

Plans d'eau glaciaires et isostasie dans les bassins de la haute Ware et de la rivière Otter, Massachusetts (2e partie)

Gilbert Cestre

Volume 17, Number 41, 1973

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/021117ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/021117ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Département de géographie de l'Université Laval

ISSN

0007-9766 (print)

1708-8968 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Cestre, G. (1973). Plans d'eau glaciaires et isostasie dans les bassins de la haute Ware et de la rivière Otter, Massachusetts (2e partie). *Cahiers de géographie du Québec*, 17(41), 251–264. <https://doi.org/10.7202/021117ar>

Article abstract

The present study is one of the unpublished research projects which are known to have been conducted in New England and in Eastern Canada under the guidance of the late Richard J. LOUGEE, long-time professor of Geomorphology at Clark University. Over a number of years, this writer has worked in close relationship with Lougee and much evidence in the field was studied together. It is believed that here has been recorded a most detailed work of surveying, and this undoubtedly accounts for the somewhat exceptional results that will be presented.

The area selected for this study (about 80% of it is woodland) is located in the highlands of Central Massachusetts in Worcester County, about twenty miles (32 kilo-meters) northwest of the city of Worcester. It consists of the valley of the Otter River draining north, and of a small portion of the East Branch of the Ware River draining south. Since completion of this study, parts of the low area which held the ancient glacial lakes have been flooded to become water reservoirs.

That proglacial lakes, though temporary they may have been, once submerged much of the area under study, is shown by an abundance of deltas, kames, eskers and deltaic kames terraces. It is believed that all of these were built under water in such lakes. Other features, such as kettle-holes and glacial outlets, especially ice-marginal channels cut

diagonally down the slope, have also been studied. By plotting on a profile of the most characteristic elevations (often carefully surveyed), it is possible to find the water planes of ancient proglacial lakes. To this must be added experiments conducted in a sedimentation tank as also measurements of both the imbrication of cobbles in eskers and the « smoothness indexes » of such stones and pebbles, using A. Cailleux' methods.

Thus were obtained results which tend to show that :

- 1- the area under study probably was in a deep interlobate space created between the Connecticut Valley lobe to the west and the Boston Basin lobe to the east ;
- 2— ice-marginal channels are an indication of the existence of a thick, fast-retreating ice border ;
- 3- an isostatic balance restored itself by sometimes quick and strong adjustments of the crust of the earth ;
- 4— an early upwarping, made up of various zones of tilting articulated on hinge lines, has been referred to as Hubbard Uplift and is the earliest known in the post-Glacial history of New England.

PLANS D'EAU GLACIAIRES ET ISOSTASIE DANS LES BASSINS DE LA HAUTE WARE ET DE LA RIVIÈRE OTTER, MASSACHUSETTS (2e Partie) *

par

Gilbert CESTRE

Faculté des Lettres, Université Laval

IV. LACS DU NATTY POND BROOK ET DE L'OTTER RIVER

Un grand nombre de deltas témoignent de l'existence d'un important lac barré par la glace dans la vallée de l'Otter River, près de Gardner, à 6-7 kilomètres à l'est de la vallée de la Burnshirt. Certains de ces deltas sont de dimensions impressionnantes et leur hauteur au-dessus du fond de vallée donne la mesure de la profondeur de l'eau (feuille de Templeton, bord est). De nombreux eskers — le plus long est représenté en profil (figure 18) — et contacts glaciaires criblés de dolines, sont la preuve, avec les deltas, de l'énorme puissance d'accumulation des eaux de fonte en même temps que d'un rythme de recul rapide et irrégulier du front de glace.

