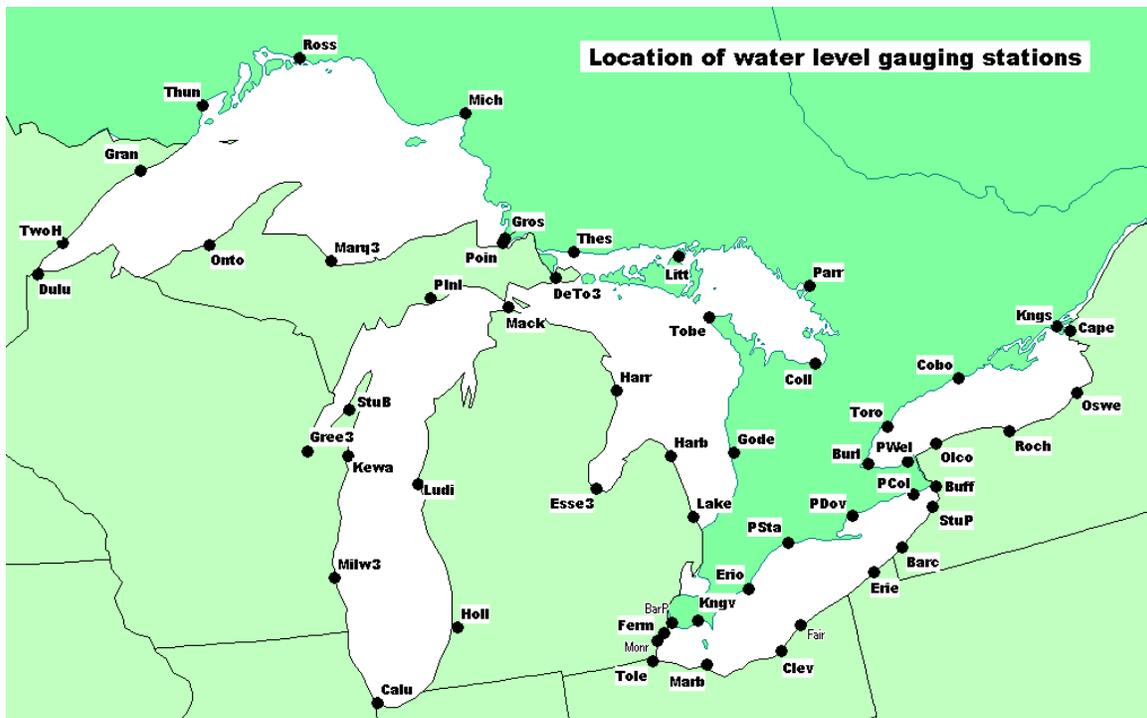


Mouvement vertical apparent pour la région des Grands Lacs - revisité

Traduction du rapport "Apparent Vertical Movement Over the Great Lakes - Revisited"

Rapport préparé par

The Coordinating Committee
On Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data



Novembre 2001

Table des Matières

Liste des Tables

Liste des Figures

Introduction

1. Nécessité d'une étude internationale
2. Autorité
3. Envergure et raison
4. Remerciements

Méthode et résultat

5. Études précédentes
6. Données de base
7. Calculs
8. Données rejetées
9. Résultat pour chaque lac
10. Rebond postglaciaire (RPG) des Grands Lacs

Conclusion et recommandations

11. Conclusion
12. Recommandations

Bibliographie

Liste des Figures

Fig. 1 - Distribution des sites de [limnimètre](#).

Fig. 2 - [Nombre d'années](#) de niveau d'eau mesuré à chaque limnimètre.

Fig. 3 - Un exemple de vitesse verticale relative de la croûte terrestre. Le mouvement vertical de la croûte terrestre est ici estimé à l'aide de deux limnimètres. La différence entre la moyenne mensuelle du niveau du lac enregistrée aux deux limnimètres, ici Calumet Harbour, Michigan, et Parry Sound, Ontario, est représenté graphiquement pour tous les mois mesurés (ici de l'an 1860 à 2000) et indique un [changement linéaire](#). L'axe horizontal indique les années et mois de 1860 à 2000. L'axe vertical est la moyenne du niveau du lac en mètres pour un mois moins la même valeur pour l'autre limnimètres. La ligne droite en noir est le changement linéaire obtenue par moindres-carrés utilisant seulement les deux limnimètres. La ligne représente bien les données, et indique que Calumet Harbour s'enfonce relativement à Parry Sound par 32 cm par siècle. La ligne droite rose est le changement linéaire obtenu par moindres-carrés utilisant tous les limnimètres sur le lac. La ligne indique que Calumet Harbour s'enfonce plus exactement de 35 cm relativement à Parry Sound par siècle. Les grands carrés roses sont les données rejetées par la méthode des moindres-carrés.

Fig. 4 - Emplacement des [différences entre limnimètres](#).

Fig. 5 - [Vitesses verticales relatives à chaque embouchure de lac](#): Cape Vincent pour le lac Ontario, Buffalo pour le lac Érié, Lakeport pour le lac Michigan-Huron, Point Iroquois pour le lac Supérieur, en cm/siècle.

Fig. 6 - [Erreurs standards des vitesses verticales relatives à chaque embouchure de lac](#) en cm/siècle.

Fig. 7 - [Biais vertical des limnimètres relatif à chaque embouchure de lac](#) en mm.

Fig. 8 - Carte de contours du modèle global [ICE-3G](#) du rebond postglaciaire dans la région des Grands Lacs en cm/siècle. Intervalle des contours : 3 cm/siècle.

Fig. 9 - [Vitesses verticales de la croûte terrestre dans la région des Grands Lacs dérivées des niveaux d'eau des limnimètres et entourées des vitesses provenant du modèle global ICE-3G](#) en cm/siècle

Fig. 10 - [Carte de contours des vitesses verticales de la croûte terrestre dans la région des Grands Lacs dérivées des niveaux d'eau des limnimètres et entourées des vitesses provenant du modèle global ICE-3G](#), en cm/siècle. Intervalle des contours : 3 cm/siècle

Liste des Figures disponibles seulement sur le web

Fig. 11 - Données (moyennes mensuelles du niveau d'eau) disponibles à chaque limnimètre, ainsi que les données rejetées, ceci pour chaque lac:

- a - [Ontario](#)
- b - [Érié](#)
- c - [Michigan-Huron](#)
- d - [Supérieur](#)

Fig. 12 - Changements linéaires des niveaux d'eau relatifs entre limnimètres indiquant la vitesse verticale relative de la croûte terrestre entre chaque pair de limnimètres, ainsi que les données rejetées, ceci pour chaque lac:

- a - [Ontario](#)
- b - [Érié](#)
- c - [Michigan-Huron](#)
- d - [Supérieur](#)

Fig. 13 - Niveaux mensuelles de l'eau calculés par la méthode des moindres-carrés, ceci pour chaque lac:

- a - [Ontario](#)
- b - [Érié](#)
- c - [Michigan-Huron](#)
- d - [Supérieur](#)

Fig. 14 - Résidus des niveaux d'eau laissés après avoir modeler par moindres-carrés les niveaux mensuelles de l'eau, les biais verticaux des limnimètres et les changement linéaires du mouvement vertical de la croûte terrestre avec le temps, ceci pour chaque lac:

- a - [Ontario](#)
- b - [Érié](#)
- c - [Michigan-Huron](#)
- d - [Supérieur](#)

Liste des Tables

Table 1 - Liste des [55 sites de limnimètre](#) et leur période de record

Table 2 - [Années sans données de disponible](#)

Table 3 - [Nombre de données rejetées](#) (moyennes mensuelles du niveau du lac rejetées dans l'étude) par mois et par site pour les lacs:

a - [Ontario](#)

b - [Érié](#)

c - [Michigan-Huron](#)

d - [Supérieur](#)

Table 3 - [Grandeur des erreurs dans les données rejetées](#) en centimètres (disponible seulement sur le web) pour les lacs:

e - [Ontario](#)

f - [Érié](#)

g - [Michigan-Huron](#)

h - [Supérieur](#)

Table 4 - [Vitesse verticale de la croûte terrestre relative à l'embouchure du lac](#) pour les lacs:

a - [Ontario](#)

b - [Érié](#)

c - [Michigan-Huron](#)

d - [Supérieur](#)

Table 5 - [Comparaison des vitesses verticales relatives](#) et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac:

a - [Ontario](#)

b - [Érié](#)

c - [Michigan-Huron](#)

d - [Supérieur](#)

Introduction

1. Nécessité d'une étude internationale. La croûte terrestre au nord des Grands Lacs fut enfoncée par le poids d'environ 3 km de glace durant la dernière ère glaciaire. Lorsque la glace fond de 25,000 à 10,000 années passées la croûte commença à rebondir vers sa position originale. Ceci est appelé le rebond postglaciaire (RPG) et ce rebond continue de nos jours. Alors que le territoire au nord des Grands Lacs s'élève, les terres au sud des Grands Lacs s'affaissent. Ainsi, les résidents sur les rives au sud des Grands Lacs voient le niveau d'eau des lacs monter avec le temps. De l'autre côté, les riverains au nord des Grands Lacs voient l'eau baisser avec les années. Une estimation précise du RPG est ici obtenue en étudiant le changement des niveaux d'eau enregistré par les 55 limnimètres présentement en opération des deux cotés de la frontière.

Il convient de signaler que les organismes canadiens et américains qui régularisent de façon coordonnée le niveau des lacs Supérieur et Ontario tiennent compte du RPG et utilisent les mêmes limnimètres et mesures que notre étude.

Le Sous-comité du contrôle vertical et des niveaux d'eau du [Comité de coordination](#) a le mandat de "réviser et mettre à jour au besoin le mouvement vertical de la croûte terrestre et autre mouvements apparents entre les limnimètres du système des Grands Lacs et du fleuve St-Laurent, et de produire un rapport des résultats coordonnés [entre les deux pays]".

2. Autorité. Le Comité de coordination a recommandé à son [Sous-comité](#) du contrôle vertical et des niveaux d'eau d'étudier les travaux antérieurs sur le mouvement vertical de la croûte terrestre dans la région des Grands Lacs, de choisir une méthode pour déterminer la grandeur d'un tel mouvement et d'établir les taux de mouvement entre les sites des limnimètres sur chaque lac.

3. Envergure et raison. L'objet de ce rapport est de mettre à jour le rapport de 1977 sur le mouvement vertical apparent que le Comité avait produit en ajoutant les enregistrements de niveau d'eau les plus récents et en employant une meilleure technique d'analyse.

Le mouvement vertical identifié dans l'étude ci-bas donne également un estimé du changement attendu entre les hauteurs dynamiques publiées relatives au Système de référence international altimétriques des Grands Lacs de 1985 (SRIGL 1985) (Coordinating Committee, 1995) et les vrais hauteurs dynamiques changeant continuellement avec le temps. Ceci aidera à la planification de futures mises à jour du Système de référence.

4. Remerciements. Le Comité de coordination remercie et exprime son appréciation pour la coopération, l'assistance et les conseils reçus de la Division des levés géodésiques, Ressources naturelles Canada; du Service hydrographique du Canada, Pêches et Océans Canada; du National Ocean Service et du National Geodetic Survey, National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce; et du U. S. Army Corps of Engineers. Les contributions individuelles de Messieurs. A. Mainville, Ron Solvason, Jeff Oyler, Brooks Widder et Dave Conner sont grandement appréciées par le Comité.

Méthode et résultat

5. Études précédentes. Le rapport de 1977 du Comité de coordination des données de base hydrauliques et hydrologiques des Grands-Lacs (Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data) intitulé "Apparent Vertical Movement Over the Great Lakes" donne un excellent résumé des études précédentes sur le rebond postglaciaire dans la région des Grands-Lacs durant les années 1898 jusqu'en 1977.

Récemment, Tait et Bolduc (1985), Carrera et al. (1991), et Tushingham (1992) ont tous principalement utilisé la même méthode pour calculer le taux de mouvement vertical entre des paires de limnimètre, chacun utilisant un nombre additionnel d'années de données. Leurs résultats sont résumés et comparés aux nôtres dans les [Tables 5a-d](#). Comparé à ces dernières études pour les Grands Lacs, quinze sites additionnels et huit années de données additionnelles sont utilisés ici. Alors que seuls les mois d'été (juin à septembre) étaient utilisés dans les études précédentes, les données provenant des douze mois sont utilisées ici.

6. Données de base. Les données utilisées ici pour déterminer le mouvement vertical de la croûte terrestre à chaque limnimètre sont des niveaux d'eau moyens mensuels. Les niveaux d'eau sont en mètres, tous relatifs au même système de référence international, celui des Grands Lacs de 1985, SRIGL (1985), enregistrés à 55 limnimètres situés autour des Grands Lacs, et publiées par le "U.S. National Ocean Service, U.S. Department of Commerce" et le Service hydrographique du Canada, Pêches et Océans, Canada.

