établi à partir des résultats des missions satellites GRACE¹² et CHAMP¹³ et fournit des précisions de l'ordre de 5 à 15 cm. Bien que cela ne donne pas la

⁹ Le Conseil canadien de géomatique (COCG) est un groupe fédéral-provincial-territorial consacré à la mise sur pied de partenariats de géomatique et au partage d'information et de données. Le COCG se réunit deux fois par année et il élabore des domaines d'intérêt communs en ce qui regarde la politique en matière de géomatique au sein des agences fédérales, provinciales et territoriales.

¹⁰ Les utilisateurs du système de référence altimétrique ont exprimé leur désir que la redéfinition du géoïde soit faite le moins souvent possible dans le but d'éviter des perturbations de son utilisation.

¹¹ Le modèle gravimétrique canadien du géoïde (CGG2000)

précision attendue de 1 à 2 cm pour le nouveau cadre de référence altimétrique, le CGG2000 a confirmé la faisabilité de l'approche.

L'atteinte de la précision voulue pour un nouveau modèle du géoïde, dépendra du succès escompté de la mission satellite GOCE¹⁴. Les plans décrits ici sont basés sur le succès de cette mission. Si la mission devait échouer, le comité de travail devrait réévaluer la marche à suivre.

La vérification et la gestion du modèle du géoïde nécessiteront un programme permanent d'observation de la part de la Division des levés géodésiques afin de déterminer le temps opportun pour les compensations et les corrections.

Interaction avec les intervenants

Une interaction continue avec les intervenants est essentielle. Il a été uniformément signalé de manière persistante qu'une telle interaction sera absolument essentielle avant et pendant toute la période de transition si la crédibilité et la confiance à l'égard du système doivent être maintenues. L'interaction comprendra trois volets : communications, consultation et consignes.

Communications

Les communications avec les intervenants, les utilisateurs et les clients traiteront de la raison d'être du changement, du plan de mise en œuvre et de transition, des échéanciers, des outils et du matériel de formation.

Les supports de communication pourraient inclure un site Web, des communiqués, des brochures, des courriers électroniques, des publications et des annonces publicitaires.

Les messages de communication devraient traiter :

- de la nécessité du changement – dégradation et entretien, précision et déformations, compatibilité avec le SCRS;
- de l'approche basée sur le géoïde et de l'utilisation du GPS pour la mesure de l'altitude – théorie, procédures, techniques, normes, outils;
- des avantages et inconvénients de la nouvelle approche – économies dans la mesure de l'altitude, accessibilité, précision, compatibilité avec le GPS et les normes internationales, cohérence des ensembles de données, nouvel équipement, formation, conversion des données existantes, questions juridiques, confusion et erreurs.

¹² La *Gravity Recovery and Climate Experiment* (GRACE) est la seconde mission du programme de la NASA *Earth System Science Pathfinder* (ESSP). Lancés en mars 2002, les satellites GRACE permettront de dresser des cartes exactes des variations du champ gravitationnel de la Terre pendant la durée de cinq ans de la mission.

¹³ La *Challenging Mini-Satellite Payload* (CHAMP) est une mission satellite du *GeoForschungsZentrum Potsdam* (GFZ), le centre national de recherches géoscientifiques allemand. Une des missions de ce satellite a pour but l'acquisition à l'échelle planétaire des composantes de longues et de moyennes longueurs d'onde statiques et variables dans le temps du champ gravitationnel de la Terre d'après des analyses des perturbations de l'orbite.

¹⁴ La Mission d'étude du champ gravitationnel et des paramètres permanents de la circulation océanique (GOCE) est consacrée à la mesure du champ gravitationnel de la Terre et à la modélisation du géoïde avec une exactitude et une résolution spatiale extrêmement élevées. C'est la première mission d'exploration du noyau terrestre à être élaborée dans le cadre du Programme planète vivante de l'ASE. Son lancement est prévu en 2007.

- du plan de mise en œuvre – activités, rôles, échéancier.
- des options d'adoption - conversion des données ou archivage.
- des ressources – outils, information, directives, assistance, formation.
- de la rétroaction des intervenants sur les questions de la modernisation du système altimétrique.

Les communications et les campagnes de sensibilisation du public pourraient comprendre des présentations, des séminaires et des ateliers de travail d'un bout à l'autre du Canada avec du matériel adapté à des groupes particuliers d'intervenants. Autant que possible, les séances d'information profiteront des occasions offertes, telles les conférences et les rencontres de groupes d'utilisateurs.

GéoConnexions¹⁵ est une organisation fédérale très appréciée par les intervenants. Elle possède une vaste expérience en vulgarisation pour la communauté géomatique. Elle est bien placée pour faciliter les communications au sujet de la modernisation du système altimétrique.

Consultation

Le processus de consultation des intervenants a débuté, mais il doit se poursuivre tout au cours de la période de la mise en œuvre. Cependant, la consultation doit rejoindre davantage d'intervenants par des sondages et des ateliers de travail ayant pour objectif une meilleure compréhension des besoins d'information et d'assistance. En particulier, elle devra traiter des besoins et des inquiétudes des municipalités.

Consignes

De temps en temps, les fournisseurs de données et les utilisateurs pourront avoir besoin de consignes concernant les méthodes d'utilisation du nouveau système altimétrique et de vérification de la précision de leurs mesures d'altitude. Une «ligne d'assistance» accessible par téléphone, par courrier électronique et en direct concernant les questions reliées au nivellement et à la conversion des données pourrait s'avérer la solution.

Les industries des récepteurs GPS et des logiciels de SIG sont souvent la première source d'information pour les utilisateurs de données : par conséquent elles devraient être soutenues dans l'élaboration de publications, de manuels et de procédures afin de tirer le maximum d'avantages du nouveau système de référence altimétrique.

Mise au point des outils

Des lignes directrices claires, des paramètres de transformation ainsi que des outils seront fournis pour la conversion des données existantes au nouveau cadre de référence altimétrique.

¹⁵ GéoConnexions est un programme de partenariat national visant à élaborer et à étendre l'Infrastructure canadienne de données géospatiales (ICDG). L'ICDG fournit aux Canadiens et Canadiennes l'accès sur demande à l'information géographique (p. ex. cartes et images satellites) et des services connexes à valeur ajoutée à l'appui de décisions judicieuses. Voir www.geoconnections.org.

Des outils logiciels de conversion similaires au logiciel Transformation nationale (NTv2) seront fournis à l'appui de la conversion des ensembles de données existantes référencées au CGVD28. Les outils conviendront aux systèmes d'exploitation Windows et le code source sera disponible pour que les utilisateurs puissent compiler le logiciel sur d'autres systèmes d'exploitation (c'est-à-dire Macintosh, LINUX, UNIX). Des outils de conversion seront également disponibles en ligne.

Des outils logiciels seront également créés afin de déterminer la précision relative des points calculée d'après le nouveau modèle du géoïde.

Le comité de travail collaborera avec les producteurs de logiciel de SIG et de récepteurs GPS afin d'intégrer à ces produits des capacités et des normes pour les fichiers qui seront compatibles avec le nouveau système de référence altimétrique.

Formation

Les établissements réguliers d'enseignement de la géomatique, incluant les universités, les collèges communautaires et les CEGEPS assureront la majeure partie de la formation concernant les détails d'utilisation de la nouvelle approche fondée sur le modèle du géoïde pour la détermination de l'altitude. Ils seront aidés dans leurs activités par des procédures, des directives et des didacticiels en ligne élaborés par les gouvernements fédéral et provinciaux.

Élaboration et gestion de l'infrastructure

Le cœur de l'infrastructure sera composé des Stations de contrôle actif, du Réseau de base canadien et des Réseaux de grande précision provinciaux. Tous ces repères altimétriques fourniront des coordonnées 3D suivant l'ellipsoïde et le géoïde.

Des organisations possèdent ou planifient en outre l'installation de leurs propres stations. Les normes d'installation, d'exploitation et d'accès à de telles stations seront élaborées.

Afin de contrôler et de valider la précision d'un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde au Canada, la Division des levés géodésiques se doit d'installer à ses propres fins d'additionnelles stations GPS sur repères altimétriques dans les régions de grande inclinaison du géoïde et dans les régions où il n'existe présentement que très peu de points de canevas altimétrique et où les écarts entre les ondulations du géoïde établies par gravimétrie et par GPS/nivellement sont grands, comme c'est le cas dans les Rocheuses et au nord du Canada. L'espacement entre ces nouvelles stations devrait être déterminé à partir (i) des pentes du modèle national du géoïde finalement adopté comme nouveau cadre de référence altimétrique et (ii) des précisions absolues et relatives recherchées pour les altitudes suivant le nouveau cadre de référence altimétrique.

Les fabricants de récepteurs GPS seront incités et aidés à fournir dans leur nouvel équipement le nouveau modèle du géoïde. De la même manière, les développeurs de SIG seront incités et aidés à s'assurer que leurs logiciels soient compatibles avec le nouveau cadre de référence altimétrique.

Diffusion des données

Les transformations des cotes d'altitude des repères altimétriques fédéraux et provinciaux au nouveau cadre de référence altimétrique seront diffusées par des voies comme l'Internet. Au besoin, les provinces aideront les municipalités à adapter leurs réseaux au nouveau cadre de référence altimétrique. Un outil de conversion sera disponible pour aider les utilisateurs à transformer leurs données existantes (voir plus haut – Mise au point des outils).