La distance à laquelle ce lac s'étendit vers le sud est indiquée par l'ancien chenal d'écoulement qui parcourt l'actuel seuil de partage des eaux vers le sud (feuille de Templeton, angle sud-est). Ce chenal, à cause de la surrection régionale du sol et sans doute aussi à cause de l'érosion par

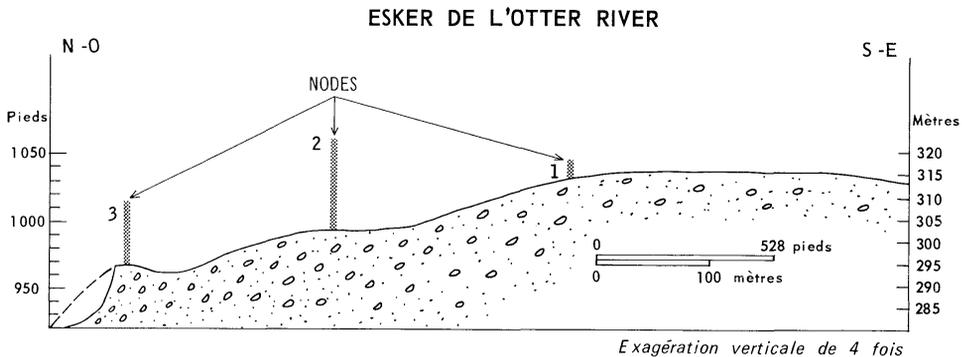


Figure 18 *L'extrémité nord-ouest de l'esker a été creusée pour en extraire gravier et galets ; le profil original est restitué en pointillé. Les modes successifs sont très visibles. Nous sommes en présence d'un esker d'allure tout à fait typique.*

* La première partie de cet article a paru dans le no 39, vol. 16, décembre 1972, des *Cahiers de géographie de Québec*, p. 419-458.