Une carte indiquant l'emplacement des limnimètres se trouve à la [Fig. 1](#). Les sites et les années que les niveaux d'eau furent enregistrés sont listés dans la [Table 1](#). Lorsqu'un limnimètre fut déplacé à l'intérieur d'un port, les données des deux limnimètres furent ici rassemblées comme si elles provenaient du même limnimètre. Une représentation graphique des mesures disponibles et utilisées entre les années 1860 et 2000, et ceci pour chacun des 55 limnimètres sont disponibles sur le web, pour chaque lac: [Ontario](#), [Érié](#), [Michigan-Huron](#) et [Supérieur](#). Les points noirs sont les niveaux d'eau moyens mensuels, tels que fournis. Les points roses sont les niveaux mensuels rejetés durant l'étude, tel qu'expliqué plus loin.

[Fig. 2](#) indique le nombre d'années de données disponibles et utilisées à chaque limnimètres. [Table 2](#) indique les années sans données disponibles.

7. Calculs. Après avoir enregistré le niveau d'eau à deux limnimètres sur un même lac pour plusieurs années, le mouvement vertical d'un site relatif au second site peut-être calculé. Alors qu'un seul marégraphe peut mesurer le mouvement de la croûte terrestre relativement à un océan, sur un lac il faut deux marégraphes (appelé limnimètres puisque la marée n'est pas le signal prépondérant sur un lac). On soustrait le niveau d'eau au limnimètre A, du niveau au limnimètre B pour enlever les fluctuations saisonnières du lac. Ces différences de niveau d'eau représentées graphiquement dans le temps montre un changement linéaire, c'est le mouvement du limnimètre A relatif au limnimètre B. Un exemple est montré sur la [Fig. 3](#).

L'axe horizontal est le temps, l'axe vertical est le niveau moyen mensuel de l'eau au limnimètre A (Calumet Harbor) moins le niveau moyen mensuel de l'eau au limnimètre B (Parry Sound). La ligne droite noire sur la [Fig. 3](#) montre un changement linéaire de 0.32 m par siècle. Ainsi, Calumet Harbor, Michigan, semble s'enfoncer de 32 cm par siècle relativement à Parry Sound, Ontario. Un tel mouvement relatif fut calculé pour toutes les paires (357) de limnimètres vues sur la [Fig. 4](#).

Due aux erreurs accidentelles dans les données, les vitesses obtenues de la manière décrites ci-haut sont incohérentes entre trois sites. Par exemple, Calumet Harbour s'enfonce de 10 cm relativement à Lakeport, Michigan, et Lakeport s'enfonce de 25 cm relativement à Parry Sound, la somme desquelles est différente du 32 cm mentionné au paragraphe précédent.

Ainsi, il est préférable de combiner les vitesses en utilisant la méthode d'ajustement des données par moindres-carrés. La procédure d'ajustement est décrite dans un rapport par Mainville et Craymer (2002). Puisque le niveau d'un lac est indépendant d'un autre lac, chaque lac est ajusté individuellement. Au départ, toutes les mesures moyennes mensuelles de niveau d'eau sont introduites dans l'ajustement. Suite à l'ajustement, le logiciel d'ajustement rejète les mesures incohérentes et recommence l'ajustement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de données rejetées. Les changements linéaires ajustés ainsi et finaux sont listés dans les [Tables 5a-5d](#) (voir colonne 6). Les vitesses ajustées indiquent, plus précisément, que Calumet Harbour s'enfonce de 34 cm par siècle relativement à Parry Sound. Le mouvement linéaire ajusté est la ligne droite rose, tandis que le mouvement obtenu avant l'ajustement est la ligne noire, sur la [Fig. 3](#).

Une représentation graphique des mouvements linéaires pour toutes les paires de limnimètres fut construite pour vérifier leur cohérence, et sont disponible sur le web, pour chacun des lacs: [Ontario](#), [Érié](#), [Michigan-Huron](#) et [Supérieur](#).

Les points noirs sont les moyennes mensuelles du niveau du lac au limnimètre A relativement au limnimètre B. La ligne noire est la tendance linéaire des points noirs (avant l'ajustement du lac). La ligne rose est la meilleure tendance trouvée avec l'ajustement du lac. Les points roses sont les données rejetées par l'ajustement.

Les tendances linéaires sont listées dans les [Tables 5a-5d](#). Les mouvements verticaux relatifs avant et après l'ajustement (voir les colonnes 7 et 8) sont donnés et comparés avec les études antérieures (colonnes 3 à 6).

Ces vitesses et leur erreur standard peuvent être résumées en écrivant les vitesses relativement à un seul limnimètre, par exemple celui à l'embouchure du lac tel que vu sur les [Fig. 5](#) et [Fig. 6](#) et dans les [Tables 4a-4d](#).

En plus des tendances linéaires, l'ajustement calcule trois autres valeurs utiles; les niveaux mensuelles ajustés, un biais vertical pour chacun des sites de limnimètre, et le résidu des niveaux d'eau.

Chaque mois le niveau d'eau est significativement différent due aux changements de précipitations, évaporation, pression barométrique, vent, fonte des neiges, régularisation du niveau d'eau aux barrages, etc. L'ajustement calcule un biais par mois, auquel tous les limnimètres sur le lac contribuent. Ce biais permet d'obtenir le niveau d'eau moyen mensuel après avoir enlevé la tendance linéaire due au RPG ainsi que le biais local à chaque sites de limnimètre. Les niveaux mensuels ajustés sont disponibles sur le web pour chacun des lacs: [Ontario](#), [Érié](#), [Michigan-Huron](#) et [Supérieur](#).

Le biais vertical calculé à chacun des limnimètres est un biais spécifiquement relié au site du limnimètre. Il peut être due à un déplacement du limnimètre, ou à une imprécision dans son système de référence, i.e., dans son lien avec les repères géodésiques. Ces biais devraient être utilisés pour améliorer la future redéfinition du Système international de référence altimétrique des Grands Lacs (SRIGL). Les biais sont listés dans les [Tables 4a-4d](#) et représentés graphiquement sur la [Fig. 7](#). Ils sont petits, la plupart sous 1 cm, indiquant la stabilité des repères de références à chaque limnimètre, ainsi que la qualité des données et de la définition du SRIGL de 1985. Leur précision en terme d'erreur standard sont également listés.

Le résidu des niveaux d'eau est l'erreur accidentelle restant après avoir enlevé le biais mensuel du lac, le biais à chaque limnimètres et la tendance linéaire (i.e., le mouvement vertical de la croûte terrestre) à chaque limnimètres. Les résidus sont passablement petits, sous 3, 7, 5 et 4 cm respectivement pour chaque lacs, une indication de la précision des données. Les résidus sont disponibles sur le web pour chaque lac: [Ontario](#), [Érié](#), [Michigan-Huron](#) et [Supérieur](#). Les résidus à [Port Weller](#), [Rochester](#), [De Tour](#), [Ludington](#) et [Rossport](#) également disponibles sur le web, montrent des tendances systématiques indésirables. Aussi les données à ces sites devraient être scrutées minutieusement dans les prochaines études.

8. Données rejetées. Quelques niveaux d'eau moyens mensuels furent rejetés par le logiciel de moindres-carrés. Lorsque le résidu, tel qu'expliqué précédemment, était plus grand que trois fois la racine moyenne quadratique de tous les résidus (i.e, être 99.7% confiant statiquement que c'est une erreur), son niveau d'eau fut automatiquement rejeté. Le nombre de données rejetées à chaque limnimètre, et leur mois sont listés sur le web, pour chaque lac, dans les [Tables 3a-d](#). Chaque donnée rejetée et sa grandeur est également listée sur le web dans les [Tables 3e-h](#). Les niveaux d'eau rejetés sont représentés graphiquement sur le web pour chaque limnimètre, et pour chaque lac: [Ontario](#), [Érié](#), [Michigan-Huron](#), et [Supérieur](#) (en rose). Les données rejetées sont plus facilement visibles lorsque représentées graphiquement pour chaque paire de limnimètre, aussi disponible sur le web, et pour chaque lac: [Ontario](#), [Érié](#), [Michigan-Huron](#), et [Supérieur](#) (en rose).

Tel que vu dans les [Tables 3a-d](#), la plupart des données rejetées se retrouve durant les mois d'hiver. Les études précédentes utilisaient seulement les quatre mois d'été (juin à septembre) parce que les mesures des mois d'hiver semblaient incohérentes. Ici 95% des mesures des huit mois autres que l'été contribue à la solution.

9. Résultat pour chaque lac. Comme expliqué précédemment, chaque lac est ajusté indépendamment. Encore une fois, les vitesses obtenues et leur erreur standard sont montrées sur les [Fig. 5](#) et [Fig. 6](#), respectivement, en centimètres par siècle. Notez que le limnimètre à chaque embouchure de lac fut assigné une vitesse verticale de zéro. Ainsi les vitesses sont relatives au limnimètre de l'embouchure de chaque lac. Encore une fois, les vitesses et leurs erreurs standards sont listées dans les [Tables 4a-4d](#).

Il est utile de savoir qu'une erreur standard est la précision de la vitesse estimée avec 68% de confiance. L'erreur standard multipliée par 2 est la précision avec 95.5% de confiance, multipliée par 3 est la précision avec 99.7% de confiance.

Les vitesses relatives entre limnimètres sont listées dans les [Tables 5a-5d](#) (colonne 8) et sont calculées en utilisant les vitesses relatives aux embouchures décrites ci-haut. Ces vitesses sont dépendantes de leur lac et sont donc listées lac par lac.

Les vitesses donnent le mouvement relatif de la croûte terrestre entre le terrain environnant de chacun des limnimètres. Par exemple, chaque 100 ans les terres à Calumet Harbor deviennent 10 cm plus basses que les terres à Lakeport, et 34 cm plus basses que les terres à Parry Sound.

La vitesse relative entre des sites sur quelque soit le lac est calculée et présentée dans la section suivante.

10. Rebond postglaciaire (RPG) des Grands Lacs. Ici le mouvement vertical de la croûte terrestre pour toute la région des Grands Lacs est calculé en reliant les résultats de chaque lac de la section précédente. Premièrement, les vitesses relatives aux embouchures sont représentées graphiquement à l'aide de lignes de contour. Une extrapolation des contours des Lacs Supérieur et Huron nous a permis d'assigner avec une certaine confiance (disons avec une précision de quelques cm/siècle) la même vitesse à Gros Cap et Thessalon. De la même façon, le site à Buffalo sur le Lac Érié est assigné la même vitesse que le site à Port Weller sur le Lac Huron (encore avec une confiance de quelques cm/siècle). Finalement, Toronto sur le Lac Ontario est assigné 6 cm/siècle de moins que la vitesse à Collingwood sur le Lac Huron (probablement avec une confiance d'environ 6 cm/siècle). De cette façon les vitesses des cinq Grands Lacs sont maintenant connectées.

Le mouvement vertical relatif pour la région peut aussi être calculé à partir de modèles globaux du rebond postglaciaire (RPG) tels que les modèles ICE-3G (Tushingham and Peltier, 1991), ICE-4G(vm1) et ICE-4G(vm2) (Peltier, 1995). Le développement des modèles RPG ICE-3G et ICE-4G n'ont pas utilisé les données de limnimètres d'aucuns lacs (Peltier, communication personnelle, juin 1999). En comparant les modèles ICE-4G aux contours dérivés des limnimètres, on trouve que le gradient des premiers contours est trop petit. Le modèle ICE-3G présente un meilleur accord aux contours dérivés des limnimètres que les modèles ICE4G et est retenu. Le modèle du RPG ICE-3G est représenté en contours sur la [Fig. 8](#). On voit combien le modèle global du RPG est lisse pour la région des Grands Lacs. La partie du modèle ICE-3G

couvrant les Grands Lacs fut ensuite remplacée par les vitesses dérivées des limnimètres décrites au paragraphe précédent. Une constante de 1.3 cm/siècle aurait pu être ajoutée aux vitesses "limnimétriques" pour être en accord en moyenne au modèle ICE-3G. Cette constante est plutôt arbitraire puisque la région dans les Grands Lacs où la vitesse absolue est zéro est encore inconnue de nos jours. Puisque la constante est petite elle est négligée, et le site à Lakeport fut gardé avec sa vitesse de zéro. Le résultat final est montré sur la [Fig. 9](#). Une carte des contours des vitesses de la [Fig. 9](#) est montrée dans la [Fig. 10](#). Ainsi, Fig. 9 et 10 sont le résultat final où le RPG de ICE3G entoure le RPG dérivé des limnimètres.

Tel qu'on le voit sur la [Fig. 5](#), les vitesses à Bar Point, Monroe et Fairport ne sont pas en accord avec les autres sites. [Fig. 2](#) indique que ces limnimètres ont très peu d'années de mesures, et [Fig. 6](#) montre que leur erreur calculée par moindres-carrés sont grandes. Ainsi, ces trois sites ne furent pas utilisés pour dériver le résultat final des [Fig. 9](#) et [Fig. 10](#).

Finalement, les vitesses de la [Fig. 10](#) montre l'endroit où le maximum de mouvement a lieu dans la région, i.e., quelques 57 cm chaque 100 ans entre Rossport et Calumet Harbor.