Adoption officielle

Lorsque le nouveau géoïde sera disponible et que les autres mesures de mise en œuvre seront en place, le gouvernement fédéral adoptera officiellement le nouveau système de référence altimétrique par un décret, comme il l'a fait pour l'adoption du CGVD28 et du NAD83. Cette adoption n'interdira pas aux utilisateurs qui le désirent de continuer à utiliser le CGVD28. Les deux normes coexisteront aussi longtemps que nécessaire. Le processus d'élaboration du décret sera coordonné par le Ministre des Ressources naturelles et la Division des décrets du Bureau du Conseil privé.

L'adoption officielle par les provinces demeurera à leur propre discrétion. Dans plusieurs cas, cela ne sera pas nécessaire.

Surveillance

La progression de l'élaboration et de la mise en œuvre du nouveau système de référence altimétrique sera surveillée par l'élaboration et la mise en place d'un Cadre de gestion et de responsabilisation axé sur les résultats (CGRR). Ce travail est déjà en cours.

7.8.2 *Agenda*

L'adoption par le Canada d'un nouveau système de référence altimétrique pourrait s'effectuer aussi tôt qu'en 2010. Présentement, le lancement du nouveau modèle du géoïde est prévu pour 2008 afin de tirer avantage des plus récentes données des missions de gravimétrie par satellite. Deux années additionnelles seront requises pour confirmer la capacité de ce modèle du géoïde en tant que la base pour le nouveau système de référence altimétrique, pour finaliser la mise au point d'outils pour aider les utilisateurs à effectuer la transition et pour ajuster les altitudes des repères altimétriques existants au nouveau cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde.

La figure 6 montre l'échéancier de la modernisation du Système canadien de référence altimétrique.

Figure 6 : Échéancier

	2006	2007	2008	2009	2010	...	2030
Élaboration du géoïde							
Gestion du géoïde							
Communications avec les intervenants							
Adoption du nouveau cadre de référence							
Élaboration des outils							
Formation							
Soutien							
Élaboration de l'infrastructure							
Gestion de l'infrastructure							
Diffusion des données							
Période de transition							

Étapes déjà franchies

1994 – La DLG annonce son intention d’adopter la technologie spatiale pour la gestion et la livraison du SCRS. L’entretien physique du réseau de contrôle altimétrique diminue.

1999 – Un exposé de position sur le système de référence altimétrique au Canada a été présenté où le concept d’un système de référence altimétrique basé sur la gravimétrie a été introduit.

2001 – Le géoïde gravimétrique canadien 2000 (CGG2000) a été lancé confirmant la possibilité de la détermination de l’altitude par gravimétrie.

Échéances proposées

2008 – Lancement anticipé d’un nouveau modèle du géoïde pour le Canada.

2009 – Disponibilité anticipée d’un nouveau système de référence altimétrique et des outils facilitant la transition.

2010 – Adoption d’un nouveau système de référence altimétrique.

2010 à 2030 – Période de transition.

A. Références

Les références suivantes ont été identifiées et examinées.

A.1 Canada

A.1.1 Rapports

Véronneau, Marc (2005) *A Geoid Model as a Vertical Datum for Canada (/North America)*, (Atelier sur le géoïde, Banff Canada).

Véronneau, Marc (2005) *Un modèle gravimétrique du géoïde pour datum vertical au Canada*, (communication à l'ACSG).

Véronneau, Marc *Demystifying the Vertical Datum in Canada: A Case Study in the Mackenzie Delta*, (Rapport à la DLG - ébauche).

Rapport au Conseil canadien de géomatique (COCG) sur *la Modernisation du système de référence altimétrique du Canada* (Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG), 23 janvier 2004).

Système canadien de référence spatiale : Exposé de position du CCSRG sur la modernisation du Système canadien de référence altimétrique (Rapport du Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG) au COCG, octobre 2002).

Système canadien de référence spatiale *La modernisation du système de référence altimétrique du Canada* - Contexte et résumé des responsabilités suggérées (SST, RNCan).

Système canadien de référence spatiale *La modernisation du système de référence altimétrique du Canada* (SST, RNCan).

Système canadien de référence spatiale *La modernisation du système de référence altimétrique du Canada* - Mandat de la Direction des Levés et de la Cartographie en 1984 (confirmé par le Cabinet dans le 672-RD83, 11 janvier, 1984).

A.1.2 Exposés

Véronneau, Marc; Huang, Jianliang (2006) *A Numerical Investigation of Modification Methods of Stokes's Kernel Function UGC*, Banff, Alberta 8 au 11 mai.

Véronneau, Marc; Huang, Jianliang (2005) *Un modèle gravimétrique du géoïde pour datum vertical au Canada*, présenté à l'Association canadienne des sciences géomatiques, 15 juin, Ottawa.

Véronneau, Marc; Huang, Jianliang (2005) *Report on Progress of Canadian Geoid Development*, 9^e atelier sur le géoïde, Banff, Alberta, 11 mai.

Véronneau, Marc; Huang, Jianliang (2004) *Un modèle gravimétrique du géoïde pour datum vertical au Canada*, présenté à l'assemblée mixte le 21 mai, Montréal.

Véronneau, Marc; Huang, Jianliang (2004) *Report on Progress of the Canadian Geoid development*, 9^e atelier sur le géoïde, Montréal, Qc, 16 mai.

Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques (2005) *Height Systems*, présenté au CCSRG, Ottawa, 18 avril.

Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques (2005) *A Geoid Model as a Vertical Datum for Canada (North America)*, présenté au 9^e atelier sur le géoïde Banff, Alberta, 11 mai.

Ressources naturelles Canada (2003) *Development of a National Business Plan towards the Modernization of the Canadian Geodetic Vertical Datum (Stakeholder Consultation)*, présenté au au COCG.

Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques (2003) *Impacts of New CHAMP and GRACE Gravity Models on the Canadian Geoid Modelling*, présenté au 7^e atelier sur le géoïde, Calgary, Alberta, 15 et 16 mai.

Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques (2002) *Towards a new vertical datum for Canada*.

A.2 Nouvelle-Zélande

A.1.3 Rapports

Amos M, 2005: *New Zealand Vertical Datum 2004/505 Milestone 6b Completion Report*, Office of the Surveyor General.

Amos, M.J. et Featherstone, W.E. (2003) *Progress Towards a Gravimetric Geoid for New Zealand and a Single National Vertical Datum*, Gravity and Geoid 2002; Proceedings of the 3rd

Meeting of the International Gravity and Geoid Commission, Thessalonique, Grèce, août, p. 395 à 400.

Blick, Graeme; Amos, Matt; Grant, Don (2001) *Preferred Option for Development of a National Vertical Reference System*, OSG Technical Report 16, Office of the Surveyor-General, June 1.

Gilliland J.R., 1987: *A Review of the Leveling Networks of New Zealand*, The New Zealand Surveyor, 271, 7–15.

Gilliland J.R., 1990: *A Gravimetric Geoid for the New Zealand Region*, The New Zealand Surveyor, 276, 591-595.

Hannah John (2001) *An Assessment Of New Zealand's Height Systems and Options for a Future Height Datum*, Department of Surveying, University of Otago, Dunedin; prepared for the Surveyor General, Land Information New Zealand, janvier.

Hoogsteden, Christopher; Hannah, John (1999) *Of Capital Importance: Assessing the Value of the New Zealand Geodetic System*, Department of Surveying, University of Otago, Dunedin; prepared for Land Information New Zealand, 31 mars.

Land Information New Zealand (2003) *LINZ Geodetic Strategy 2003-2008*, avril.

Land Information New Zealand, 2002: *Vertical Datum Charter v1.1*. GEO-P8-00-01, Wellington, Nouvelle-Zélande.

Pearse, Merrin (2001) *A Proposal for Vertical Datum Development in New Zealand*, OSG Technical Report 10, Office of the Surveyor-General, 8 février.

A.3 États-Unis

A.1.4 Rapports

Burkholder, Earl F. (2002) *Elevations and the Global Spatial Data Model (GSDM)* Institute of Navigation 58th Annual Meeting June 24-26, Nouveau-Mexique.

Kumar, Muneendra (2005) *When Ellipsoidal Heights will do the Job: Why look Elsewhere!* Surveying and Land Information Science, vol. 65, n° 2, juin.

Meyer, Thomas H.; Roman, Daniel R.; Zilkoski, David B. (2004) *What does height really mean? Part I: Introduction*, Surveying and Land Information Science, vol. 64, n° 4.

Meyer, Thomas H.; Roman, Daniel R.; Zilkoski, David B. (2005) *What does height really mean? Part II: Physics and Gravity*, Surveying and Land Information Science, vol. 65, n° 1 mars.

A.4 International

A.1.5 Rapports

Makinen, Jaakko (2004) *Some remarks and proposals on the re-definition of the EVRS and EVRF*, Institut de géodésie de Finlande, Massala, Finlande.