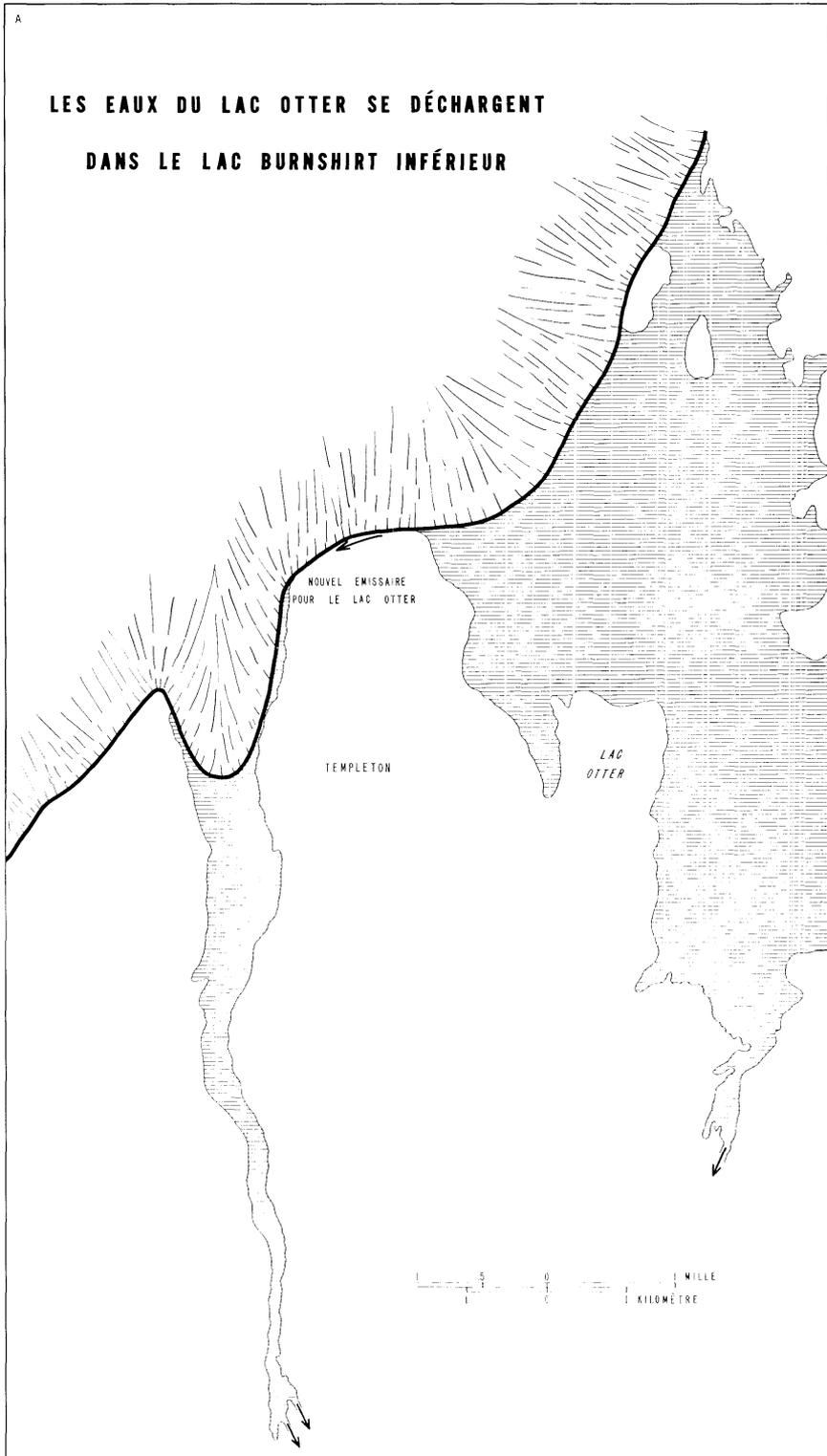
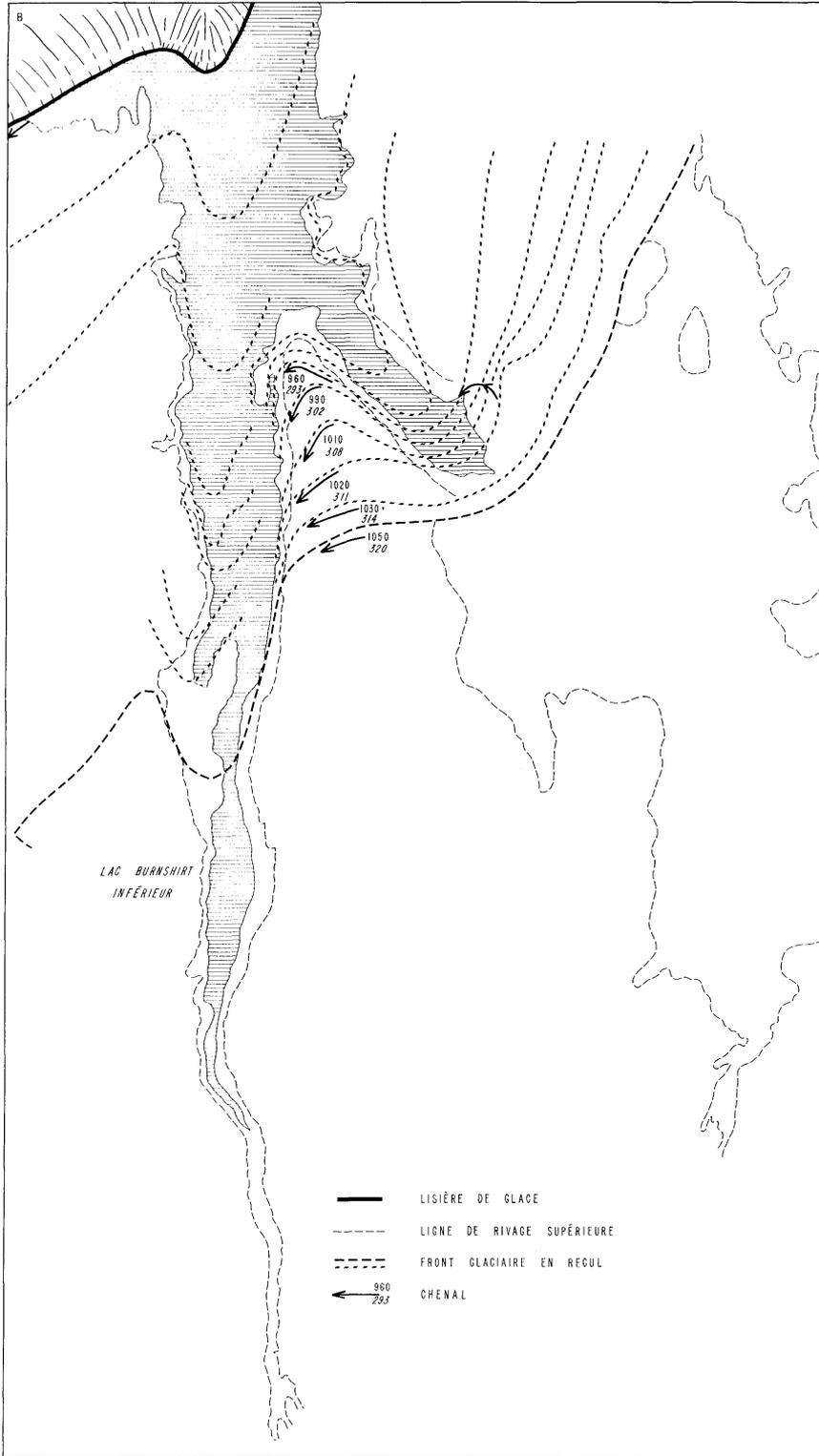