Notez que les vitesses produites par les modèles globaux du RPG sont des vitesses absolues en ce sens qu'elles sont relatives à toute la planète. Cependant leur précision (ou erreur standard) sont inconnues. Ainsi, on doit être prudent pour utiliser une vitesse à un emplacement. D'un autre côté, les vitesses relatives calculées ici entre les sites du même lac ont une excellente précision. Quant aux vitesses relatives entre deux sites sur deux lacs, elles ont probablement une erreur standard de l'ordre de ± 6 cm/siècle.

Conclusion and Recommendations

11. Conclusion. Le mouvement relatif entre 55 limnimètres situés au Canada et aux États-Unis autour des Grands Lacs fut calculé et est listé dans les [Tables 5a-5d](#). Ceux-ci sont les meilleurs estimés disponibles. Leur précision furent également calculés. Ces vitesses et leur erreur standard sont résumées sur les [Tables 4a-4d](#), [Fig. 5](#) et [Fig. 6](#) où les vitesses sont données relatives à l'embouchure de chaque lac. Les vitesses relatives entre quelque soit l'endroit dans la région des Grands Lacs furent également calculées et sont montrées sur les [Fig. 9](#) et [Fig. 10](#).

Notez que les vitesses produites par le modèles globaux du RPG, ainsi que sur les [Fig. 9](#) et [Fig. 10](#) sont des vitesses absolues en ce sens qu'elles sont relatives à toute la planète. Cependant leur précision (ou erreur standard) sont inconnues. Ainsi, on doit être prudent pour utiliser une vitesse à un emplacement. D'un autre coté, les vitesses relatives calculées ici entre les sites du même lac ont une excellente précision. Quant aux vitesses relatives entre deux sites sur deux lacs, elles ont probablement une erreur standard de l'ordre de ± 6 cm/siècle.

12. Recommendations. Le Comité recommande que les tendances systématiques vues sur quelques graphiques des résidus des données, ainsi que les données rejetées soient examinées en détail. Les tendances systématiques des résidus des données et les données rejetées n'ont pas été adéquatement étudié ici et peuvent nous diriger vers la découverte d'erreurs dans les données qui pourraient avoir une influence significative sur la détermination précise des vitesses. Plus précisément, les résidus à [Port Weller](#), [Rochester](#), [De Tour](#), [Ludington](#) et [Rosspoint](#) montrent des tendances systématiques indésirables. Aussi, les données à ces sites devraient être scrutées à la loupe dans une prochaine étude.

La technique de positionnement par satellite GPS est vu comme une technologie importante pour déterminer la vitesse absolue de la croûte terrestre. D'avoir des sites près des limnimètres sur chaque lac équipés de récepteurs GPS de façon permanente ou à très long terme permettra, après quelques années, de relier précisément les vitesses relatives des cinq lacs (ainsi que le lac St-Clair) et éventuellement obtenir des vitesses absolues du mouvement vertical pour la région. D'obtenir des vitesses absolues est important pour informer les riverains, bien connaître l'élévation des terres et des eaux souterraines, ainsi que les profondeurs des lacs, pour mettre à jour le système de référence des élévations et des profondeurs, les cartes topographiques et maritimes, pour bien régulariser les lacs, pour les études hydrauliques et hydrologiques, ainsi que la sécurité navale.

Bibliographie

Carrera, G, P. Vanicek and M. R. Craymer (1991) **The Compilation of Recent Vertical Crustal Movements in Canada**, contract report 91-001, 100 pages, Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, Ottawa.

Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data (1995) **Establishment of International Great Lakes Datum (1985)** , 48 pages, Chicago, Illinois and Cornwall, Ontario.

Coordinating Committee on Great Lakes Basic Hydraulic and Hydrologic Data (1977) **Apparent Vertical Movement Over the Great Lakes**, 70 pages, Chicago, Illinois and Cornwall, Ontario.

Mainville, A. and M. R. Craymer (2002) **Present-Day Tilting of the Great Lakes Region Based on Water Level Gauges**, to be published.

Peltier, W.R. (1995) **VLBI baseline variations from the ICE-4G model of postglacial rebound**, American Geophysical Union, Geophysical Research Letters, Vol. 22, No. 4, Pages 465-468.

Tait, B.J. and A.P. Bolduc (1985) **An Update on Rates of Apparent Vertical Movement in the Great Lakes Basin**. Proceedings of the Third International Symposium on the North American Vertical Datum, pp.193-206, Rockville, Maryland.

Tushingham, A.M. and W.R. Peltier. (1991) **ICE3G: A new global model of late Pleistocene deglaciation based upon geophysical predictions of post-glacial relative sea level change** , American Geophysical Union, Journal of Geophysical Research, Vol. 96, Pages 4497-4523.

Tushingham, A.M. (1992) **Postglacial Uplift Predictions and Historical Water Levels of the Great Lakes**, Internat. Assoc. Great Lakes Res., J. Great Lakes Res. 18(3), pp. 440-455.

Table 1 – Liste des 55 sites de limnimètre et leur période d'enregistrement

<u>Lac</u>	<u>Nom</u>	<u>Abrév.</u>	<u>Id.</u>	<u>Années</u>	<u>Période¹</u>
Ontario	Burlington	Burl	13150	31	1970 - 2000
	Cape Vincent	Cape	02000	86	1898 - 2000, except.
	Cobourg	Cobo	13590	45	1956 - 2000
	Kingston	Kngs	13988	85	1916 - 2000
	Olcott	Olco	02076	32	1967 - 2000, except.
	Oswego	Oswe	02030	141	1860 - 2000
	Port Weller	PWel	13030	48	1929 - 2000, except.
	Rochester	Roch	02058	97	1860 - 2000, except.
	Toronto	Toro	13320	85	1916 - 2000
Érié	Barcelona	Barc	03032	28	1960 - 1987
	Bar Point	BarP	12005	35	1966 - 2000
	Buffalo Harbor	Buff	03020	124	1860 - 2000, except.
	Cleveland	Clev	03063	141	1860 - 2000
	Erie	Erie	03038	41	1958 - 2000, except.
	Erieau	Erio	12250	44	1957 - 2000
	Fairport Harbor	Fair	03053	26	1975 - 2000
	Fermi Power Plant	Ferm	03090	38	1963 - 2000
	Kingsville	Kngv	12065	39	1962 - 2000
	Marblehead	Marb	03079	40	1959 - 2000, except.
	Monroe	Monr	03087	14	1975 - 1988
	Port Colborne	PCol	12865	75	1926 - 2000
	Port Dover	PDov	12710	43	1958 - 2000
	Port Stanley	PSta	12400	75	1926 - 2000
	Sturgeon Point	StuP	03028	32	1969 - 2000
	Toledo	Tole	03085	95	1877 - 2000, except.
Huron	Collingwood	Coll	11500	74	1927 - 2000
	De Tour	DeTo	05098	43	1896 - 1983, except.
	De Tour Village		05099	23	1977 - 2000
	De Tour Village	DeT2 ²		65	1896 - 2000
	Essexville	Esse	05034	26	1953 - 1978
	Essexville		05035	24	1977 - 2000
	Essexville	Ess2 ²		48	1953 - 2000
	Goderich	Gode	11860	74	1927 - 2000
	Harbor Beach	Harb	05014	141	1860 - 2000
	Harrisville	Harr	05059	37	1961 - 1997

¹ Décembre 2000 sont les dernières données utilisées. Voir Table 2 pour les périodes sans données.

² Dans notre étude, les données de deux limnimètres dans le même port furent unies en un ensemble.

Table 1 - Liste des 55 sites de limnimètre et leur période d'enregistrement (Suite...)

<u>Lac</u>	<u>Nom</u>	<u>Abrév.</u>	<u>Id.</u>	<u>Années</u>	<u>Période¹</u>
Huron	Lakeport	Lake	05002	45	1955 - 2000, except.
	Little Current	Litt	11195	42	1959 - 2000
	Mackinaw City	Mack	05080	102	1899 - 2000
	Parry Sound	Parr	11375	41	1960 - 2000
	Thessalon	Thes	11070	74	1927 - 2000
	Tobermory	Tobe	11690	39	1962 - 2000
Michigan	Calumet Harbor	Calu	07044	98	1903 - 2000
	Green Bay	Gree	07078	29	1953 - 1981
	Green Bay		07079	22	1979 - 2000
	Green Bay	Gre ²		48	1953 - 2000
	Holland	Holl	07031	56	1894 - 1997, except.
	Kewaunee	Kewa	07068	24	1974 - 1997
	Ludington	Ludi	07023	69	1895 - 2000, except.
	Milwaukee	Milw	07058	110	1860 - 1969
	Milwaukee		07057	31	1970 - 2000
	Milwaukee	Mil ²		141	1860 - 2000
	Port Inland	PInl	07096	37	1964 - 2000
	Sturgeon Bay Canal	StuB	07072	90	1905 - 2000, except.
Supérieur	Duluth	Dulu	09064	135	1860 - 2000, except.
	Grand Marais	Gran	09090	34	1966 - 2000, except.
	Gros Cap	Gros	10920	40	1961 - 2000
	Marquette	Marq	09016	121	1860 - 1980
	Marquette C.G.		09018	21	1980 - 2000
	Marquette C.G.	Mar ²		141	1860 - 2000
	Michipicoten	Mich	10750	70	1931 - 2000
	Ontonagon	Onto	09044	41	1959 - 2000, except.
	Point Iroquois (Brimley)	Poin	09004	66	1930 - 2000, except.
	Rosspoint	Ross	10220	33	1967 - 2000
	Thunder Bay	Thun	10050	70	1931 - 2000
	Two Harbors	TwoH	09070	54	1887 - 1988, except.

¹ Décembre 2000 sont les dernières données utilisées. Voir Table 2 pour les périodes sans données.

² Dans notre étude, les données de deux limnimètres dans le même port furent unies en un ensemble.

Table 2 - Années sans données (i.e., sans moyennes mensuelles) de disponible.

<u>Lac</u>	<u>Abrév.</u>	<u>Années</u>	<u>Périodes sans données de disponible</u>
Ontario	Cape	16	1899 - 1913, 1915
	Olco	2	1998 - 99
	PWel	24	1932 - 55
	Roch	44	1908 - 34, 1936 - 52
Érié	Buff	17	1870 - 1886
	Erie	2	1998 - 99
	Marb	2	1998 - 99
	Tole	27	1878 - 1903, 1909 - 10
Huron	DeTo	40	1897 - 98, 1900, 1904 - 33, 1937 - 43
	Lake	2	1998-99
Michigan	Holl	49	1898, 1901 - 02, 1904, 1909 - 34, 1936 - 40, 1943 - 55, 1957 - 58
	Ludi	38	1898 - 99, 1901 - 02, 1907, 1909 - 34, 1938, 1940 - 43, 1948 - 49
	StuB	6	1920 - 21, 1923 - 24, 1926, 1998
Supérieur	Dulu	6	1974 - 79
	Gran	1	1998
	Onto	1	1998
	Poin	5	1945 - 49
	TwoH	48	1888 - 98, 1901 - 29, 1932 - 34, 1936 - 40

Table 3a - Nombre de données rejetées par mois et par site - Lac Ontario

Mois	Burl	Cape	Cobo	Kngs	Olco	Oswe	PWel	Roch	Toro	Total
Jan:	2	7	2	3	0	9	0	4	7	34
Fev:	0	7	1	1	0	8	1	7	3	28
Mar:	0	6	3	2	1	11	0	9	3	35
Avr:	1	4	1	2	0	13	1	12	4	38
Mai:	0	1	1	2	0	4	1	3	0	12
Jun:	2	0	0	0	0	2	0	2	0	6
Jul:	0	3	1	0	0	4	0	4	0	12
Aou:	0	4	0	0	0	2	3	2	2	13
Sep:	0	1	1	1	0	2	1	2	3	11
Oct:	1	3	1	1	0	5	0	5	2	18
Nov:	3	2	1	2	0	8	3	8	2	29
Dec:	1	9	1	2	0	9	1	8	2	33
Total:	10	47	13	16	1	77	11	66	28	269
# de mesures:	349	997	531	1019	377	1692	567	1143	1018	
% de rejets:	3%	5%	2%	2%	0%	5%	2%	6%	3%	

Table 3b - Nombre de données rejetées par mois et par site - Lac Érié

Mois	Barc	BarP	Buff	Clev	Erie	Erio	Fair	Ferm	Kngv	Marb	Monr	PCol	PDov	PSta	StuP	Tole	Total
Jan:	6	0	23	5	5	0	0	4	0	5	0	16	7	1	13	25	110
Fev:	1	0	2	2	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	15	24
Mar:	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	15
Avr:	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	8	13
Mai:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3
Jun:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Jul:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aou:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Sep:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Oct:	0	2	5	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	1	11	24
Nov:	3	4	33	10	4	0	0	6	2	4	2	15	3	1	11	50	148
Dec:	5	5	37	9	8	1	0	6	5	8	3	19	9	0	14	44	173
Total:	16	11	104	26	18	1	0	20	7	19	7	51	24	2	39	171	516
# de mesures:	306	411	1434	1692	475	510	304	447	456	465	157	900	490	884	383	1085	
% de rejets:	5%	3%	7%	2%	4%	0%	0%	4%	2%	4%	4%	6%	5%	0%	10%	16%	