B. Consultation

Liste des organisations consultées

Organisation	Secteur	Domaine
Université de Calgary	Universitaire	Recherche
Université du Nouveau-Brunswick	Universitaire	Recherche
Université Laval	Universitaire	Recherche
Administration du rétablissement agricole des Prairies	Fédéral	Agriculture
NAVCANADA	Fédéral	Transport
Ministère des transports	Fédéral	Transport
Administration portuaire de Saint-Jean	Fédéral	Transport
EC-INRE	Fédéral	Eaux
Réseau hydrographique national	Fédéral	Eaux
Division des relevés hydrologiques du Canada	Fédéral	Eaux
Institut océanographique de Bedford	Fédéral	Recherche
RNCan – Centre géoscientifique du Pacifique	Fédéral	Recherche
Canadian Association of Geophysical Contractors	Entreprise de géomatique	Géomatique
LiDAR Services International	Entreprise de géomatique	Géomatique
NovAtel	Entreprise de géomatique	Géomatique
Nautical Data International	Entreprise de géomatique	Géomatique
Alberta Geomatics Group	Entreprise de géomatique	Géomatique
Conseil canadien des arpenteurs-géomètres	Entreprise de géomatique	Arpentage
J.D. Barnes	Entreprise de géomatique	Arpentage
Yukon Engineering Services	Entreprise de géomatique	Arpentage
McElhanney Consulting Services Ltd.	Entreprise de géomatique	Arpentage
Universität Hannover	International	Recherche
Commission de la frontière internationale	International	Géomatique
National Geospatial Intelligence Agency	International	Géomatique
National Geodetic Survey	International	Géomatique
Land Information New Zealand	International	Géomatique
Commission mixte internationale	International	Eaux
City of Toronto Survey & Mapping Services	Municipal	Urbain
City of Vancouver Engineering Services	Municipal	Urbain
Ville de Montréal	Municipal	Urbain
Emergency Measures Organization Nova Scotia	Provincial	Urgence

Développement durable de l'Environnement et des Parcs	Provincial	Environnement
Gestion des ressources hydriques Manitoba	Provincial	Eaux
Ministère des Transports de l'Ontario	Provincial	Transports
BC Base Mapping and Geomatics Services	Provincial	Géomatique
NL Government Services and Lands	Provincial	Géomatique
Information géographique Ontario	Provincial	Géomatique
Information Services Corporation of Saskatchewan	Provincial	Géomatique
Territoires du Nord-Ouest	Provincial	Géomatique
EPCOR	Entreprise	Urbain
Aliant Telecom Inc.	Entreprise	Communications
Talisman Energy Inc. and	Entreprise	Énergie
Association canadienne des producteurs pétroliers	Entreprise	Énergie
Association canadienne des pipelines de ressources énergétiques	Entreprise	Énergie
Hydro-Québec	Entreprise	Énergie
Hydro Manitoba	Entreprise	Énergie
Canards illimités	Entreprise	Environnement
F.E.R.I.C.	Entreprise	Foresterie
Bureau d'assurance du Canada	Entreprise	Assurance
INCO Limitée	Entreprise	Mines

**Système canadien de référence spatiale
Modernisation de l'altimétrie au Canada
Guide d'entrevue**

INTRODUCTION

Le Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28) ne répond pas aux besoins nationaux contemporains en matière de précision. En outre, l'entretien et l'expansion par nivellement du réseau altimétrique sont trop coûteux, chronophages et laborieux. Une nouvelle compensation du réseau altimétrique, similaire au projet NAVD88, ne constituerait qu'une solution temporaire qui, bien qu'offrant une plus grande précision que le CGVD28, ne solutionnerait pas les problèmes de la couverture restreinte et des coûts de l'entretien. La seule solution de remplacement viable à long terme au Canada pour la matérialisation d'un cadre de référence altimétrique est l'utilisation d'un modèle du géoïde. Il permettrait la définition d'un cadre de référence altimétrique en rapport avec un ellipsoïde, ce qui le rendrait compatible avec les technologies du positionnement basées sur l'utilisation de l'espace (p. ex. GPS et altimétrie radar par satellites). Il offrirait un accès facile aux altitudes au dessus du niveau moyen de la mer sur la totalité du territoire canadien. L'actuel réseau de nivellement de premier ordre ferait l'objet d'une nouvelle compensation utilisant comme contraintes les altitudes au-dessus de l'ellipsoïde et les ondulations du géoïde en des stations choisies du RBC réparties d'un bout à l'autre du Canada. Le nouveau cadre de référence altimétrique entraînerait des modifications de l'altitude variant entre 0 et 1 mètre sur l'ensemble du Canada. Cependant, localement la précision des différences d'altitude resterait de l'ordre de quelques centimètres ou serait améliorée. Le CGVD28 continuerait de coexister aussi longtemps que nécessaire avec le nouveau cadre de référence altimétrique, mais il disparaîtrait éventuellement, principalement en raison de la détérioration en fonction du temps et de la destruction de la plupart des repères altimétriques.

L'adoption d'un nouveau système de référence altimétrique pour le Canada pourrait être se faire dès 2009.

L'élaboration d'un plan de mise en œuvre est présentement en cours, il permettra :

- L'identification des incidences socio-économiques
- L'identification des implications juridiques
- L'identification des risques et des obstacles ainsi que la formulation de recommandations visant leur atténuation
- L'élaboration d'une stratégie de communications et de transition

PROCESSUS

Les services de Hickling Arthurs Low (HAL) Corporation ont été retenus par Ressources naturelles Canada pour la préparation d'un plan stratégique de mise en œuvre et de gestion du nouveau Système canadien de référence altimétrique modernisé (SCRA).

Ce processus de consultation aura pour but d'obtenir des commentaires d'un échantillon représentatif d'intervenants pour lesquels le SCRA modernisé peut avoir des répercussions.

VOS COMMENTAIRES SONT PLUS QUE BIENVENUS. VOS POINTS DE VUE SONT IMPORTANTS POUR L'ÉLABORATION D'UN PLAN DE MISE EN OEUVRE.

Veuillez préparer des réponses aux questions suivantes. On communiquera avec vous par téléphone pour une entrevue le _____ à _____.

QUESTIONS

1. Au sein de votre organisation, quels sont les rapports et les activités qui dépendent de l'information altimétrique et en particulier du Système canadien de référence altimétrique?
2. Quelles sont les précisions requises par votre organisation dans le cadre de son travail et de ses activités? Les précisions devraient être abordées en termes absolus et relatifs.
3. Au sein de votre organisation quelles seront les incidences à court et long termes de ne pas maintenir au Canada un cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement en supposant que la plupart des repères altimétriques dégradés ne seront pas remplacés?
4. Pour votre organisation (et ses clients), quels seront les avantages et les inconvénients de l'adoption d'un modèle gravimétrique national du géoïde comme cadre de référence altimétrique pour l'altitude? En particulier, qu'en sera-t-il des coûts?
5. Quelles seraient pour les utilisateurs les incidences de changements pouvant atteindre 1 mètre de l'altitude des repères altimétriques?

6. Quelles seront, le cas échéant, les implications juridiques sur les fonds de données dans votre territoire de compétence (permis officiels et grèvements basés sur les altitudes du sol) du changement du cadre de référence altimétrique pour l'altitude?
7. Au sein de votre organisation, quelles sont les incidences transfrontalières des différences entre les cadres de référence, en particulier en ce qui regarde le USNGS et la planification à long terme de la Commission mixte internationale touchant respectivement le NAVD88 et SRIGL 1985?
8. Au sein de votre organisation, quels pourraient-êtré les besoins lors de la transition au système altimétrique modernisé en termes d'outils scientifiques, d'applications logicielles, de communications et de formation?
9. Quels sont les risques et les obstacles de la modernisation du système altimétrique et les approches d'atténuation possibles?
10. Avez-vous d'autres commentaires?

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

C. Résultats de la consultation par question

Les résultats qui suivent sont présentés selon la structure du guide d'entrevue. Dans le but de les résumer, les intervenants ont été répartis en sept groupes, les fournisseurs de données, les utilisateurs de données, les gouvernements provinciaux et territoriaux, les administrations municipales, les universités et l'international. Une attention particulière a été accordée aux utilisateurs de données dans le domaine de la gestion de l'eau en raison de leurs besoins particuliers en matière de précision sur de grandes étendues.

C.1 Applications et activités

Au sein de votre organisation, quels sont les rapports et les activités qui dépendent de l'information altimétrique et en particulier du Système canadien de référence altimétrique?

Les personnes interrogées et les répondants ont fait part de tout un éventail d'applications et d'activités relevant de l'information altimétrique bien qu'ils ne sachent pas toujours quelle portion du Système canadien de référence altimétrique (SCRA) est utilisée puisqu'il existe une multitude de sous-systèmes de référence altimétriques (provinciaux, régionaux, municipaux et d'usage déterminé). Les utilisateurs ne savent pas toujours quel système ils utilisent.

Dans chaque province un ministère ou une agence est responsable de la création, de la gestion et de l'entretien du système de référence géo-spatial. Ressources naturelles Canada (RNCCan) a les mêmes responsabilités en ce qui a trait aux Territoires. Les systèmes provinciaux sont rattachés au système national qui est géré par NRCCan.

Puisque l'infrastructure municipale comme les rues, l'aqueduc, les égouts, le drainage, les services publics etc., utilise abondamment l'information altimétrique, les administrations municipales utilisent fréquemment un système de référence local qui est rattaché au système provincial. Les utilisateurs de ces systèmes municipaux sont évidemment inquiets quant aux altitudes relatives locales et ne le sont nullement quant au système national.

Hormis l'infrastructure municipale, les principales applications des données altimétriques sont : l'infrastructure des transports et des services comme les routes, les ponts, les barrages, les

pylônes de lignes électriques et les pipelines; la gestion des bassins versants et des catastrophes; la production des ressources naturelles comme la foresterie, l'exploitation minière, l'industrie du pétrole et du gaz naturel ainsi que la cartographie. Pour la plupart de ces applications on utilisera le système altimétrique le plus satisfaisant et dans ces secteurs on s'inquiète principalement des altitudes relatives locales. Il est des plus vraisemblables que l'aménagement des bassins versants exigera la précision absolue sur de grandes régions qu'offre le système national.