Figure 19



l'émissaire, se trouve à un niveau de 10 à 12 mètres inférieur à celui des deltas. Au sud du seuil, un lac plus ancien occupait l'emplacement de ce qui est aujourd'hui le bassin du Natty Pond Brook (feuille de Barre, angle nord-est). Pendant une première période de l'existence du Lac Otter, les décharges s'effectuèrent vers le sud dans le lac Natty (figure 12B). De telles décharges durèrent jusqu'au moment où le recul de la glace permit l'incision des chenaux marginaux au sud de Baldwinsville (feuille de Templeton, quart nord-ouest, et figure 19B).

Le Natty Pond Brook serpente aujourd'hui sur le fond d'un ancien lac proglaciaire de faible profondeur. Plusieurs déversoirs d'altitude équivalente sont situés à l'extrémité est du bassin du lac. Deux d'entre eux, à 900 p (274,5m) et peut-être même un troisième, ont pu être utilisés ensemble. Cependant, le plus méridional des deux paraît être le plus important ; il se divise en deux bras très divergents. Le développement de ces chenaux donne une idée des grandes quantités d'eau qui s'y précipitèrent.

En fin de compte, le drainage s'établit en permanence par le moyen d'un chenal qui fut par la suite érodé jusqu'à l'altitude de 870p (265,3m). Ce chenal est une gorge profonde et étroite, dégagée dans le till et taillée dans le bedrock. Là se rue aujourd'hui le Natty Pond Brook. On peut encore y voir les ruines d'un ancien barrage de moulin (photo 12).

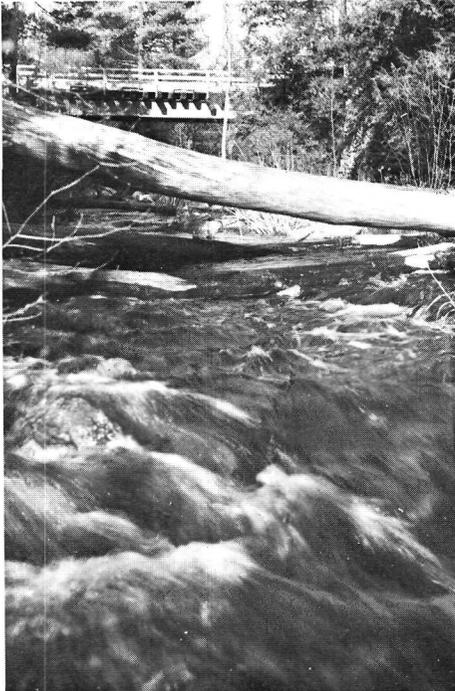


Photo 12 Pont de la Hale Road sur le Natty Pond Brook. L'émissaire de l'ancien lac glaciaire est devenu permanent après avoir dégagé le till et incisé le bedrock. En haut, à droite, ruines d'un barrage de moulin.