Table 3c - Nombre de données rejetées par mois et par site - Lac Michigan-Huron

Mois	Calu	Coll	DeTo3	Esse3	Gode	Gree3	Harb	Harr	Holl	Kewa	Lake	Litt	Ludi	Mack	Milw3	Parr	Plni	StuB	Thes	Tobe	Total
Jan:	8	1	0	3	0	3	1	0	1	1	0	3	1	0	4	1	0	6	1	2	36
Fev:	8	0	0	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	2	5	1	1	4	0	0	29
Mar:	11	1	0	6	0	6	1	0	1	1	0	1	0	2	6	2	0	3	1	0	42
Avr:	9	0	0	6	1	8	3	1	1	1	0	0	1	0	5	1	0	4	0	0	41
Mai:	2	0	0	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	13
Jun:	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	4	0	0	12
Jul:	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	8
Aou:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	6
Sep:	5	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	15
Oct:	2	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	12
Nov:	10	7	0	10	2	12	1	0	0	2	1	3	0	2	4	4	0	1	4	0	63
Dec:	12	2	0	5	4	10	2	0	0	0	0	3	2	0	7	1	1	5	0	0	54
Total:	70	14	1	34	13	52	9	1	4	5	4	25	6	6	32	13	2	32	6	2	331
# de mesures:	1160	886	686	587	884	588	1692	416	528	286	507	497	669	1213	1687	485	431	1016	866	458	
% de rejets:	6%	2%	0%	6%	1%	9%	1%	0%	1%	2%	1%	5%	1%	0%	2%	3%	0%	3%	1%	0%	

Table 3d - Nombre de données rejetées par mois et par site - Lac Supérieur

Mois	Dulu	Gran	Gros	Marq	Mich	Onto	Poin	Ross	Thun	TwoH	Total
Jan:	10	0	7	6	2	2	8	2	0	1	38
Fev:	7	0	1	2	0	2	1	0	0	2	15
Mar:	1	1	0	1	0	3	0	2	1	0	9
Avr:	1	0	2	1	0	4	0	1	0	0	9
Mai:	6	0	2	5	1	1	0	0	0	1	16
Jun:	3	0	2	3	1	0	0	0	0	0	9
Jul:	1	0	2	1	1	1	0	1	0	1	8
Aou:	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Sep:	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	6
Oct:	3	0	0	2	1	0	1	0	0	1	8
Nov:	4	0	2	3	2	0	2	0	0	0	13
Dec:	3	0	4	1	3	1	1	0	0	1	14
Total:	41	1	27	26	11	14	13	6	1	7	147
# de mesures:	1571	398	454	1701	834	450	768	383	839	581	
% de rejets:	3%	0%	6%	2%	1%	3%	2%	2%	0%	1%	

Table 4a - Colonne 1: Vitesses verticales et leur erreur standard en cm/siècle, relatives à l'embouchure du lac (à Cape Vincent) pour le lac Ontario. Colonne 2: Les biais de site et leur erreur standard en mm, également relatifs au limnimètre de l'embouchure.

	cm/siècle	mm	
Burlington	-20.0± 0.7	4± 0.7	
Cape Vincent	0	0	< == embouchure
Cobourg	-7.7± 0.4	6± 0.7	
Kingston	2.5± 0.2	3± 0.7	
Olcott	-11.3± 0.6	5± 0.7	
Oswego	-4.5± 0.2	7± 0.7	
Port Weller	-14.7± 0.3	5± 0.7	
Rochester	-10.2± 0.2	6± 0.7	
Toronto	-12.1± 0.2	12± 0.7	

Table 4b - Colonne 1: Vitesses verticales et leur erreur standard en cm/siècle, relatives à l'embouchure du lac (à Buffalo) pour le lac Érié. Colonne 2: Les biais de site et leur erreur standard en mm, également relatifs au limnimètre de l'embouchure.

	cm/siècle	mm	
Barcelona	-1.3± 2.1	-1± 3.1	
Bar Point	-16.1± 1.4	-17± 1.8	< == pas utilisé à la fin
Buffalo Harbor	0	0	< == embouchure
Cleveland	-9.8± 0.3	-8± 1.6	
Erie	-12.1± 1.2	8± 1.9	
Erieau	-9.6± 1.1	-11± 1.8	
Fairport Harbor	-21.7± 2.2	6± 2.1	< == pas utilisé à la fin
Fermi Power Plant	-9.6± 1.3	-16± 1.8	
Kingsville	-10.3± 1.2	-14± 1.8	
Marblehead	-8.4± 1.2	-17± 1.9	
Monroe	-16.0± 5.9	-16± 3.2	< == pas utilisé à la fin
Port Colborne	-5.7± 0.5	2± 1.8	
Port Dover	-1.8± 1.1	1± 1.8	
Port Stanley	-7.4± 0.5	1± 1.8	
Sturgeon Point	2.1± 1.6	-2± 1.9	
Toledo	-8.6± 0.4	-9± 1.8	

Table 4c - Colonne 1: Vitesses verticales et leur erreur standard en cm/siècle, relatives à l'embouchure du lac (à Lakeport) pour le lac Michigan-Huron.

Colonne 2: Les biais de site et leur erreur standard en mm, également relatifs au limnimètre de l'embouchure.

Huron:

	cm/siècle	mm	
Collingwood	16.6± 0.7	-5± 1.3	
De Tour Village	17.3± 0.8	-3± 1.3	
Essexville	-1.3± 0.9	-1± 1.4	
Goderich	-1.5± 0.7	-1± 1.3	
Harbor Beach	0.1± 0.7	6± 1.3	
Harrisville	8.0± 1.1	-3± 1.4	
Lakeport	0	0	< == embouchure
Little Current	27.0± 1.0	-3± 1.3	
Mackinaw City	10.0± 0.7	-3± 1.3	
Parry Sound	24.3± 1.0	-8± 1.4	
Thessalon	20.8± 0.7	0± 1.3	
Tobermory	16.7± 1.0	5± 1.3	

Michigan:

	cm/siècle	mm
Calumet Harbor	-10.4± 0.7	7± 1.3
Green Bay	-6.2± 0.9	0± 1.4
Holland	-7.9± 0.8	7± 1.4
Kewaunee	-8.5± 1.8	-1± 1.5
Ludington	-12.2± 0.8	-1± 1.3
Milwaukee	-14.4± 0.7	0± 1.3
Port Inland	9.4± 1.1	-4± 1.4
Sturgeon Bay Canal	-3.8± 0.7	-2± 1.3

Table 4d - Colonne 1: Vitesses verticales et leur erreur standard en cm/siècle, relatives à l'embouchure du lac (à Point Iroquois) pour le lac Supérieur. Colonne 2: Les biais de site et leur erreur standard en mm, également relatifs au limnimètre de l'embouchure.

	cm/siècle	mm	
Duluth	-25.3± 0.3	-18± 0.9	
Grand Marais	-7.6± 0.8	-3± 1.0	
Gros Cap	1.6± 0.7	-8± 1.0	
Marquette C.G.	-12.2± 0.3	2± 0.9	
Michipicoten	23.3± 0.3	-4± 1.0	
Ontonagon	-18.7± 0.7	-8± 1.0	
Point Iroquois	0	0	< = = embouchure
Rosspport	27.5± 0.8	-6± 1.0	
Thunder Bay	2.4± 0.3	-9± 1.0	
Two Harbors	-21.2± 0.5	-2± 1.0	

Table 5a - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Ontario.

		Coordinating Tait and Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Burl	Cape					18.8 ± 1.8	20.0 ± 0.7
Burl	Cobo					13.5 ± 1.2	12.3 ± 0.8
Burl	Kngs					18.5 ± 1.7	22.5 ± 0.7
Burl	Olco					8.9 ± 0.9	8.7 ± 0.9
Burl	Oswe					13.9 ± 1.6	15.5 ± 0.7
Burl	PWel					4.4 ± 0.9	5.3 ± 0.8
Burl	Roch					13.3 ± 1.2	9.8 ± 0.7
Burl	Toro				21.2 ± 2.0	11.2 ± 1.0	7.9 ± 0.7
Cape	Cobo				-11.5 ± 1.9	-8.2 ± 1.5	-7.7 ± 0.4
Cape	Kngs	5.8 ± 0.6			-4.5 ± 2.2	2.4 ± 1.1	2.5 ± 0.2
Cape	Olco				-14.7 ± 2.6	-11.0 ± 1.4	-11.3 ± 0.6
Cape	Oswe	-2.1 ± 0.6			-2.8 ± 0.4	-4.8 ± 1.2	-4.5 ± 0.2
Cape	PWel				-12.2 ± 2.4	-14.9 ± 1.7	-14.7 ± 0.3
Cape	Roch				-7.7 ± 1.1	-8.2 ± 1.3	-10.2 ± 0.2
Cape	Toro	-11.6 ± 0.9			-11.2 ± 0.7	-12.1 ± 1.7	-12.1 ± 0.2
Cobo	Kngs				9.1 ± 2.3	7.9 ± 1.5	10.2 ± 0.4
Cobo	Olco				1.5 ± 2.4	-3.7 ± 0.9	-3.6 ± 0.7
Cobo	Oswe				6.8 ± 1.6	2.9 ± 1.4	3.2 ± 0.4
Cobo	PWel				-7.4 ± 3.1	-9.2 ± 1.0	-7.0 ± 0.5
Cobo	Roch				3.3 ± 1.3	0.2 ± 1.1	-2.5 ± 0.4
Cobo	Toro			-1.3 ± 1.0	-1.5 ± 1.6	-3.3 ± 1.0	-4.4 ± 0.4
Hami	Toro			0.8 ± 6.4			
Kngs	Olco				-7.4 ± 2.6	-10.0 ± 1.2	-13.8 ± 0.6
Kngs	Oswe	-7.9 ± 0.6	-7.6 ± 0.4	-7.5 ± 0.2	-1.2 ± 1.5	-7.4 ± 1.0	-7.0 ± 0.3
Kngs	PWel				-19.9 ± 2.8	-15.5 ± 1.6	-17.2 ± 0.4
Kngs	Roch				-6.0 ± 1.5	-7.7 ± 1.1	-12.7 ± 0.3
Kngs	Toro	-17.4 ± 0.9	-16.4 ± 0.6		-8.9 ± 2.2	-14.5 ± 1.6	-14.6 ± 0.3
Olco	Oswe				4.9 ± 1.6	5.2 ± 1.0	6.8 ± 0.6
Olco	PWel				-6.6 ± 2.8	-5.6 ± 0.7	-3.4 ± 0.7
Olco	Roch				4.0 ± 1.5	5.1 ± 0.7	1.1 ± 0.6
Olco	Toro			6.6 ± 1.5	3.9 ± 1.7	3.0 ± 0.7	-0.8 ± 0.6
Oswe	PWel				-9.5 ± 2.0	-9.9 ± 1.4	-10.2 ± 0.4
Oswe	Roch			-3.8 ± 0.5	-6.1 ± 0.4	-5.6 ± 1.6	-5.7 ± 0.3
Oswe	Toro	-9.4 ± 0.9	-8.8 ± 0.7	-8.5 ± 0.5	-11.3 ± 0.9	-7.2 ± 1.5	-7.6 ± 0.3
PDal	Toro			1.3 ± 0.6			
PWel	Roch				11.6 ± 2.4	9.0 ± 1.1	4.5 ± 0.4
PWel	Toro			-0.6 ± 0.7	-1.3 ± 2.0	2.7 ± 1.0	2.6 ± 0.4
Roch	Toro				-5.5 ± 0.8	-3.5 ± 1.1	-1.9 ± 0.3

Table 5b - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Érié.