En gestion des bassins versants on utilise principalement l'altitude pour la détermination de l'écoulement de l'eau à diverses fins. Par exemple, la Division des relevés hydrologiques du Canada, du ministère de l'Environnement, exploite et surveille près de 2 800 stations hydrométriques d'un bout à l'autre du Canada dont 10 % sont rattachées au Système canadien de référence altimétrique. Dans les Prairies, Canards Illimités exploite et surveille des ouvrages de régulation des eaux en près de 12 000 emplacements dont 30% sont rattachés au SCRA et les autres à d'autres systèmes. Les utilisateurs englobent des modélisateurs qui interpolent des séries chronologiques de données pour la surveillance des écoulements, par exemple, sur la Voie maritime du Saint-Laurent ou dans le bassin de la rivière Rouge, ou pour l'identification et la surveillance des plaines inondables et des régions à risque. Présentement au Canada, il y a 280 régions habitées qui sont à risque d'inondation.

Les chercheurs se penchent souvent sur l'altitude et le débit des glaciers de la même façon que celui de l'eau. Les différences d'altitude de points éloignés de jusqu'à 50 km peuvent susciter de l'intérêt.

Les universités utilisent le SCRA à des fins de recherches et d'enseignement dans des domaines comprenant les changements du niveau de la mer, les mouvements de la croûte terrestre, l'arpentage de précision, la navigation, la cartographie, l'océanographie et de recherches appliquées dans le domaine du génie.

Sur le plan international, les utilisations les plus importantes demeurent la gestion des bassins versants. Par exemple, dans la région des Grands Lacs un cadre de référence altimétrique commun indépendant, soit le Système de référence international des Grands Lacs (SRIGL), est géré par un comité Canada-É.U. (Commission mixte internationale) et utilisé par un certain nombre d'agences fédérales, provinciales et de gouvernements d'États, par des organismes privés (c.-à-d. des producteurs d'énergie hydroélectrique et des sociétés de transport maritime et de construction) et par le public pour la gestion des ressources en eau et la planification.

Hors de la région des Grands Lacs, il n'existe pas de système de référence altimétrique commun au Canada et aux États-Unis. Les agences américaines sont inondées de demandes (tant canadiennes qu'américaines) de conversions d'un système à l'autre afin de faciliter des utilisations transfrontalières scientifiques, commerciales et autres et ces agences sont par conséquent très intéressées par toute modification du système canadien.

Hormis les É.-U., il y a également des activités reliées aux normes en géodésie au niveau international. Elles occupent une place plus importante depuis l'utilisation accrue du GPS et de la nécessité d'intégrer des ensembles de données à des fins de surveillance planétaire. Par exemple, il est essentiel que l'information altimétrique soit harmonisée entre les pays pour usage dans des modèles planétaires du champ gravitationnel (géopotential).

C.2 *Exigences en matière de précision*

Quelles sont les précisions requises par votre organisation dans le cadre de son travail et de ses activités? Les précisions devraient être abordées en termes absolus et relatifs.

En ce qui regarde la précision, la méthodologie et la terminologie utilisées diffèrent entre le GPS et les mesures dérivées du nivellement. Dans l'approche du nivellement, la précision relative est plus ou moins constante mais la précision absolue décroît à mesure que s'étend le système de référence altimétrique. Avec le GPS, la précision relative et la précision absolue sont plus ou moins les mêmes puisque les lectures d'altitude ne sont pas propagées d'un repère altimétrique au suivant. De façon générale, la précision relative obtenue par nivellement est actuellement meilleure que celle obtenue par GPS alors que la précision absolue du GPS semble être meilleure que celle obtenue par nivellement.

La plupart des utilisateurs se préoccupent d'exactitude relative en ce qui concerne les réseaux locaux. Seuls ceux qui implantent des réseaux de contrôle précis couvrant de grandes étendues (comme certains bassins hydrographiques) peuvent avoir à se préoccuper d'exactitude absolue afin d'assurer une grande exactitude relative sur de grandes superficies. Par exemple, les Relevés hydrologiques souhaitent qu'éventuellement tous les repères altimétriques réfèrent au SCRA. Cependant, même dans cette situation, puisque la raison principale consiste en la surveillance de l'écoulement de l'eau, les changements locaux de l'altitude de l'eau soulèvent le plus grand intérêt. Là où il existe un besoin de d'exactitude relative sur de grandes étendues, des techniques comme celles du Lidar et de l'interférométrie par radar à synthèse d'ouverture (INSAR) peuvent être utilisées plutôt que l'approche du nivellement.

Cependant, la précision absolue devient importante lors de la combinaison d'information provenant de différents jeux de données – une pratique qui se généralise alors que l'information de différents systèmes d'information géographique (SIG) est partagée par des utilisateurs et intégrée. Par exemple, les utilisateurs qui intègrent des données des Relevés hydrologiques ont rapporté des circonstances où l'eau «coule vers le haut» lorsque les altitudes sont référencées au SCRA.

Un groupe choisi de chercheurs étudiant la déformation géophysique requiert une exactitude absolue au mm près, mais il utilise un cadre de référence global plutôt que le SCRA.

Pour toutes les personnes interrogées, les besoins en matière de précision relative varient selon les intervenants et l'utilisation; la précision nécessaire varie de millimétrique à infra-métrique, la majorité des utilisateurs exigeant une exactitude centimétrique. Le tableau suivant fournit des exemples pour différentes applications.

Exigences de précision par application

Application	exactitudes relatives mentionnées
Ponts et barrages	Millimètre
Recherche	Millimètre
Construction	Centimètre
Levés officiels	Centimètre
Municipales	Centimètre
Gestion de l'eau	Centimètre
Pétrole et gaz naturel	Décimètre
Ports	Décimètre
Cartographie	Mètre

C.3 Incidences du maintien d'un cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement

Au sein de votre organisation quelles seront les incidences à court et long termes de ne pas maintenir au Canada un cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement en supposant que la plupart des repères altimétriques dégradés ne seront pas remplacés?

Cette question peut être abordée de deux points de vue : les effets d'une dégradation générale de tous les repères altimétriques et les effets particuliers pour les repères altimétriques entretenus par le gouvernement fédéral. Puisque la plupart des répondants ne savent pas nécessairement quels repères ils utilisent (par exemple, ceux du fédéral, du provincial ou du municipal) ils ont en général répondu à cette question en termes de dégradation générale de tous les repères altimétriques. Dans le contexte de cette étude, il n'y a seulement que la réduction du nombre des repères altimétriques de RNCAN qui est évoquée – les autres réseaux pourront encore être entretenus par d'autres agences, et en fait, davantage d'administrations municipales implantent leurs propres réseaux. Cependant, à l'avenir, toutes les agences envisageront probablement aussi de réduire le nombre de leurs repères altimétriques.

Les intervenants des niveaux provincial et municipal ont exprimé la plus grande inquiétude quant à l'abandon des repères altimétriques par le gouvernement fédéral. C'est particulièrement vrai en milieu urbain où les repères altimétriques sont essentiels puisque souvent le GPS ne fonctionne pas bien dans les canyons urbains. La majorité des intervenants a exprimé l'opinion qu'un nombre minimum de repères altimétriques devraient être maintenus pendant quelque temps afin d'assurer l'utilité des données altimétriques existantes.

Les gouvernements provinciaux et les administrations municipales affirment qu'ils ont déjà ressentis les effets de la négligence de l'entretien des repères altimétriques. Ces niveaux de gouvernement, aussi bien que quelques intervenants responsables de la gestion des bassins hydrographiques ont le sentiment que l'effet à long terme de la réduction du nombre de repères

altimétriques fédéraux sera de les amener à un plus grande dépendance à l'égard de leurs propres réseaux et à un coût plus élevé pour leurs organisations.

Les entreprises d'arpentage plus importantes ne considèrent pas qu'elles subiront d'effets d'une réduction du nombre des repères altimétriques permanents. Elles utilisent déjà intensivement les méthodes GPS et ont tendance à gérer leurs propres systèmes de contrôle actif basés sur le système de référence des RGP. Cependant, elles considèrent qu'il est nécessaire de maintenir un certain nombre de repères altimétriques rattachés à l'ancien système pour des raisons de continuité d'utilisation des données existantes. Il a été remarqué, que les entreprises de moindre envergure souffriront davantage de la dégradation des repères altimétriques puisqu'elles devront améliorer leur équipement et leur compétence.

Les chercheurs ont rapporté qu'il y aurait une incidence minimale compte tenu du fait qu'ils disposent de l'équipement nécessaire pour implanter leurs propres repères altimétriques statiques. Les présentes méthodologies ne dépendent pas des repères altimétriques du SCRA.

Les intervenants internationaux ont signalé que les efforts de nivellement ont diminué également aux É.-U. Leur plus grande inquiétude vient du fait que pour les régions d'intérêt commun (p. ex. les Grands Lacs), la décision de l'adoption d'une méthode basée sur le GPS ne devrait pas être prise de façon unilatérale.

Les universités ont fait savoir que la disparition du cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement ne leur causerait pas de problème puisqu'elles ont la capacité de s'adapter au nouveau système.

C.4 Avantages et inconvénients

Pour votre organisation (et ses clients), quels seront les avantages et les inconvénients de l'adoption d'un modèle gravimétrique national du géoïde comme cadre de référence altimétrique pour l'altitude? En particulier, qu'en sera-t-il des coûts?