Bassin du Lac Natty

Le bassin du Lac Natty est maintenant couvert de marécages au-dessus desquels se dressent kames et eskers du lac proglaciaire. La large surface plane qui s'étale au milieu semble difficile à définir, bien qu'elle ressemble à une surface deltaïque sans pentes raides. En réalité, il s'agit bien d'une surface de delta dont les pentes raides sont très nettes, sur le terrain, mais leur manque de hauteur empêche leur dessin précis sur la carte. Ce manque de hauteur est dû à la faible profondeur initiale du lac glaciaire (peut-être dix mètres au plus) et au comblement de la cuvette par les sédiments charriés par l'émissaire du Lac Otter au nord. La cote 910p (277,5m) a été portée sur le profil

car elle paraît enregistrer avec précision le niveau du lac. Une altitude voisine, 908p (277m), est indiquée par un repère de nivellement situé au contact d'un esker et de la Barre Road, près du Pine Grove Cemetery et à 1 300 mètres environ au sud de Hubbardston. Pour l'auteur, il semble que le sommet de l'esker se situe juste au-dessous de la ligne à haute tension et, bien qu'aucun levé n'ait pu être effectué, ce fait indique que ce sommet ne saurait être très inférieur en altitude à la cote 910 (277,5m) trouvée au milieu du lac.

À 2,6 kilomètres plus au nord-ouest, il est de nouveau difficile de déterminer la nature de deux surfaces planes situées de part et d'autre de la vallée. Ce dépôt ressemble fortement à celui qui obstrue la vallée à Williamsville. On suppose que, formé comme un barrage, il a subi une évolution identique, la dissection ayant eu lieu pendant le dernier stade. La cote 940, (286,7) a été relevée sur l'une des deux larges terrasses.

Finalement, encore plus au nord, on aborde une région où deltas et eskers sont très nombreux, leurs altitudes s'étageant de 1 010p (308m) à 1 045p (318,7m) dans la vallée de l'Otter River (feuille de Templeton, angle sud-est).

Profils des lacs Natty et Otter

Comme ce fut le cas pour la vallée de la Ware, les cotes ont été portées sur un profil (figure 13). Les eskers du Lac Natty s'alignent le long d'un plan d'eau qui a été exhaussé de 5,1 à 7%, soit de 27 à 37 pieds par mille. La région est très difficile d'accès et, pour cette raison, aucun levé ne fut tenté. Le petit nombre de mesures n'a pas permis une plus grande précision.

Ainsi qu'on l'avait fait pour le Lac Burnshirt, l'actuel seuil de partage des eaux a été examiné avec soin. Un chenal de pente nord-sud le parcourt. On suppose que le haut point du seuil — actuellement 1 000p + (305m +) mais certainement plus élevé à ce moment-là — fut d'abord le point-origine du lac supérieur. Les eskers, immédiatement au nord, atteignent une altitude de 1 020p (311m). Il semble permis de penser qu'une partie de la différence d'altitude entre émissaire et eskers est due à une surrection régionale survenue depuis la disparition du lac.