		Coordinating Tait and Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Barc	BarP					-8.0 ± 4.2	-14.8 ± 2.5
Barc	Buff					6.3 ± 2.0	1.3 ± 2.1
Barc	Clev					-9.1 ± 3.3	-8.5 ± 2.1
Barc	Erie					-7.3 ± 1.6	-10.8 ± 2.4
Barc	Erio			3.8 ± 2.1		-9.3 ± 3.4	-8.3 ± 2.4
Barc	Fair					2.9 ± 2.5	-20.4 ± 3.0
Barc	Ferm					-9.7 ± 4.8	-8.3 ± 2.5
Barc	Kngv					-7.6 ± 4.2	-9.0 ± 2.4
Barc	Marb					-8.3 ± 4.6	-7.1 ± 2.4
Barc	Monr					-14.2 ± 5.1	-14.7 ± 6.3
Barc	PCol					-1.2 ± 1.8	-4.4 ± 2.2
Barc	PDov					-0.4 ± 1.5	-0.5 ± 2.4
Barc	PSta			4.6 ± 2.3		-9.4 ± 2.4	-6.1 ± 2.2
Barc	StuP					16.7 ± 1.9	3.4 ± 2.6
Barc	Tole					-7.8 ± 4.9	-7.3 ± 2.1
BarP	Buff				19.8 ± 5.9	18.7 ± 4.8	16.1 ± 1.4
BarP	Clev				7.0 ± 3.7	9.0 ± 2.3	6.3 ± 1.4
BarP	Erie				6.2 ± 4.9	-0.2 ± 4.1	4.0 ± 1.8
BarP	Erio				6.8 ± 4.9	7.3 ± 2.2	6.5 ± 1.8
BarP	Fair					-1.4 ± 2.8	-5.6 ± 2.6
BarP	Ferm					6.7 ± 1.7	6.5 ± 1.9
BarP	Kngv			2.0 ± 2.5	0.6 ± 6.0	5.6 ± 1.6	5.8 ± 1.8
BarP	Marb				6.6 ± 3.2	7.0 ± 1.9	7.7 ± 1.8
BarP	Monr					8.6 ± 2.3	0.1 ± 6.1
BarP	PCol					13.1 ± 4.6	10.4 ± 1.5
BarP	PDov				14.6 ± 5.0	14.5 ± 4.3	14.3 ± 1.8
BarP	PSta				6.7 ± 3.7	5.5 ± 3.6	8.7 ± 1.5
BarP	StuP				14.5 ± 7.9	19.1 ± 4.8	18.2 ± 2.1
BarP	Tole			2.7 ± 2.7	4.7 ± 3.0	4.7 ± 2.2	7.5 ± 1.5
Buff	Clev	-5.8 ± 1.2			-9.0 ± 0.5	-9.9 ± 4.5	-9.8 ± 0.3
Buff	Erie				-8.8 ± 2.1	-11.5 ± 2.1	-12.1 ± 1.2
Buff	Erio				-7.2 ± 3.0	-9.5 ± 3.8	-9.6 ± 1.1
Buff	Fair					-21.9 ± 2.9	-21.7 ± 2.2
Buff	Ferm					-12.3 ± 5.3	-9.6 ± 1.3
Buff	Kngv				-8.9 ± 4.3	-11.8 ± 4.6	-10.3 ± 1.2
Buff	Marb				-7.3 ± 2.7	-9.1 ± 4.9	-8.4 ± 1.2
Buff	Monr					-26.1 ± 5.5	-16.0 ± 5.9
Buff	PCol	-6.4 ± 0.9		-5.8 ± 0.4		-5.1 ± 1.3	-5.7 ± 0.5

Table 5b - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Érié. (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Buff	PDov				-3.1 ± 2.7	-2.5 ± 1.9	-1.8 ± 1.1
Buff	PSta	-0.3 ± 1.5			-0.5 ± 0.9	-6.1 ± 3.3	-7.4 ± 0.5
Buff	StuP				-0.1 ± 1.6	1.5 ± 1.1	2.1 ± 1.6
Buff	Tole				-4.5 ± 1.0	-7.8 ± 5.7	-8.6 ± 0.4
Clev	Erie				-1.2 ± 1.5	-3.2 ± 3.0	-2.3 ± 1.2
Clev	Erio				-0.1 ± 2.2	0.0 ± 1.4	0.2 ± 1.1
Clev	Fair			-6.9 ± 3.6		-16.6 ± 1.4	-11.9 ± 2.2
Clev	Ferm					-2.4 ± 2.6	0.2 ± 1.3
Clev	Kngv				-0.5 ± 2.8	-2.7 ± 1.9	-0.5 ± 1.2
Clev	Marb			0.6 ± 1.3	0.8 ± 1.3	-0.3 ± 2.2	1.4 ± 1.2
Clev	Monr					-12.0 ± 2.9	-6.2 ± 5.9
Clev	PCol	-0.6 ± 1.2	0.3 ± 0.9			3.8 ± 4.0	4.1 ± 0.6
Clev	PDov				6.2 ± 2.1	6.8 ± 3.0	8.0 ± 1.1
Clev	PSta	5.5 ± 1.5	4.9 ± 1.1	4.1 ± 0.5	5.8 ± 0.9	2.4 ± 2.2	2.4 ± 0.6
Clev	StuP				10.2 ± 3.2	8.7 ± 3.5	11.9 ± 1.6
Clev	Tole			2.1 ± 0.7	1.8 ± 0.7	0.1 ± 3.1	1.2 ± 0.5
Erie	Erio				1.0 ± 2.9	2.5 ± 2.9	2.5 ± 1.6
Erie	Fair					-5.0 ± 2.2	-9.6 ± 2.5
Erie	Ferm					4.8 ± 4.8	2.5 ± 1.8
Erie	Kngv				2.6 ± 3.0	3.7 ± 4.0	1.8 ± 1.7
Erie	Marb				2.5 ± 2.2	4.0 ± 4.3	3.7 ± 1.7
Erie	Monr					-2.0 ± 4.8	-3.9 ± 6.0
Erie	PCol					6.9 ± 1.9	6.4 ± 1.3
Erie	PDov				5.3 ± 2.6	9.6 ± 1.4	10.3 ± 1.6
Erie	PSta			1.1 ± 2.1	0.2 ± 2.2	1.9 ± 1.9	4.7 ± 1.3
Erie	StuP				10.7 ± 4.2	15.4 ± 1.8	14.2 ± 2.0
Erie	Tole				2.4 ± 2.4	1.8 ± 4.8	3.5 ± 1.3
Erio	Fair					-14.1 ± 1.4	-12.1 ± 2.5
Erio	Ferm					-1.7 ± 2.7	0.0 ± 1.7
Erio	Kngv				2.9 ± 4.0	-1.7 ± 2.0	-0.7 ± 1.6
Erio	Marb				-0.3 ± 1.9	-0.3 ± 2.4	1.2 ± 1.6
Erio	Monr					-4.3 ± 3.0	-6.4 ± 6.0
Erio	PCol					5.5 ± 3.7	3.9 ± 1.2
Erio	PDov				6.1 ± 4.4	7.3 ± 3.0	7.8 ± 1.6
Erio	PSta			5.5 ± 2.0	2.2 ± 3.2	-0.5 ± 2.1	2.2 ± 1.2
Erio	StuP				10.7 ± 4.2	10.3 ± 3.5	11.7 ± 1.9
Erio	Tole				-0.5 ± 2.6	-2.7 ± 3.1	1.0 ± 1.2

Table 5b - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Érié. (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Fair	Ferm					14.1 ± 3.3	12.1 ± 2.6
Fair	Kngv					10.1 ± 2.6	11.4 ± 2.5
Fair	Marb					13.8 ± 3.0	13.3 ± 2.5
Fair	Monr					-8.0 ± 3.7	5.7 ± 6.3
Fair	PCol					15.8 ± 3.0	16.0 ± 2.3
Fair	PDov					19.9 ± 2.4	19.9 ± 2.5
Fair	PSta					12.9 ± 1.4	14.3 ± 2.3
Fair	StuP					22.3 ± 2.9	23.8 ± 2.7
Fair	Tole					13.0 ± 3.6	13.1 ± 2.2
Ferm	Kngv					-0.4 ± 1.4	-0.7 ± 1.8
Ferm	Marb					1.4 ± 1.3	1.2 ± 1.8
Ferm	Monr					-2.7 ± 1.1	-6.4 ± 6.0
Ferm	PCol					6.6 ± 5.2	3.9 ± 1.4
Ferm	PDov					7.6 ± 4.9	7.8 ± 1.7
Ferm	PSta					-0.8 ± 4.1	2.2 ± 1.4
Ferm	StuP					10.5 ± 5.2	11.7 ± 2.1
Ferm	Tole			1.6 ± 1.3		-1.4 ± 1.3	1.0 ± 1.4
Kngv	Marb				3.1 ± 2.3	1.6 ± 1.4	1.9 ± 1.7
Kngv	Monr					5.2 ± 1.7	-5.7 ± 6.0
Kngv	PCol					7.2 ± 4.6	4.6 ± 1.3
Kngv	PDov				8.8 ± 3.8	8.6 ± 4.1	8.5 ± 1.6
Kngv	PSta				-4.8 ± 3.6	-0.3 ± 3.4	2.9 ± 1.3
Kngv	StuP				11.0 ± 6.6	12.6 ± 4.5	12.4 ± 2.0
Kngv	Tole				4.7 ± 2.6	-0.7 ± 2.1	1.7 ± 1.3
Marb	Monr					-5.5 ± 1.5	-7.6 ± 6.0
Marb	PCol					4.6 ± 4.9	2.7 ± 1.3
Marb	PDov				5.4 ± 3.0	6.2 ± 4.5	6.6 ± 1.6
Marb	PSta				-1.0 ± 2.7	-1.3 ± 3.8	1.0 ± 1.3
Marb	StuP				7.4 ± 3.5	9.0 ± 4.9	10.5 ± 2.0
Marb	Tole				0.0 ± 1.1	-2.0 ± 1.8	-0.2 ± 1.3
Monr	PCol					7.2 ± 5.5	10.3 ± 5.9
Monr	PDov					11.0 ± 5.0	14.2 ± 6.0
Monr	PSta					6.8 ± 4.4	8.6 ± 5.9
Monr	StuP					24.1 ± 5.3	18.1 ± 6.1
Monr	Tole			6.6 ± 4.3		3.6 ± 1.4	7.4 ± 5.9
PCol	PDov					1.9 ± 1.5	3.9 ± 1.2
PCol	PSta	6.1 ±	4.6 ± 1.2	3.8 ± 0.6		-1.0 ± 2.9	-1.7 ± 0.7
PCol	StuP			4.6 ± 2.4		4.6 ± 0.9	7.8 ± 1.7

Table 5b - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Érié. (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
PCol	Tole					-2.3 ± 5.4	-2.9 ± 0.6
PDov	PSta			-7.0 ± 2.3	-5.7 ± 3.1	-8.1 ± 1.8	-5.6 ± 1.2
PDov	StuP				8.0 ± 3.5	4.6 ± 1.4	3.9 ± 1.9
PDov	Tole				4.7 ± 3.7	-8.5 ± 4.9	-6.8 ± 1.2
PSta	StuP				11.4 ± 3.3	12.0 ± 2.3	9.5 ± 1.7
PSta	Tole				-2.8 ± 1.3	-2.2 ± 4.0	-1.2 ± 0.6
StuP	Tole				-10.3 ± 4.5	-12.2 ± 5.5	-10.7 ± 1.6

Table 5c - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Michigan-Huron.

		Coordinating Tait and Com., 1977	Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Calu	Coll	31.7 ± 2.1			29.1 ± 1.5	26.7 ± 3.9	27.0 ± 1.0
Calu	DeTo3					27.0 ± 3.2	27.7 ± 1.1
Calu	Esse3				10.5 ± 2.0	8.0 ± 2.1	9.1 ± 1.1
Calu	Gode	10.4 ± 2.4			8.9 ± 1.0	8.5 ± 3.5	8.9 ± 1.0
Calu	Gree3				5.0 ± 2.3	3.0 ± 2.1	4.2 ± 1.1
Calu	Harb	12.5 ± 1.8			13.2 ± 1.1	11.7 ± 2.9	10.5 ± 1.0
Calu	Harr				13.3 ± 3.2	16.1 ± 2.9	18.4 ± 1.3
Calu	Holl				3.6 ± 1.6	3.2 ± 1.9	2.5 ± 1.1
Calu	Kewa					-0.9 ± 1.8	1.9 ± 1.9
Calu	Lake				11.0 ± 1.9	9.6 ± 2.6	10.4 ± 0.7
Calu	Litt					34.3 ± 3.9	37.4 ± 1.2
Calu	Ludi				-5.3 ± 1.8	-3.0 ± 2.4	-1.8 ± 1.1
Calu	Mack	20.1 ± 2.1			22.1 ± 1.1	20.5 ± 3.3	20.4 ± 1.0
Calu	Milw3	-4.9 ± 1.2		-4.5 ± 0.7	-2.4 ± 1.0	-5.1 ± 1.8	-4.0 ± 1.0
Calu	Parr				29.2 ± 3.7	32.2 ± 4.0	34.7 ± 1.2
Calu	PInl				17.0 ± 3.9	16.7 ± 2.7	19.8 ± 1.3
Calu	StuB	7.6 ± 1.8			10.5 ± 1.4	6.9 ± 2.3	6.6 ± 1.0
Calu	Thes	31.4 ± 2.1			29.4 ± 1.3	31.1 ± 3.4	31.2 ± 1.0
Calu	Tobe				15.3 ± 5.0	24.5 ± 3.8	27.1 ± 1.2
Coll	DeTo3					3.0 ± 1.8	0.7 ± 1.1
Coll	Esse3				-13.7 ± 2.1	-15.1 ± 3.1	-17.9 ± 1.1
Coll	Gode	-20.4 ± 1.5	-20.6 ± 1.6	-18.9 ± 0.4	-18.7 ± 0.7	-18.2 ± 1.5	-18.1 ± 1.0
Coll	Gree3				-17.1 ± 2.2	-20.2 ± 3.9	-22.8 ± 1.1
Coll	Harb	-19.2 ± 0.6			-15.8 ± 0.4	-14.5 ± 1.6	-16.5 ± 1.0
Coll	Harr				-4.2 ± 2.8	-6.0 ± 1.6	-8.6 ± 1.3
Coll	Holl				-19.8 ± 3.0	-23.8 ± 3.2	-24.5 ± 1.1
Coll	Kewa					-22.1 ± 3.5	-25.1 ± 1.9
Coll	Lake				-11.7 ± 2.1	-14.0 ± 2.0	-16.6 ± 0.7
Coll	Litt					14.9 ± 1.9	10.4 ± 1.2
Coll	Ludi				-31.8 ± 2.0	-30.7 ± 3.0	-28.8 ± 1.1
Coll	Mack	-11.3 ± 1.2			-7.2 ± 0.7	-5.9 ± 2.1	-6.6 ± 1.0
Coll	Milw3	-36.3 ± 1.8			-31.4 ± 0.8	-32.4 ± 3.7	-31.0 ± 1.0
Coll	Parr			12.0 ± 1.2	12.2 ± 1.9	11.0 ± 1.1	7.7 ± 1.2
Coll	PInl				-0.6 ± 3.6	-3.0 ± 2.7	-7.2 ± 1.3
Coll	StuB	-24.1 ± 1.5			-19.1 ± 0.8	-20.8 ± 3.3	-20.4 ± 1.0
Coll	Thes	0.0 ± 0.9		1.8 ± 0.6	1.7 ± 0.7	4.1 ± 1.7	4.2 ± 1.0
Coll	Tobe			4.2 ± 1.8	4.3 ± 2.9	3.4 ± 1.3	0.1 ± 1.2

Table 5c - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Michigan-Huron (Suite...)