La majorité des organisations qui ont répondu sont de l'avis que les avantages du modèle basé sur le géoïde l'emportent sur les inconvénients, à l'exception des administrations municipales qui s'inquiètent des coûts, de la conversion et de la confusion qui peuvent résulter du passage au modèle fondé sur le géoïde. Tous les intervenants ont fait part de leur inquiétude quant à la confusion et aux erreurs possibles.

Quelques intervenants provinciaux, municipaux et des responsables de bassins hydrographiques ont affirmé que l'incidence des coûts serait importante si leurs bases de données comportant une composante altimétrique devaient être modifiées – il n'est cependant pas évident que cela serait en fait nécessaire (voir plus bas «Incidences du changement des altitudes»). Ils ont également mentionné les coûts d'acquisition de la technologie GPS, de la formation ainsi que la difficulté de capter les signaux GPS en milieu urbain.

Les intervenants qui possèdent de bases de données de SIG modernes s'inquiètent dans une moindre mesure de la conversion des données. Ils sont de l'avis que si une transformation adéquate leur est fournie ils seront en mesure de mettre à jour leur base de données à un coût minimal.

L'avantage le plus couramment signalé, pratiquement par toutes les personnes interrogées, est que l'utilisation d'un cadre de référence altimétrique homogène et précis présentant un minimum de déformations et assurant la continuité d'un bout à l'autre du pays pourrait améliorer leur capacité de partager et d'intégrer leurs données.

Quelques intervenants profiteraient en outre d'une réduction des coûts de l'établissement des altitudes en des lieux de travail éloignés, où les repères altimétriques ne sont pas disponibles, ou à des endroits où la nature du terrain rend le nivellement difficile. Plusieurs intervenants font déjà une intense utilisation du GPS et il leur plairait de disposer d'un cadre de référence altimétrique convenant mieux à cette approche.

C.5 Incidences du changement des altitudes

Quelles seraient pour les utilisateurs les incidences de changements pouvant atteindre 1 mètre de l'altitude des repères altimétriques?

Fréquemment, les intervenants ont exprimé leur inquiétude quant aux changements des altitudes qui pourraient mener à des malentendus et à des erreurs. En réalité, ils avaient le sentiment que la probabilité d'erreurs attribuables à des valeurs confuses suivant différents cadres de référence serait plus élevée pour de petits changements d'altitude. La suggestion a été faite que les nouvelles altitudes devraient de quelque façon être indiquées différemment pour pouvoir identifier clairement le cadre de référence altimétrique suivant lequel elles sont établies.

Quelques intervenants sont inquiets, en particulier au niveau municipal, du fait que leurs bases de données existantes devront être converties au nouveau cadre de référence altimétrique et cela à un coût considérable. Cependant, il n'est pas certain que cela sera réellement nécessaire. Présentement, plusieurs municipalités possèdent leurs propres réseaux qui sont rattachés au SCRA tout en étant indépendants. Un changement du SCRA ne nécessiterait pas un changement du réseau municipal – seul un changement de la conversion est requis lors du passage de l'un à l'autre. En de tels cas, il n'existerait aucun besoin de changer le cadre de référence altimétrique municipal ou les données existantes.

Les entreprises d'arpentage pensent que des changements absolus pouvant atteindre jusqu'à 1 mètre auraient peu de conséquences pour leurs clients en autant que les altitudes relatives soient maintenues et que les différences entre le nouveau et l'ancien cadres de référence soient documentées et publicisées.

Dans une minorité de cas, lorsque les altitudes pour la surveillance des bassins hydrographiques sont rattachées au SCRA, un nouvel étalonnage de certains modèles d'écoulement pourra s'avérer nécessaire.

Les universités estiment qu'il n'y aura pas de conséquence majeure mais seulement une incidence mineure pour les utilisateurs nécessitant de l'information très précise de nivellement. Elles remarquent que de tels effets peuvent être minimisés ou éliminés en fournissant aux utilisateurs les modèles de transformations adéquats entre l'ancien et le nouveau cadres de référence.

Les fournisseurs et les utilisateurs de données géomatiques considèrent qu'il y aura peu d'incidences attribuables aux changements d'altitude absolue sauf pour les applications traitant de la gestion du risque ou des désastres (inondations). Comme pour les municipalités, ils soulignent qu'il y a des possibilités d'erreur accrues lorsqu'il existe deux ou plusieurs cadres de référence. Ils croient que les effets de changements des altitudes peuvent être atténués en fournissant des modèles de transformation entre l'ancien et le nouveau cadres de référence et par la publication des valeurs historiques avec les nouvelles valeurs

Les intervenants au plan international considèrent qu'il y aurait un léger effet négatif qui pourrait être atténué par la communication d'une information suffisante. Il y aurait même des effets positifs en termes de compatibilité transfrontalière au moment où les É.-U. adopteront un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde.

C.6 *Implications juridiques*

Quelles seront, le cas échéant, les implications juridiques sur les jeux de données dans votre territoire de compétence (permis officiels et grèvements basés sur les altitudes du sol) du changement du cadre de référence altimétrique pour l'altitude?

Bien qu'il y ait de nombreuses applications dans lesquelles les altitudes ont des implications juridiques – comme la délimitation des zones inondables et le tracé de la ligne de hautes eaux, la réglementation afférente au niveau des réservoirs, la réglementation afférente à l'altitude des édifices et les levés de l'espace aérien – la plupart des intervenants ont estimé qu'il n'y aurait que des répercussions juridiques minimales attribuables au changement du cadre de référence altimétrique.

Un changement de l'altitude dû au cadre de référence altimétrique ne devrait pas engendrer d'importants problèmes juridiques dans la mesure où il existera une transformation officielle de l'ancien au nouveau système. Il peut s'avérer prudent de réviser et de modifier le libellé des documents juridiques mais dans la mesure où le cadre de référence altimétrique utilisé au moment de la rédaction d'un accord est clairement identifié, les conversions appropriées peuvent être effectuées. Quelques inquiétudes ont été évoquées au sujet de certains cas où les parties préféreraient que l'altitude ne soit pas utilisée comme prétexte pour la réouverture d'accords existants lorsqu'il existe d'autres questions litigieuses qu'il serait douloureux et coûteux de prendre en considération.

Bien que les implications juridiques ne devraient pas poser de problème pour les professionnels, elles pourraient s'avérer déconcertantes pour le profane. Le plus grand risque juridique est

qu'une erreur involontaire de confusion des deux systèmes engendre une situation de responsabilité.

C.7 Incidences transfrontalières

Au sein de votre organisation, quelles sont les incidences transfrontalières des différences entre les cadres de référence, en particulier en ce qui regarde le US NGS et la planification à long terme de la Commission mixte internationale touchant respectivement le NAVD88 et SRIGL 1985?

Les intervenants au niveau international ont signalé qu'il existe déjà une différence importante entre le cadre de référence altimétrique CGBV28 et le NAVD88 utilisé aux É.-U., et qu'ainsi les É.-U. ont un intérêt marqué pour la définition d'un modèle du géoïde commun (et ainsi du cadre de référence altimétrique). On s'attend à ce qu'il puisse être nécessaire de remplacer le SRIGL 1985 par un cadre de référence altimétrique entièrement nouveau pour les Grands Lacs afin d'apporter les corrections de l'altitude qui résultent des mouvements de la croûte terrestre survenus depuis 1985. La nécessité d'un SRIGL existera que le Système canadien de référence altimétrique soit modifié ou non.

Les administrations municipales et les gouvernements provinciaux considèrent que les incidences transfrontalières seront minimales puisque actuellement les deux pays utilisent des cadres de référence différents. Lorsque ce sera nécessaire, des comités mixtes résoudront ces problèmes en utilisant habituellement le cadre de référence altimétrique en vigueur dans l'un des deux pays. Les universités considèrent également que cela n'aura que des incidences minimales pourvu que les bases de données soient maintenues. Les intervenants des secteurs de la gestion de l'eau et de l'énergie hydroélectrique considèrent aussi que les incidences seront minimales pourvu que les cadres de référence utilisés soient clairement communiqués et documentés.

C.8 Exigences de la transition

Au sein de votre organisation, quels pourraient-êtré les besoins lors de la transition au système altimétrique modernisé en termes d'outils scientifiques, d'applications logicielles, de communications et de formation?

De manière uniforme et persistante, les communications avant et pendant toute la transition ont été qualifiées de critiques pour garantir la crédibilité du système et la confiance qui lui sera accordée. Les activités ci-après ont été suggérées.

- Création d'une stratégie de communication pour informer les intervenants, les utilisateurs et les clients. Celle-ci devrait inclure la raison du changement, un plan de mise en œuvre et de transition, des échéanciers, des outils et de la documentation pour des exposés.
- Communications et rencontres de vulgarisation comme des séminaires éducatifs, des ateliers de travail, des occasions de formation partout au Canada au sujet du nouveau cadre de

référence altimétrique, avec de la documentation ciblant des groupes particuliers d'intervenants.

- Prestation de lignes directrices claires, de paramètres de transformation et d'outils de conversion des données existantes au nouveau cadre de référence altimétrique. Des outils de conversion similaires à la Transformation nationale (NTv2) devraient être fournis pour les différentes plates-formes informatiques (LINUX, UNIX, CAD, PL/SQL pour les applications utilisant des bases de données spatiales Oracle).
- Implantation d'un nombre suffisant de stations de contrôle actif, incluant des consultations avec ces organisations qui possèdent, ou qui projettent d'implanter, leurs propres stations. Les normes d'installation, d'exploitation et d'accès aux stations doivent également être définies.
- Publication des valeurs des altitudes des repères altimétriques fédéraux et provinciaux suivant l'ancien et le nouveau cadres de référence.