Les deltas situés dans la vallée de l'Otter sont en forme de hauts plateaux, montrant ainsi qu'ils ont été formés en eau profonde. Plusieurs niveaux ont été enregistrés par les deltas, et il paraît évident, d'après l'association étroite avec les chenaux proglaciaires marginaux, que le lac subit un drainage graduel, au fur et à mesure du recul du front glaciaire. Ces phases successives ont été reliées sur le profil aux chenaux les plus importants, d'où des niveaux lacustres parallèles. Cependant, il paraît certain, étant donné l'existence de mouvements de surrection dans la vallée de la Burnshirt, que de tels mouvements durent exister aussi dans celle de l'Otter River. C'est pourquoi, bien que la part exacte de chacune des deux causes soit impossible à déterminer, on peut attribuer l'irrégularité des niveaux lacustres pour partie à des

subsidences successives dues aux chenaux proglaciaires, et pour partie à des mouvements d'exhaussement du sol.

Chenaux marginaux successifs

Quant le front glaciaire aura reculé jusqu'à Baldwinville, le niveau du Lac Otter sera alors parvenu jusqu'à la confluence avec celui du Lac Burnshirt. Seuls se formèrent encore, en dehors de la gouttière que forme la vallée de l'Otter River, quelques deltas à niveaux multiples après que le lac eut commencé à se décharger dans le lac Burnshirt par quatre chenaux principaux (et bien d'autres moins importants) creusés à 1 030 p (314m), 1 020p (311m), 1 010p (308m) et 960p (293m), essentiellement à l'ouest de la route qui mène de Templeton à Baldwinville vers le nord. Ces quatre chenaux sont plus impressionnants sur le terrain qu'ils ne le paraissent sur la carte. En même temps que d'autres, ils furent parcourus et étudiés en détail, et l'on a pu photographier ceux à 1 020p (311m) (figure 20 et photo 13),

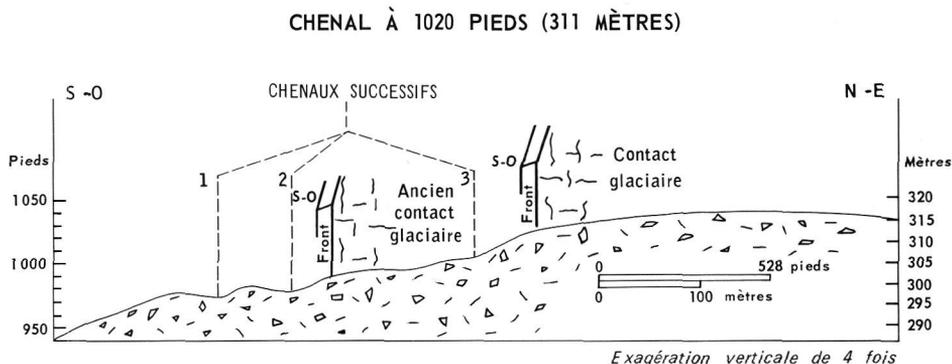


Figure 20 Le profil coupe en diagonale plusieurs chenaux successifs dont le creusement a été amorcé à des altitudes supérieures à 1 020 pieds (310 mètres).

1 010 (308m) (photo 14) et 960p (293m) (figure 21 et photo 15). Celui à 1 020p (311m) offre toutes les caractéristiques des chenaux proglaciaires marginaux. Creusé dans une molle couche de till, il a un versant en pente douce, l'autre en pente raide. Le fait qu'il coupe la ligne de plus grande pente en diagonale indique qu'un tel chenal asymétrique a été déterminé par une lisière de glace. Pendant que le chenal était en voie de creusement, cette lisière de glace se dressait au-dessus de la pente raide du nord-ouest (photo 13).



Photo 13 Chenal marginal à 1 020 pieds (311 mètres) entaillé sur une pente de till, vu du sud-ouest. La lisière de glace se dressait à l'arrière-plan pendant que se creusait le chenal.



Photo 14 Chenal marginal à 1 010 pieds (308) mètres), vu du sud. La photo donne une faible idée de la quantité énorme de till qui a été déblayée.