	Coordinating Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci:	
					avant	après
DeTo3 Esse3					-19.3 ± 2.7	-18.6 ± 1.2
DeTo3 Gode					-21.0 ± 1.9	-18.8 ± 1.1
DeTo3 Gree3					-24.3 ± 3.1	-23.5 ± 1.2
DeTo3 Harb					-15.3 ± 1.6	-17.2 ± 1.1
DeTo3 Harr					-9.9 ± 1.3	-9.3 ± 1.4
DeTo3 Holl					-26.2 ± 2.4	-25.2 ± 1.1
DeTo3 Kewa					-27.6 ± 2.6	-25.8 ± 2.0
DeTo3 Lake					-17.9 ± 2.0	-17.3 ± 0.8
DeTo3 Litt					9.9 ± 1.7	9.7 ± 1.3
DeTo3 Ludi					-34.2 ± 2.1	-29.5 ± 1.1
DeTo3 Mack					-6.1 ± 1.1	-7.3 ± 1.1
DeTo3 Milw3					-31.8 ± 2.9	-31.7 ± 1.1
DeTo3 Parr					6.5 ± 1.7	7.0 ± 1.3
DeTo3 PInl					-9.0 ± 1.5	-7.9 ± 1.4
DeTo3 StuB					-22.4 ± 2.4	-21.1 ± 1.1
DeTo3 Thes			3.2 ± 0.8		2.7 ± 1.1	3.5 ± 1.1
DeTo3 Tobe					-1.4 ± 1.5	-0.6 ± 1.3
Esse3 Gode				-3.3 ± 2.9	-1.6 ± 2.9	-0.2 ± 1.1
Esse3 Gree3				-4.9 ± 1.4	-5.0 ± 2.2	-4.9 ± 1.3
Esse3 Harb			1.7 ± 1.9	3.7 ± 1.3	4.5 ± 2.2	1.4 ± 1.1
Esse3 Harr				8.4 ± 2.3	10.8 ± 2.4	9.3 ± 1.4
Esse3 Holl				-7.8 ± 1.9	-6.2 ± 2.1	-6.6 ± 1.2
Esse3 Kewa					-6.3 ± 2.1	-7.2 ± 2.0
Esse3 Lake				1.1 ± 1.4	1.4 ± 1.9	1.3 ± 0.9
Esse3 Litt					30.5 ± 3.3	28.3 ± 1.3
Esse3 Ludi				-16.5 ± 1.7	-14.8 ± 2.4	-10.9 ± 1.2
Esse3 Mack				12.7 ± 1.8	14.4 ± 2.7	11.3 ± 1.1
Esse3 Milw3				-15.3 ± 1.8	-13.5 ± 2.2	-13.1 ± 1.1
Esse3 Parr				25.8 ± 3.4	27.3 ± 3.4	25.6 ± 1.3
Esse3 PInl				10.7 ± 3.1	12.5 ± 2.5	10.7 ± 1.4
Esse3 StuB				-4.7 ± 1.6	-3.4 ± 2.0	-2.5 ± 1.1
Esse3 Thes				16.7 ± 2.4	22.6 ± 2.9	22.1 ± 1.1
Esse3 Tobe				16.4 ± 4.0	20.3 ± 3.2	18.0 ± 1.3
Gode Gree3				-0.8 ± 3.5	-3.4 ± 3.8	-4.7 ± 1.1
Gode Harb	1.5 ± 1.2	3.7 ± 1.4	2.3 ± 0.4	2.3 ± 0.6	3.7 ± 1.4	1.6 ± 1.0
Gode Harr				8.6 ± 4.9	9.8 ± 1.6	9.5 ± 1.3

Table 5c - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Michigan-Huron (Suite...)

		Coordinating Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Gode	Holl				-4.9 ± 3.8	-5.9 ± 2.9	-6.4 ± 1.1
Gode	Kewa					-3.4 ± 3.2	-7.0 ± 1.9
Gode	Lake			2.8 ± 1.6	3.8 ± 2.7	2.3 ± 1.9	1.5 ± 0.7
Gode	Litt					30.5 ± 2.3	28.5 ± 1.2
Gode	Ludi				-14.6 ± 2.4	-13.4 ± 2.9	-10.7 ± 1.1
Gode	Mack	9.4 ± 1.5	11.7 ± 1.5		11.6 ± 0.7	12.4 ± 2.2	11.5 ± 1.0
Gode	Milw3	-14.9 ± 1.8	-13.1 ± 1.6		-12.7 ± 0.9	-14.3 ± 3.3	-12.9 ± 1.0
Gode	Parr				26.8 ± 3.6	27.0 ± 1.9	25.8 ± 1.2
Gode	PInl				8.7 ± 5.8	11.9 ± 2.7	10.9 ± 1.3
Gode	StuB	-3.0 ± 1.5			-1.4 ± 0.8	-2.6 ± 3.1	-2.3 ± 1.0
Gode	Thes	20.7 ± 1.2	21.5 ± 1.6		20.8 ± 0.9	22.4 ± 1.9	22.3 ± 1.0
Gode	Tobe				16.9 ± 5.8	19.0 ± 1.9	18.2 ± 1.2
Gree3	Harb				8.1 ± 1.4	9.7 ± 3.1	6.3 ± 1.1
Gree3	Harr				13.1 ± 2.2	15.5 ± 3.1	14.2 ± 1.4
Gree3	Holl				-3.5 ± 1.5	-1.7 ± 2.0	-1.7 ± 1.2
Gree3	Kewa					1.3 ± 1.7	-2.3 ± 2.0
Gree3	Lake				6.1 ± 1.7	6.8 ± 2.9	6.2 ± 0.9
Gree3	Litt					33.6 ± 3.8	33.2 ± 1.3
Gree3	Ludi				-11.5 ± 1.3	-10.0 ± 2.1	-6.0 ± 1.2
Gree3	Mack				18.0 ± 2.1	19.4 ± 3.0	16.2 ± 1.1
Gree3	Milw3				-11.0 ± 1.7	-8.7 ± 1.8	-8.2 ± 1.1
Gree3	Parr				29.1 ± 2.7	31.7 ± 4.1	30.5 ± 1.3
Gree3	PInl				14.3 ± 2.8	16.0 ± 2.4	15.6 ± 1.4
Gree3	StuB			-1.7 ± 1.7	0.0 ± 1.6	1.3 ± 1.6	2.4 ± 1.1
Gree3	Thes				21.5 ± 2.4	27.5 ± 3.2	27.0 ± 1.1
Gree3	Tobe				17.9 ± 3.2	23.7 ± 3.8	22.9 ± 1.3
Harb	Harr			4.7 ± 1.2	4.9 ± 1.2	5.2 ± 0.9	7.9 ± 1.3
Harb	Holl				-11.9 ± 1.5	-8.7 ± 2.3	-8.0 ± 1.1
Harb	Kewa					-11.0 ± 2.6	-8.6 ± 1.9
Harb	Lake				-2.5 ± 1.1	-3.2 ± 0.9	-0.1 ± 0.7
Harb	Litt					24.8 ± 2.0	26.9 ± 1.2
Harb	Ludi				-20.2 ± 1.1	-13.6 ± 2.6	-12.3 ± 1.1
Harb	Mack	7.6 ± 1.2			9.1 ± 0.4	8.9 ± 1.8	9.9 ± 1.0
Harb	Milw3	-17.1 ± 1.5			-13.7 ± 0.4	-14.5 ± 2.9	-14.5 ± 1.0
Harb	Parr				21.7 ± 1.8	21.9 ± 1.8	24.2 ± 1.2
Harb	PInl				7.1 ± 2.3	6.8 ± 2.1	9.3 ± 1.3

Table 5c - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Michigan-Huron (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Harb	StuB	-5.2 ± 1.2			-3.3 ± 0.6	-5.3 ± 2.5	-3.9 ± 1.0
Harb	Thes	19.2 ± 1.2			17.5 ± 0.6	18.7 ± 1.6	20.7 ± 1.0
Harb	Tobe				11.2 ± 2.6	14.2 ± 1.6	16.6 ± 1.2
Harr	Holl				-16.1 ± 2.1	-17.0 ± 2.3	-15.9 ± 1.4
Harr	Kewa					-15.9 ± 2.6	-16.5 ± 2.1
Harr	Lake				-6.8 ± 2.3	-8.1 ± 1.4	-8.0 ± 1.1
Harr	Litt					17.7 ± 1.7	19.0 ± 1.5
Harr	Ludi				-21.0 ± 2.1	-23.2 ± 2.2	-20.2 ± 1.4
Harr	Mack				6.9 ± 2.2	5.9 ± 1.5	2.0 ± 1.3
Harr	Milw3				-19.2 ± 2.8	-21.7 ± 2.8	-22.4 ± 1.3
Harr	Parr				17.5 ± 2.3	17.6 ± 1.7	16.3 ± 1.5
Harr	PInl				2.6 ± 2.6	1.4 ± 1.9	1.4 ± 1.6
Harr	StuB				-10.0 ± 2.1	-11.9 ± 2.4	-11.8 ± 1.3
Harr	Thes				11.3 ± 3.4	13.6 ± 1.5	12.8 ± 1.3
Harr	Tobe				6.6 ± 2.9	8.8 ± 1.6	8.7 ± 1.5
Holl	Kewa					-0.4 ± 1.4	-0.6 ± 2.0
Holl	Lake				10.3 ± 1.7	8.1 ± 2.3	7.9 ± 0.8
Holl	Litt					35.5 ± 3.2	34.9 ± 1.3
Holl	Ludi				-5.5 ± 1.4	-3.2 ± 1.5	-4.3 ± 1.1
Holl	Mack				24.7 ± 2.4	18.1 ± 2.4	17.9 ± 1.1
Holl	Milw3			-14.7 ± 1.3	-2.8 ± 1.4	-7.3 ± 1.6	-6.5 ± 1.1
Holl	Parr				32.8 ± 2.8	33.1 ± 3.4	32.2 ± 1.3
Holl	PInl				19.1 ± 2.6	18.2 ± 1.9	17.3 ± 1.4
Holl	StuB				5.8 ± 1.4	4.2 ± 1.4	4.1 ± 1.1
Holl	Thes				26.5 ± 2.9	30.2 ± 2.5	28.7 ± 1.1
Holl	Tobe				21.3 ± 3.7	25.5 ± 3.0	24.6 ± 1.3
Kewa	Lake					6.9 ± 2.5	8.5 ± 1.8
Kewa	Litt					31.0 ± 3.4	35.5 ± 2.1
Kewa	Ludi					-5.2 ± 1.5	-3.7 ± 2.0
Kewa	Mack					20.1 ± 2.4	18.5 ± 1.9
Kewa	Milw3					-8.1 ± 1.3	-5.9 ± 1.9
Kewa	Parr					31.7 ± 3.7	32.8 ± 2.1
Kewa	PInl					17.0 ± 1.9	17.9 ± 2.1
Kewa	StuB			14.5 ± 3.3		4.9 ± 1.0	4.7 ± 1.9
Kewa	Thes					34.1 ± 2.8	29.3 ± 1.9
Kewa	Tobe					32.0 ± 3.5	25.2 ± 2.1