Les intervenants provinciaux ont affirmé qu'ils sont inquiets de la difficulté de convaincre leurs intervenants, leurs clients et leurs utilisateurs à adopter le nouveau cadre de référence altimétrique et qu'il leur faudra un appui, incluant du matériel didactique et promotionnel, pour les persuader. Ils ont en particulier signalé les incidences possibles en termes de coûts pour les municipalités, les gestionnaires de l'eau et les intervenants du secteur de l'énergie hydroélectrique de la transformation des repères altimétriques au nouveau cadre de référence altimétrique, du changement des calculs de débit et des lignes directrices d'exploitation des ouvrages ainsi que de la modification des modèles.

Les intervenants provinciaux estiment que des fonds supplémentaires seraient nécessaires pour faciliter la transition – particulièrement en ce qui a trait aux levés de nivellement additionnels nécessaires pour résoudre les problèmes historiques toujours existants et pour des stations stratégiques aussi bien que pour couvrir l'augmentation des coûts en nouvel équipement, en entretien et en formation ainsi qu'en obligations accrues résultant de la complexité du système modernisé.

Les provinces estiment qu'il est important que le projet de transition soit dirigé par un conseil mixte d'agences fédérales et provinciales (comme le COCG) et que les autres intervenants comme les municipalités, les arpenteurs et les professionnels des ressources en eau y participent.

Les intervenants fédéraux du secteur des ressources en eau ont signalé que la Table nationale des administrateurs (TNA), un conseil F/P/T, approuve toutes les normes nationales des intervenants du secteur des ressources en eau. Par exemple, l'approbation de la TNA peut être requise pour que les techniciens en relevés hydrologiques puissent utiliser le GPS.

Les relevés hydrologiques ont fait remarquer que leur Processus de soutien commun devrait être respecté afin de s'assurer que l'on puisse répondre aux réactions anticipées des utilisateurs en accord avec le système de contrôle de gestion de la qualité du service de l'organisation. Ils ont remarqué que des initiatives majeures en formation et en communications ont par le passé contribué à l'acceptation de changements.

La fréquence à laquelle il sera nécessaire de modifier la définition du géoïde demeure toujours un problème. La majorité des intervenants ont exprimé l'avis «qu'il faut bien faire du premier coup» et minimiser les changements nécessaires à l'avenir. La majorité des intervenants préfèrent la cohérence à la précision.

C.9 Risques et obstacles

Quels sont les risques et les obstacles de la modernisation du système altimétrique et les approches d'atténuation possibles?

Les réponses de plusieurs intervenants présupposent une relation étroite entre les exigences de la transition et ses risques/obstacles. Sans les étapes et les outils mentionnés plus haut, il existe un très grand risque que la confiance et l'appui au nouveau cadre de référence altimétrique soient compromis.

Les pourvoyeurs de données géomatiques considèrent qu'il y a des risques à l'adoption d'un cadre de référence altimétrique si des problèmes venaient à se manifester avec la technologie des satellites et que les données n'étaient plus disponibles. Ils ont suggéré que les stratégies d'atténuation des risques comprennent le maintien d'au moins quelques repères altimétriques existants majeurs et de s'assurer qu'il y a compatibilité avec d'autres systèmes de géolocalisation et navigation par un système de satellites (GNSS) en plus du GPS.

Les universités ont fait valoir qu'il y a un risque que les nouvelles altitudes puissent être moins exactes si le nouveau cadre de référence altimétrique n'est pas convenablement implanté. Il y a un risque que des utilisateurs inexpérimentés ne comprennent pas les incidences et les exactitudes des cadres de référence locaux par opposition au cadre de référence national. Les communications sont essentielles pour atténuer ce risque. En permettant la dégradation de la plupart des points de contrôle actuels, cela signifie que la précision relative deviendra douteuse. Dans cette situation, l'atténuation du risque exige qu'un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde soit contrôlée par un réseau national de repères altimétriques offrant les trois altitudes (ellipsoïdale, géoïdale et orthométrique).

Les intervenants au plan international ont exprimé qu'il puisse exister un risque d'erreurs de modélisation. La stratégie d'atténuation est de réaliser des progrès importants en modélisation géophysique des différents processus pouvant influencer l'altitude dans toutes les régions de l'Amérique du Nord.

Le risque d'erreur et de confusion résultant des petits changements entre l'ancien et le nouveau cadres de référence ont déjà fait l'objet d'une discussion.

L'expérience antérieure de la transition du SRIGL1955 au SRIGL1985 démontre que toute résistance au changement ou tout soupçon relié aux changements des valeurs connues de l'altitude, comme les limites prévues par la réglementation afférente aux niveaux d'eau et au zéro des cartes doivent être abordés par des efforts soutenus de communication et de formation.

L'usage de méthodes et de logiciels différents et non-uniformes entraverait la transition de l'ancien au nouveau cadres de référence.

C.10 Commentaires additionnels

Est-ce qu'il y a d'autres commentaires?

Au niveau fédéral, les Relevés hydrologiques ont noté qu'ils effectuent présentement un examen de leurs besoins en équipement de nivellement et qu'ainsi la modernisation survient au moment opportun. Ils considèrent qu'une plus grande collaboration et un investissement conjoint seraient avantageux pour les deux parties.

Les intervenants au plan international ont noté que les projets des É.-U. sont élaborés suivant une approche similaire à celle du Canada et ont une portée analogue, mais sont étalés sur un plus long intervalle – ils s'attendent à ce qu'il faudra plus de 10 années pour créer un modèle du géoïde suffisamment fiable. Le Canada doit s'assurer que les données gravimétriques et altimétriques sont suffisamment exactes pour bien modéliser le pays.

Les gouvernements provinciaux considèrent que l'initiative de modernisation de l'altimétrie a déjà beaucoup tardé et incitent le gouvernement fédéral à faire preuve du leadership nécessaire au niveau national pour en assurer la concrétisation.

Les municipalités ont fait remarquer que la modernisation du Système canadien de référence altimétrique aura pour elles un impact majeur. Elles veulent plus d'information avant que soit prise la décision d'adopter le nouveau cadre de référence altimétrique– elles ont leurs propres réseaux de référence altimétrique à maintenir. Elles craignent que la conversion sera très coûteuse, perturbatrice et pourrait causer une importante confusion. Bien qu'elles comprennent les raisons de l'abandon de l'actuel cadre de référence altimétrique, elles voient «de gros inconvénients mais peu d'avantages» quant à leur adoption du nouveau cadre de référence altimétrique.

Les fournisseurs de données géomatiques sont en faveur du changement.

Les universités lui sont également favorables. Elles ont souligné que la précision des modèles actuels du géoïde/quasi-géoïde (fondés sur les données acquises par les satellites GRACE et éventuellement GOCE) est suffisante pour justifier le changement. Cependant, des estimations fiables de la précision devraient être mises à la disposition des utilisateurs. Les intervenants universitaires considèrent que le Canada devrait s'inspirer de l'expérience européenne où l'existence de nombreux systèmes altimétriques et systèmes de référence cause de multiples problèmes. Ils suggèrent que le Canada et les É.-U. collaborent à l'établissement d'un cadre de référence altimétrique commun.

D. Résultats par groupe d'intervenants

Les sections suivantes offrent la même information que l'appendice précédent mais cette fois par groupe d'intervenants plutôt que par question posée lors de l'entrevue.

D.1 Fournisseurs de données

Les fournisseurs de données géomatiques considèrent qu'il y aura peu d'incidences dues aux changements des valeurs absolues de l'altitude sauf dans le cas des applications en gestion du risque et des désastres (inondations). Comme pour les municipalités (voir plus bas), ils font remarquer qu'il y a des possibilités accrues d'erreurs lorsqu'il existe deux valeurs ou plus pour le cadre de référence altimétrique. Ils croient que les incidences du changement des altitudes peuvent être réduites en fournissant des modèles de transformation entre l'ancien et le nouveau cadres de référence et par la publication des valeurs existantes avec les nouvelles valeurs.

En particulier, les entreprises d'arpentage sont d'avis que des changements absolus pouvant atteindre jusqu'à un mètre auraient peu d'incidences pour leurs clients en autant que les altitudes relatives soient maintenues et que les différences entre l'ancien et le nouveau cadres de référence soient documentées et publiées.

Les plus grandes entreprises d'arpentage sont de l'avis qu'elles ne souffriront pas de la réduction du nombre des repères altimétriques permanents. Elles utilisent déjà intensivement les méthodes GPS et ont tendance à gérer leurs propres systèmes de contrôle actif basés sur le système de référence des RGP. Cependant, elles considèrent qu'il est nécessaire de maintenir un certain nombre de repères altimétriques rattachés à l'ancien système pour des raisons de continuité d'utilisation des données existantes. Il a été remarqué, que les entreprises de moindre envergure souffriront davantage de la dégradation des repères altimétriques puisqu'elles devront améliorer leur équipement et leur compétence.

Les fournisseurs de données géomatiques considèrent qu'il y a des risques associés à l'adoption d'un cadre de référence altimétrique si des problèmes venaient à se manifester avec la technologie des satellites et que les données n'étaient plus disponibles. Ils ont suggéré que les stratégies d'atténuation comprennent le maintien d'au moins quelques repères altimétriques

existants majeurs et de s'assurer de la compatibilité avec d'autres systèmes de géolocalisation et navigation par satellites (GNSS) en plus du GPS.