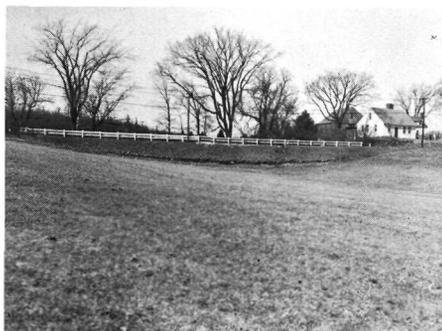


Photo 15 Chenal du bord de la glace à 960 pieds (293 mètres). L'eau du Lac Otter débordait de l'est à droite pour creuser ce chenal en forme de gouttière. Le front de glace se dressait là où se trouvent les maisons.

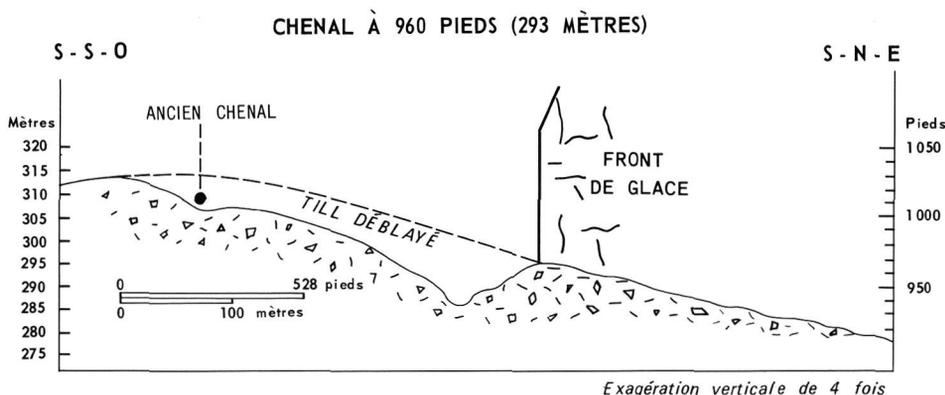


Figure 21 En provenance de lacs proglaciaires situés plus haut, le torrent de décharge qui suit la lisière de glace déblaie le till et creuse des chenaux à versants dissymétriques, la dissymétrie étant plus ou moins marquée suivant l'orientation du chenal par rapport à la ligne de plus grande pente, étant entendu que la dissymétrie serait inexistante si l'eau n'avait rencontré aucun obstacle dans son cheminement par gravité vers le prochain niveau de base.

Au fur et à mesure que le front de glace reculait, l'eau qui se déversait du Lac Otter dans le Lac Burnshirt y formait des deltas ; l'un d'eux atteint la cote 930p (283,6m). Immédiatement au sud du chenal à 960p (293m) est creusé un chenal plus ancien et plus haut, à 990p (302m). Quoique moins en évidence, il montre que l'eau suivait le front de glace en contournant la colline à mi-pente et était toujours prête à s'échapper à la première occasion. Ce qui précède montre aussi de quelle manière graduelle le niveau

du Lac Otter s'abaissa, de l'altitude 1 045p (318,7m) à celle de 920p (280,6m), niveau du Lac Burnshirt. À partir de ce moment-là, seul est resté le Lac Burnshirt Inférieur jusqu'à son drainage final vers l'ouest par le canal de la Millers River (feuille de Winchendon, angle sud-ouest).