Table 5c - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Michigan-Huron (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Lake	Litt					28.2 ± 2.5	27.0 ± 1.0
Lake	Ludi				-17.1 ± 1.9	-16.2 ± 2.4	-12.2 ± 0.8
Lake	Mack				12.9 ± 2.0	13.9 ± 2.2	10.0 ± 0.7
Lake	Milw3				-16.2 ± 1.8	-14.9 ± 2.5	-14.4 ± 0.7
Lake	Parr				22.8 ± 2.5	24.9 ± 2.3	24.3 ± 1.0
Lake	PIInl				9.9 ± 3.1	10.6 ± 2.3	9.4 ± 1.1
Lake	StuB				-5.7 ± 1.6	-5.0 ± 2.4	-3.8 ± 0.7
Lake	Thes				16.4 ± 2.8	21.5 ± 2.2	20.8 ± 0.7
Lake	Tobe				11.7 ± 3.9	16.5 ± 2.2	16.7 ± 1.0
Litt	Ludi					-41.6 ± 3.0	-39.2 ± 1.3
Litt	Mack					-13.3 ± 1.8	-17.0 ± 1.2
Litt	Milw3					-39.3 ± 3.7	-41.4 ± 1.2
Litt	Parr					-3.2 ± 1.6	-2.7 ± 1.4
Litt	PIInl					-14.4 ± 2.3	-17.6 ± 1.5
Litt	StuB					-30.5 ± 3.3	-30.8 ± 1.2
Litt	Thes			-20.4 ± 2.4		-4.4 ± 1.7	-6.2 ± 1.2
Litt	Tobe					-8.2 ± 1.5	-10.3 ± 1.4
Ludi	Mack				29.1 ± 1.4	23.7 ± 2.3	22.2 ± 1.1
Ludi	Milw3			-2.6 ± 1.5	0.9 ± 1.5	-3.6 ± 2.1	-2.2 ± 1.1
Ludi	Parr				38.7 ± 2.3	39.2 ± 3.2	36.5 ± 1.3
Ludi	PIInl				22.0 ± 1.6	23.0 ± 1.4	21.6 ± 1.4
Ludi	StuB			11.6 ± 0.7	11.5 ± 0.9	10.3 ± 1.4	8.4 ± 1.1
Ludi	Thes				34.2 ± 1.5	37.1 ± 2.2	33.0 ± 1.1
Ludi	Tobe				28.4 ± 2.9	31.1 ± 2.9	28.9 ± 1.3
Mack	Milw3	-24.7 ± 1.5			-24.2 ± 0.6	-25.3 ± 2.9	-24.4 ± 1.0
Mack	Parr				8.2 ± 2.7	10.0 ± 2.0	14.3 ± 1.2
Mack	PIInl			-6.8 ± 1.8	-4.3 ± 2.1	-4.3 ± 1.4	-0.6 ± 1.3
Mack	StuB	-12.8 ± 1.2		-13.9 ± 0.6	-12.0 ± 0.6	-14.0 ± 2.5	-13.8 ± 1.0
Mack	Thes	11.6 ± 1.2		9.2 ± 0.5	9.4 ± 0.8	10.1 ± 1.3	10.8 ± 1.0
Mack	Tobe				2.6 ± 3.6	3.1 ± 1.8	6.7 ± 1.2
Milw3	Parr				35.3 ± 3.6	37.2 ± 3.9	38.7 ± 1.2
Milw3	PIInl				23.2 ± 3.4	22.9 ± 2.2	23.8 ± 1.3
Milw3	StuB	12.2 ± 1.2			12.5 ± 0.5	11.8 ± 1.7	10.6 ± 1.0
Milw3	Thes	36.0 ± 1.5			34.5 ± 1.1	36.8 ± 3.0	35.2 ± 1.0
Milw3	Tobe				22.8 ± 4.6	30.2 ± 3.6	31.1 ± 1.2

Table 5c - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Michigan-Huron (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Parr	PInl				-15.1 ± 2.7	-14.3 ± 2.6	-14.9 ± 1.5
Parr	StuB				-27.2 ± 2.5	-28.0 ± 3.5	-28.1 ± 1.2
Parr	Thes				-4.2 ± 2.2	-2.4 ± 1.7	-3.5 ± 1.2
Parr	Tobe				-10.1 ± 3.2	-8.5 ± 1.3	-7.6 ± 1.4
PInl	StuB				-14.9 ± 1.8	-13.1 ± 1.6	-13.2 ± 1.3
PInl	Thes				10.2 ± 2.9	13.2 ± 1.7	11.4 ± 1.3
PInl	Tobe				9.0 ± 3.7	7.8 ± 2.4	7.3 ± 1.5
StuB	Thes	24.4 ± 1.2			23.7 ± 0.8	25.0 ± 2.6	24.6 ± 1.0
StuB	Tobe				16.2 ± 3.9	20.1 ± 3.2	20.5 ± 1.2
Thes	Tobe				-2.6 ± 2.9	-5.5 ± 1.4	-4.1 ± 1.2

Table 5d - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Supérieur.

		Coordinating Tait and Com., 1977	Carrera Bolduc, 1985 et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après		
Dulu	Gran			22.3 ± 1.2	19.4 ± 1.2	17.7 ± 0.9	
Dulu	Gros			29.5 ± 4.1	28.6 ± 2.5	26.9 ± 0.8	
Dulu	Marq3	11.3 ± 0.9		11.7 ± 0.4	13.1 ± 2.5	13.1 ± 0.4	
Dulu	Mich	52.1 ± 1.5	50.9 ± 1.0	47.1 ± 0.9	50.2 ± 2.5	48.6 ± 0.4	
Dulu	Onto			8.0 ± 1.9	8.5 ± 1.8	6.6 ± 0.8	
Dulu	Poin	23.5 ± 1.2		25.8 ± 0.8	26.9 ± 2.6	25.3 ± 0.3	
Dulu	Ross				55.1 ± 2.2	52.8 ± 0.9	
Dulu	Thun	29.0 ± 1.2	29.9 ± 0.9	30.8 ± 0.4	29.9 ± 0.6	29.4 ± 1.5	27.7 ± 0.4
Dulu	TwoH		5.9 ± 0.5		4.9 ± 0.9	4.1 ± 0.6	
Gran	Gros			9.5 ± 1.4	7.2 ± 1.8	9.2 ± 1.1	
Gran	Marq3			-2.7 ± 1.8	-0.7 ± 1.3	-4.6 ± 0.9	
Gran	Mich			22.5 ± 2.8	29.6 ± 1.8	30.9 ± 0.9	
Gran	Onto			-15.0 ± 2.5	-12.1 ± 1.3	-11.1 ± 1.1	
Gran	Poin			9.6 ± 2.0	9.0 ± 1.8	7.6 ± 0.8	
Gran	Ross				35.0 ± 1.8	35.1 ± 1.1	
Gran	Thun		15.3 ± 2.2	15.3 ± 3.5	10.0 ± 1.2	10.0 ± 0.9	
Gran	TwoH				-11.9 ± 0.8	-13.6 ± 0.9	
Gros	Marq3			-14.4 ± 4.0	-10.7 ± 1.4	-13.8 ± 0.8	
Gros	Mich			17.1 ± 4.2	18.9 ± 1.4	21.7 ± 0.8	
Gros	Onto			-20.5 ± 11	-20.7 ± 2.0	-20.3 ± 1.0	
Gros	Poin		3.4 ± 4.0	3.4 ± 9.7	-0.2 ± 1.2	-1.6 ± 0.7	
Gros	Ross				27.2 ± 2.0	25.9 ± 1.1	
Gros	Thun			0.6 ± 5.1	0.2 ± 2.1	0.8 ± 0.8	
Gros	TwoH				-21.4 ± 2.3	-22.8 ± 0.9	
Marq3	Mich	40.8 ± 0.9	39.4 ± 0.8	35.4 ± 0.5	33.7 ± 0.8	33.9 ± 1.3	35.5 ± 0.4
Marq3	Onto			-7.5 ± 2.1	-12.4 ± 1.8	-9.4 ± 1.5	-6.5 ± 0.8
Marq3	Poin	12.2 ± 0.6		11.1 ± 0.5	10.6 ± 1.1	12.2 ± 0.3	
Marq3	Ross				35.7 ± 1.9	39.7 ± 0.9	
Marq3	Thun	17.7 ± 1.2	17.5 ± 1.1	18.7 ± 0.5	16.9 ± 0.6	13.0 ± 1.8	14.6 ± 0.4
Marq3	TwoH					-9.0 ± 1.8	-9.0 ± 0.6
Mich	Onto			-36.7 ± 2.7	-39.1 ± 1.7	-42.0 ± 0.8	
Mich	Poin	-29.0 ± 0.9		-25.4 ± 0.5	-25.3 ± 0.8	-23.3 ± 1.3	-23.3 ± 0.3
Mich	Ross					5.7 ± 2.0	4.2 ± 0.9
Mich	Thun	-23.2 ± 1.5	-21.0 ± 1.2		-17.3 ± 1.0	-20.9 ± 2.0	-20.9 ± 0.4
Mich	TwoH					-45.0 ± 2.3	-44.5 ± 0.6
Onto	Poin	23.5 ± 1.2		20.5 ± 2.0	19.2 ± 1.8	18.7 ± 0.7	
Onto	Ross					46.3 ± 2.0	46.2 ± 1.1
Onto	Thun			26.8 ± 2.5	21.1 ± 1.5	21.1 ± 0.8	

Table 5d - Comparaison des vitesses verticales relatives et leur erreur standard en cm/siècle entre les limnimètres du lac Supérieur. (Suite...)

		Coordinating Tait and Com., 1977	Tait and Bolduc, 1985	Carrera et al, 1991	Tushingam, 1992	Cette étude-ci: avant après	
Onto	TwoH					1.2 ± 1.7	-2.5 ± 0.9
Poin	Ross					25.8 ± 2.1	27.5 ± 0.8
Poin	Thun	5.8 ± 1.2			5.8 ± 0.9	2.5 ± 2.2	2.4 ± 0.3
Poin	TwoH					-20.5 ± 2.3	-21.2 ± 0.5
Ross	Thun			-27.4 ± 3.2		-24.9 ± 1.7	-25.1 ± 0.9
Ross	TwoH					-57.7 ± 2.2	-48.7 ± 0.9
Thun	TwoH					-23.8 ± 1.4	-23.6 ± 0.6

Fig. 3 - Un exemple de vitesse verticale relative de la croûte terrestre. Le mouvement vertical de la croûte terrestre est ici estimé à l'aide de deux limnimètres. La différence entre la moyenne mensuelle du niveau du lac enregistrée aux deux limnimètres, ici Calumet Harbour, Michigan, et Parry Sound, Ontario, est représenté graphiquement pour tous les mois mesurés (ici de l'an 1860 à 2000) et indique un [changement linéaire](#). L'axe horizontal indique les années et mois de 1860 à 2000. L'axe vertical est la moyenne du niveau du lac en mètres pour un mois moins la même valeur pour l'autre limnimètres. La ligne droite en noir est le changement linéaire obtenu par moindres-carrés utilisant seulement les deux limnimètres. La ligne représente bien les données, et indique que Calumet Harbour s'enfonce relativement à Parry Sound par 32 cm par siècle. La ligne droite rose est le changement linéaire obtenu par moindres-carrés utilisant tous les limnimètres sur le lac. La ligne indique que Calumet Harbour s'enfonce plus exactement de 35 cm relativement à Parry Sound par siècle. Les grands carrés roses sont les données rejetées par la méthode des moindres-carrés.

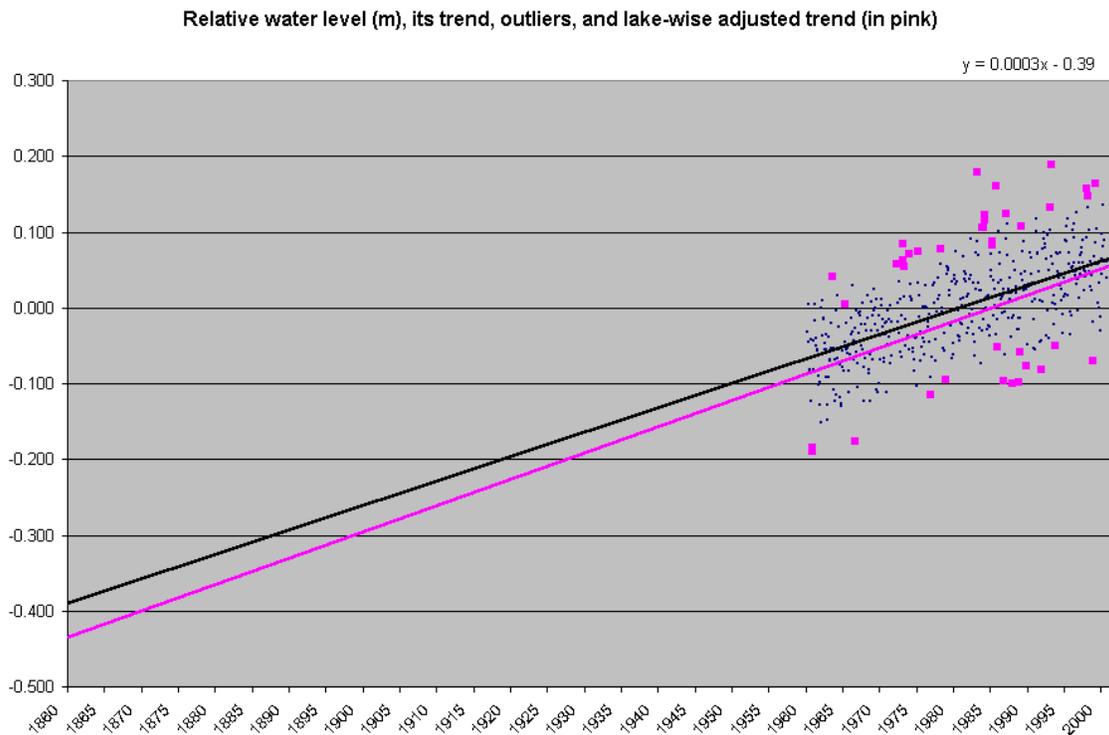


Fig. 4 - Emplacement des [différences entre limnimètres](#).