Dans l'ensemble, les fournisseurs de données géomatiques sont en faveur de la modernisation proposée de l'altimétrie.

D.2 Utilisateurs de données

En plus des infrastructures municipales (voir plus bas), les utilisations majeures des données altimétriques comprennent : les infrastructures de transport et les installations comme les routes, les ponts, les barrages, les pylônes de lignes de transport d'énergie hydroélectrique et les pipelines; la gestion des bassins versants et des désastres; la production des ressources naturelles comme la foresterie, l'exploitation minière, l'industrie du pétrole et du gaz naturel ainsi que la cartographie. Pour la plupart de ces applications on utilisera le système altimétrique le plus satisfaisant et dans ces secteurs on s'inquiète principalement des altitudes relatives locales. Il est des plus vraisemblables que l'aménagement des bassins versants exigera la précision absolue sur de grandes régions qu'offre le système national.

L'avantage le plus remarqué de la modernisation de l'altimétrie et qui a été souligné pratiquement par tous les utilisateurs de données est l'utilisation d'un cadre de référence altimétrique homogène et précis présentant des déformations réduites et continu dans tout le pays qui pourrait améliorer leur capacité de partager et d'intégrer leurs données.

Quelques utilisateurs de données devraient voir également une réduction des coûts de l'établissement des altitudes en des sites de travail éloignés où les repères altimétriques ne sont pas disponibles ou aux endroits où le terrain rend le nivellement difficile. Plusieurs utilisent déjà le GPS de manière intensive et apprécieraient de disposer d'un cadre de référence altimétrique compatible avec cette approche.

Les utilisateurs de données qui possèdent des bases de données de SIG modernes s'inquiétaient dans une moindre mesure des coûts de la conversion des données. Ils sont de l'avis que si une transformation adéquate leur est fournie ils seront en mesure de mettre à jour leurs bases de données à un coût minimal.

D.3 Gouvernements provinciaux et territoriaux

Dans chaque province un ministère ou une agence est responsable de la création, de la gestion et de l'entretien du système de référence géo-spatial. Ressources naturelles Canada (RNC) a les mêmes responsabilités en ce qui a trait aux territoires. Les systèmes provinciaux sont rattachés au système national qui est géré par RNC.

Les intervenants provinciaux ont exprimé leur inquiétude quant à l'abandon des repères altimétriques du fédéral. La majorité d'entre eux considèrent qu'un nombre minimum de repères

altimétriques du fédéral devraient être maintenus pour quelque temps afin d'assurer l'utilité des données altimétriques existantes.

Les gouvernements provinciaux affirment qu'ils ont déjà senti les effets de l'absence d'entretien des repères altimétriques. Les provinces ont accru de plus de 50 % leurs propres travaux de nivellement. Elles estiment que l'effet à long terme de la diminution du nombre des repères altimétriques du fédéral leur imposerait une plus grande dépendance à l'égard de leurs propres réseaux à un coût plus élevé pour leurs organisations.

Les intervenants provinciaux ont affirmé qu'ils sont inquiets de la difficulté de convaincre leurs intervenants, leurs clients et leurs utilisateurs à adopter le nouveau cadre de référence altimétrique et qu'il leur faudra un appui, incluant du matériel didactique et promotionnel, pour les persuader. Ils ont en particulier signalé les incidences possibles en termes de coûts, pour les municipalités, les gestionnaires de l'eau et les intervenants du secteur de l'énergie hydroélectrique, de la transformation des repères altimétriques au nouveau cadre de référence altimétrique, du changement des calculs de débit et des lignes directrices d'exploitation des ouvrages ainsi que de la modification des modèles.

Les intervenants provinciaux estiment que des fonds supplémentaires seraient nécessaires pour faciliter la transition – particulièrement en ce qui a trait aux levés de nivellement additionnels nécessaires pour résoudre les problèmes historiques toujours existants et pour des stations stratégiques aussi bien que pour couvrir l'augmentation des coûts en nouvel équipement, en entretien et en formation ainsi qu'en obligations accrues résultant de la complexité du système modernisé.

Les provinces estiment qu'il est important que le projet de transition soit dirigé par un conseil mixte d'agences fédérales et provinciales et que d'autres intervenants comme les municipalités, les arpenteurs et les professionnels des ressources en eau puissent y participer.

Les gouvernements provinciaux considèrent que l'initiative de modernisation de l'altimétrie a déjà beaucoup tardé et incitent le gouvernement fédéral à faire preuve du leadership nécessaire au niveau national pour en assurer la concrétisation.

D.4 Administrations municipales

Les infrastructures municipales, comme les rues, l'aqueduc, les égouts, le drainage, les installations publiques, etc., sont très dépendantes de l'information altimétrique et les administrations municipales fournissent fréquemment un système de référence local rattaché au système provincial. Les utilisateurs de ces systèmes municipaux sont généralement intéressés par des altitudes relatives locales et n'ont pas à se préoccuper de la relation avec le système national.

Les intervenants ont exprimé leur plus grande inquiétude quant à l'abandon des repères altimétriques du fédéral. Ceci est tout particulièrement vrai en milieu urbain où les repères altimétriques sont indispensables alors que souvent le GPS ne fonctionne pas bien dans les canyons urbains. La majorité d'entre eux croient qu'un nombre minimum de repères

altimétriques du fédéral devraient être entretenus pendant quelque temps afin d'assurer l'utilité des données altimétriques existantes.

Les administrations municipales affirment qu'elles ont déjà ressenti les effets de la négligence de l'entretien des repères altimétriques et il en résulte que plusieurs d'entre elles ont mis en place leur propre réseau de nivellement.

Les intervenants municipaux s'inquiètent des coûts considérables qui pourraient être associés à la conversion au nouveau cadre de référence altimétrique de leurs bases de données existantes. Toutefois, il n'est pas évident qu'il en sera réellement ainsi. Présentement, plusieurs municipalités disposent déjà de leur propre réseau indépendant mais rattaché au SCRA. Un changement du SCRA ne nécessiterait pas un changement du réseau municipal, mais plutôt seulement une modification de la conversion nécessaire pour passer d'un système à l'autre. Dans certains cas, il n'y aurait pas lieu de changer le cadre de référence altimétrique municipal ou les données existantes.

Les administrations municipales n'ont pas nécessairement l'impression que les avantages d'un modèle du géoïde l'emportent sur les inconvénients et elles s'inquiètent des coûts, de la conversion et de la confusion qui pourraient résulter de l'adoption d'un modèle du géoïde. Tous les intervenants s'inquiètent de la confusion et des erreurs possibles.

Les municipalités ont fait remarquer que la modernisation du Système canadien de référence altimétrique aura des incidences pour elles. Elles désirent plus d'information avant que soit prise la décision d'adopter le nouveau cadre de référence altimétrique. Elles doivent entretenir leurs propres réseaux altimétriques. Elles craignent que la conversion soit très coûteuse, perturbatrice et pourrait créer une grande confusion. Bien qu'elles comprennent les raisons de l'abandon de l'actuel cadre de référence altimétrique, elles voient des «d'importants inconvénients et peu d'avantages» de l'adoption du nouveau cadre de référence altimétrique.

D.5 Universités et recherche

Les universités utilisent le SCRA à des fins de recherche et d'enseignement dans les domaines de la variation du niveau de la mer, des mouvements verticaux de la croûte terrestre, de l'arpentage de précision, de la navigation, de la cartographie, de l'océanographie et des applications d'ingénierie.

Les universités ont signalé que les incidences du non maintien du cadre de référence altimétrique basé sur le nivellement seraient pour elles négligeables puisqu'elles ont la capacité de s'adapter au nouveau système. Les chercheurs ont rapporté qu'il y aurait peu d'incidences puisqu'ils ont l'équipement pour la création de leurs propres repères altimétriques statiques et que leurs méthodes courantes ne sont pas dépendantes des repères altimétriques du SCRA.

Les universités ont fait valoir qu'il y a un risque que les nouvelles altitudes puissent être moins exactes si le nouveau cadre de référence altimétrique n'est pas convenablement implanté. Il y a un risque que des utilisateurs inexpérimentés ne comprennent pas les incidences et les exactitudes des cadres de référence locaux par opposition au cadre de référence national. Les

communications sont essentielles pour atténuer ce risque. En permettant la dégradation de la plupart des points de contrôle actuels, cela signifie que la précision relative deviendra douteuse. Dans cette situation, l'atténuation du risque exige qu'un cadre de référence altimétrique basé sur le géoïde soit contrôlée par un réseau national de repères altimétriques offrant les trois altitudes (ellipsoïdale, géoïdale et orthométrique).

Les universités sont également favorables à la modernisation de l'altimétrie. Elles ont souligné que la précision des modèles actuels du géoïde/quasi-géoïde (fondés sur les données acquises par les satellites GRACE et éventuellement GOCE) est suffisante pour justifier le changement. Cependant, des estimations fiables de la précision devraient être mises à la disposition des utilisateurs. Les intervenants universitaires considèrent que le Canada devrait s'inspirer de l'expérience européenne où l'existence de nombreux systèmes altimétriques et systèmes de référence cause de multiples problèmes. Ils suggèrent que le Canada et les É.-U. collaborent à l'établissement d'un cadre de référence altimétrique commun.

D.6 International

Sur le plan international, les applications les plus importantes sont celles reliées à la gestion des bassins versants. Par exemple, dans la région des Grands Lacs, un cadre de référence altimétrique commun indépendant, soit le Système de référence international des Grands Lacs (SRIGL), est surveillé par un comité Canada-É.-U. (Commission mixte internationale) et utilisé par un certain nombre d'agences fédérales, provinciales et de gouvernements d'États, par des organisations privées (c.-à-d. des producteurs d'énergie hydroélectrique, par les industries du transport et de la construction), par le public pour la gestion des ressources en eau et à des fins de planification. On s'attend à ce qu'il puisse être nécessaire de remplacer le SRIGL 1985 par un cadre de référence altimétrique entièrement nouveau pour les Grands Lacs afin d'apporter les corrections de l'altitude qui résultent des mouvements de la croûte terrestre survenus depuis 1985. La nécessité d'un SRIGL existera même si le Système canadien de référence altimétrique soit modifié ou non.

Hors de la région des Grands Lacs, il n'existe pas de système de référence altimétrique commun au Canada et aux États-Unis. Les agences américaines sont inondées de demandes (tant canadiennes qu'américaines) de conversions d'un système à l'autre afin de faciliter des utilisations transfrontalières scientifiques, commerciales et autres et ces agences sont par conséquent très intéressées par toute modification du système canadien. Les projets des É.-U. sont élaborés suivant une approche similaire à celle du Canada et ont une portée analogue, mais sont étalés sur un plus long intervalle – les É.-U. s'attendent à ce qu'il faudra plus de 10 ans pour créer un modèle du géoïde suffisamment fiable. Le Canada doit s'assurer que les données gravimétriques et altimétriques sont suffisamment exactes pour bien modéliser le pays.

Hormis les É.-U., il y a également des activités reliées aux normes en géodésie au niveau international. Elles occupent une place plus importante depuis l'utilisation accrue du GPS et en raison de la nécessité d'intégrer des ensembles de données à des fins de surveillance planétaire.

Par exemple, il est essentiel que l'information altimétrique soit harmonisée entre les pays pour usage dans des modèles planétaires du champ gravitationnel (géopotential).

D.7 Gestion de l'eau

En gestion des bassins versants, l'altitude est essentiellement utilisée pour déterminer l'écoulement de l'eau à différentes fins. Par exemple, les Relevés hydrologiques du Canada au ministère de l'Environnement assurent l'exploitation et la surveillance de près de 2800 stations hydrométriques réparties dans tout le pays dont 10% sont répertoriées suivant le Système canadien de référence altimétrique (SCRA). Canards Illimités entretient et surveille des ouvrages de régularisation des eaux en quelques 12 000 emplacements dans les Prairies dont 30% sont répertoriés suivant le SCRA et les autres sont souvent rattachés à d'autres systèmes. Les utilisateurs en gestion des bassins versants englobent les modélisateurs qui interpolent des séries chronologiques de données pour la surveillance des écoulements, par exemple dans la voie maritime du Saint-Laurent ou dans le bassin de la rivière Rouge, ou pour la délimitation et la surveillance des plaines inondables dans les régions présentant des risques d'inondation. Actuellement au Canada, il y a quelques 280 régions habitées qui présentent un risque d'inondation.

Les chercheurs se penchent souvent sur l'altitude et le débit des glaciers de la même façon que celui de l'eau. Les différences d'altitude de points éloignés de jusqu'à 50 km peuvent susciter de l'intérêt.

La modernisation de l'altimétrie peut avoir les incidences suivantes pour les intervenants en gestion de l'eau.

- Il se peut que dans certains cas (minorité), où les altitudes servant à la surveillance des bassins versants sont rattachées au SCRA, il soit nécessaire d'étalonner de nouveau certains modèles d'écoulement.
- Les intervenants fédéraux du secteur des ressources en eau ont signalé que la Table nationale des administrateurs (TNA), un conseil F/P/T, approuve toutes les normes nationales des intervenants du secteur des ressources en eau. Par exemple, l'approbation de la TNA peut être requise pour que les techniciens en relevés hydrologiques puissent utiliser le GPS.
- Les relevés hydrologiques ont fait remarquer que leur Processus de soutien commun devrait être respecté afin de s'assurer que l'on puisse répondre aux réactions anticipées des utilisateurs en accord avec le système de contrôle de gestion de la qualité du service de l'organisation. Ils ont remarqué que des initiatives majeures en formation et en communications ont par le passé contribué à l'acceptation de changements.

E. Articles du Code civil du Québec

Les articles suivants sont tirés du Code civil de Québec et mis à jour au 1 mars 2006¹⁶. Ces articles concernent l'interprétation du contrat.

LIVRE CINQUIÈME

DES OBLIGATIONS

TITRE PREMIER

DES OBLIGATIONS EN GÉNÉRAL

CHAPITRE PREMIER

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

1371.

Il est de l'essence de l'obligation qu'il y ait des personnes entre qui elle existe, une prestation qui en soit l'objet et, s'agissant d'une obligation découlant d'un acte juridique, une cause qui en justifie l'existence.

1991, c. 64, a. 1371.

1372.

L'obligation naît du contrat et de tout acte ou fait auquel la loi attache d'autorité les effets d'une obligation.

Elle peut être pure et simple ou assortie de modalités.

1991, c. 64, a. 1372.

1373.

L'objet de l'obligation est la prestation à laquelle le débiteur est tenu envers le créancier et qui consiste à faire ou à ne pas faire quelque chose.

La prestation doit être possible et déterminée ou déterminable; elle ne doit être ni prohibée par la loi ni contraire à l'ordre public.

1991, c. 64, a. 1373.

1374.

¹⁶ Voir www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca

La prestation peut porter sur tout bien, même à venir, pourvu que le bien soit déterminé quant à son espèce et déterminable quant à sa quotité.

1991, c. 64, a. 1374.

1375.

La bonne foi doit gouverner la conduite des parties, tant au moment de la naissance de l'obligation qu'à celui de son exécution ou de son extinction.

1991, c. 64, a. 1375.

1376.

Les règles du présent livre s'appliquent à l'État, ainsi qu'à ses organismes et à toute autre personne morale de droit public, sous réserve des autres règles de droit qui leur sont applicables.

1991, c. 64, a. 1376.

CHAPITRE DEUXIÈME

DU CONTRAT

SECTION I

DISPOSITION GÉNÉRALE

1377.

Les règles générales du présent chapitre s'appliquent à tout contrat, quelle qu'en soit la nature.

Des règles particulières à certains contrats, qui complètent ces règles générales ou y dérogent, sont établies au titre deuxième du présent livre.

1991, c. 64, a. 1377.

SECTION II

DE LA NATURE DU CONTRAT ET DE CERTAINES DE SES ESPÈCES

1378.

Le contrat est un accord de volonté, par lequel une ou plusieurs personnes s'obligent envers une ou plusieurs autres à exécuter une prestation.

Il peut être d'adhésion ou de gré à gré, synallagmatique ou unilatéral, à titre onéreux ou gratuit, commutatif ou aléatoire et à exécution instantanée ou successive; il peut aussi être de consommation.

1991, c. 64, a. 1378.

1379.

Le contrat est d'adhésion lorsque les stipulations essentielles qu'il comporte ont été imposées par l'une des parties ou rédigées par elle, pour son compte ou suivant ses instructions, et qu'elles ne pouvaient être librement discutées.

Tout contrat qui n'est pas d'adhésion est de gré à gré.

1991, c. 64, a. 1379.

1380.

Le contrat est synallagmatique ou bilatéral lorsque les parties s'obligent réciproquement, de manière que l'obligation de chacune d'elles soit corrélative à l'obligation de l'autre.

Il est unilatéral lorsque l'une des parties s'oblige envers l'autre sans que, de la part de cette dernière, il y ait d'obligation.

1991, c. 64, a. 1380.

1381.

Le contrat à titre onéreux est celui par lequel chaque partie retire un avantage en échange de son obligation.

Le contrat à titre gratuit est celui par lequel l'une des parties s'oblige envers l'autre pour le bénéfice de celle-ci, sans retirer d'avantage en retour.

1991, c. 64, a. 1381.

1382.

Le contrat est commutatif lorsque, au moment où il est conclu, l'étendue des obligations des parties et des avantages qu'elles retirent en échange est certaine et déterminée.

Il est aléatoire lorsque l'étendue de l'obligation ou des avantages est incertaine.

1991, c. 64, a. 1382.

1383.

Le contrat à exécution instantanée est celui où la nature des choses ne s'oppose pas à ce que les obligations des parties s'exécutent en une seule et même fois.

Le contrat à exécution successive est celui où la nature des choses exige que les obligations s'exécutent en plusieurs fois ou d'une façon continue.

1991, c. 64, a. 1383.

1384.

Le contrat de consommation est le contrat dont le champ d'application est délimité par les lois relatives à la protection du consommateur, par lequel l'une des parties, étant une personne physique, le consommateur, acquiert, loue, emprunte ou se procure de toute autre manière, à des fins personnelles, familiales ou domestiques, des biens ou des services auprès de l'autre partie, laquelle offre de tels biens ou services dans le cadre d'une entreprise qu'elle exploite.

1991, c. 64, a. 1384.

SECTION III

DE LA FORMATION DU CONTRAT

§1. — Des conditions de formation du contrat

I — Disposition générale

1385.

Le contrat se forme par le seul échange de consentement entre des personnes capables de contracter, à moins que la loi n'exige, en outre, le respect d'une forme particulière comme condition nécessaire à sa formation, ou que les parties n'assujettissent la formation du contrat à une forme solennelle.

Il est aussi de son essence qu'il ait une cause et un objet.

1991, c. 64, a. 1385.