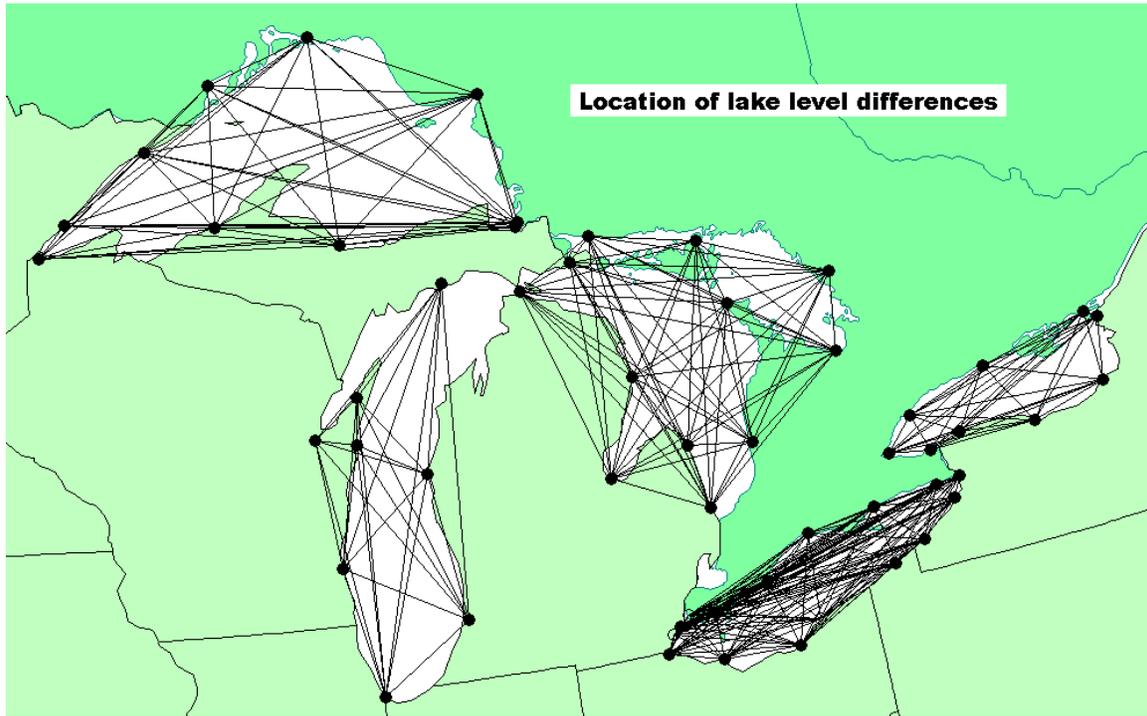


Fig. 5 - [Vitesses verticales relatives à chaque embouchure de lac](#): Cape Vincent pour le lac Ontario, Buffalo pour le lac Érié, Lakeport pour le lac Michigan-Huron, Point Iroquois pour le lac Supérieur, en cm/siècle.

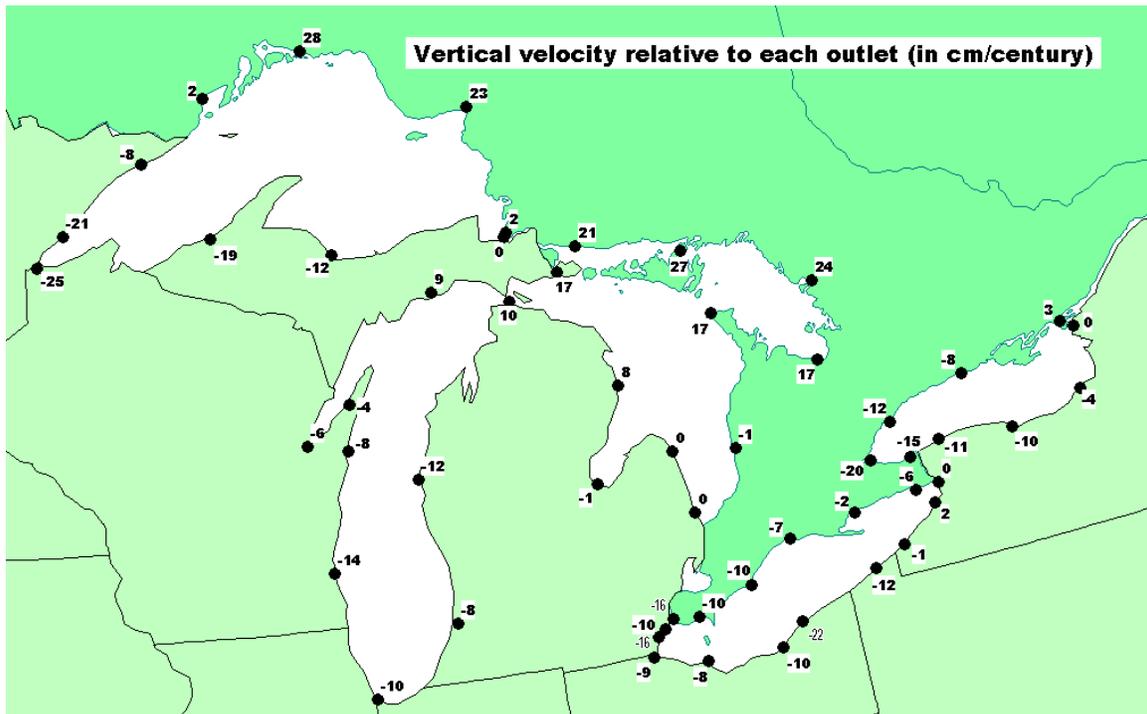


Fig. 8 - Carte de contours du modèle global [ICE-3G](#) du rebond postglaciaire dans la région des Grands Lacs en cm/siècle. Intervalle des contours : 3 cm/siècle.

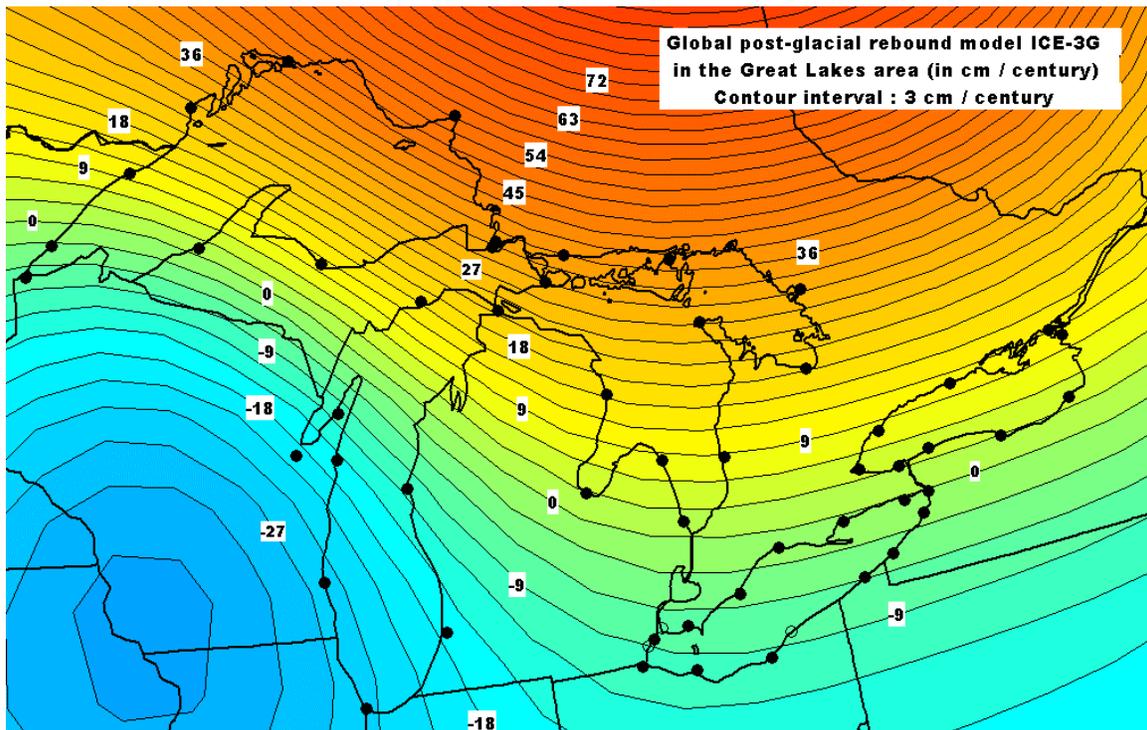


Fig. 9 - [Vitesses verticales de la croûte terrestre dans la région des Grands Lacs dérivées des niveaux d'eau des limnimètres et entourées des vitesses provenant du modèle global ICE-3G](#) en cm/siècle.

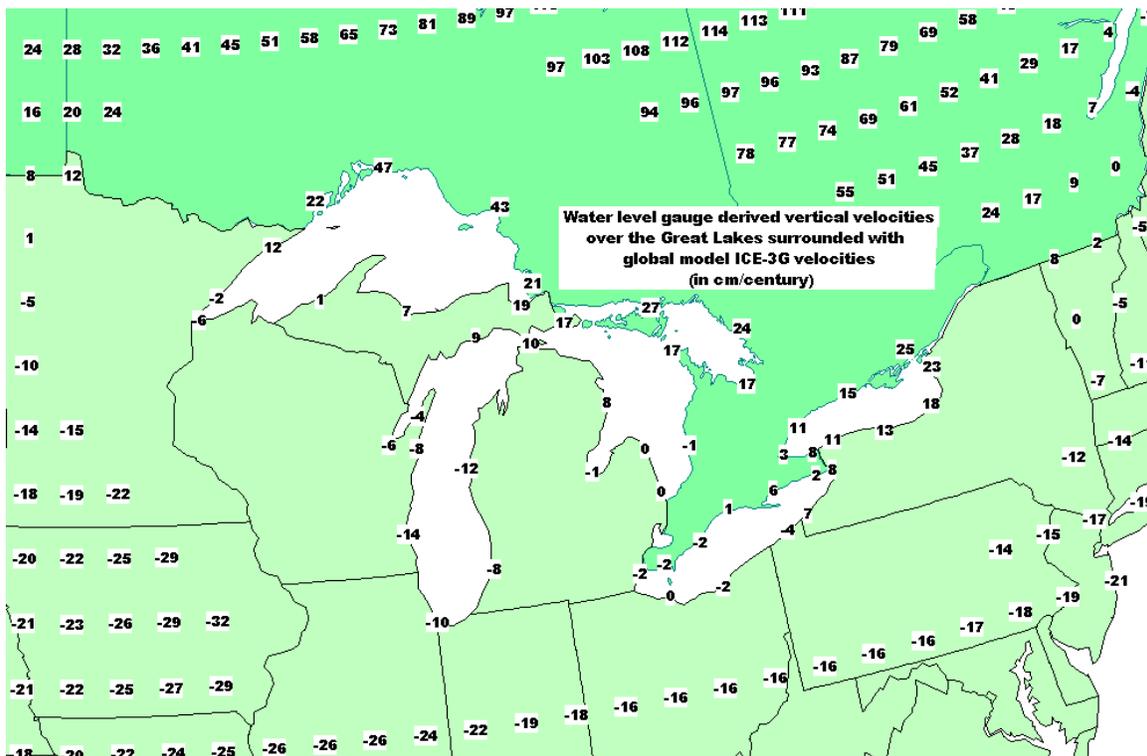


Fig. 10 - [Carte de contours des vitesses verticales de la croûte terrestre dans la région des Grands Lacs](#)
[dérivées des niveaux d'eau des limnimètres et entourées des vitesses provenant du modèle global ICE-3G,](#)
en cm/siècle. Intervalle des contours : 3 cm/siècle.