L'éperon situé entre les lacs Otter et Burnshirt fut libéré de glace plus rapidement que les deux vallées. Très souvent, de petits lacs du bord de la glace se formèrent dans les rentrants, puis disparurent. Des témoins de l'existence d'un tel lac sont visibles le long d'Underwood Road, à l'est du chenal à 1 030p (314m) à 2,6 kilomètres environ au nord de Templeton. Au sud de la route, le grand espace délimité par la courbe de niveau à 1 060p (323,3m) est une terrasse de gravier criblée de trois petites dolines glaciaires. Des levés topographiques effectués à partir d'un repère d'angle de route, à 1 060p (323,3m), ont donné ce même chiffre comme altitude moyenne du dépôt. C'est ici le moment de faire remarquer que de nombreuses formations se développent dans l'intervalle de 10 pieds (3,05 mètres) d'équidistance entre les courbes, et que la carte n'enregistre pas. Des excavations peu profondes, creusées dans la terrasse au bord de la route, laissaient voir des lits alternés de sable et de gravier disposés horizontalement jusqu'à une profondeur de 1,5m, mais les strates de gravité (foresets) étaient trop profondes pour être exhumées. Cependant, l'aplanissement de la surface est un argument en faveur de l'existence d'un niveau lacustre à cet endroit, peut-être un petit étang du bord de la glace.

Sont apparents aussi, le long de la lisière nord de cette terrasse, des contacts glaciaires et deux eskers nourriciers. L'Underwood Road sépare la terrasse de ces deux petits eskers. Ceux-ci se fondent en un seul plus important mais peu visible sur la carte, immédiatement au nord de la route.

Vallée-tunnel

Comme le front de glace reculait ici en direction du nord, l'eau sous pression paraît avoir coulé à contre-pente en remontant le versant de la vallée de l'Otter River, avant de former ces eskers. Ce fait a été confirmé par la découverte, le long de la North Main Street, d'une vallée-tunnel caractéristique.

Cette longue vallée en forme de ravine orientée nord-sud, peut être suivie vers l'aval, de la cote 1 050p (320m) presque jusqu'à 850p (259m) au fond de la vallée de l'Otter. Elle est parsemée de gros blocs montrant que le matériel plus léger a été enlevé et charrié plus loin. On croit que cette vallée-tunnel a été creusée par un puissant cours d'eau sous-glaciaire entraîné à contre-pente sous une énorme pression. À l'extrémité supérieure de la vallée-tunnel (photo 16) furent construits les deux eskers et la terrasse au niveau du lac.

Il est intéressant de noter que cette ravine est creusée en diagonale le long du versant sud de la vallée, et qu'elle ne suit pas la pente naturelle. Elle ne peut témoigner de l'évolution d'un front glaciaire puisque la glace, au contact des flancs de collines, aurait eu à cet endroit une direction nord-ouest — sud-est. Ce n'est certainement pas une vallée post-glaciaire creusée à l'air libre car elle ne correspond pas à la pente naturelle et ne dispose d'aucune source d'alimentation en eau par le haut.



Photo 16 Vallée-tunnel à son extrémité supérieure. L'eau sous forte pression remontait de la gauche (nord) vers la droite (sud). Un peu plus loin à droite, le torrent a construit deux petits eskers et une terrasse dans un lac temporaire à 1 060 pieds (323,3 mètres) d'altitude.

Le fait qu'on ait trouvé ici une vallée-tunnel donne une idée de la puissance de la glace au front glaciaire et, plus encore, vers l'intérieur. Pour charrier sable, gravier et galets 200p (61m) à contre-pente, ce torrent sous-glaciaire devait se précipiter sous forte pression, à une grande profondeur sous la glace. La direction sud de l'écoulement de ce torrent renforce le concept du retrait de la glace en direction générale du nord.

Il semble bien que le petit lac du bord de la glace, si largement rempli de gravier, a déversé ses eaux en direction du sud dans le lac d'East Templeton, puis dans le Lac Otter. Quand la glace eut reculé encore plus au nord, un premier déversoir vers l'ouest fut ouvert sous la forme du chenal marginal à 1 030 (314m), et l'eau se déversa dans le Lac Burnshirt. La partie de ce chenal qui se trouve à l'est du petit étang (artificiel) laisse émerger de gros blocs de granite, là où le till a été déblayé par les eaux de décharge. Il s'agit ici du plus haut et du plus ancien chenal de décharge du Lac Otter barré par la glace.

V. COMMENT A PU S'EFFECTUER LE RELÈVEMENT ISOSTATIQUE DANS LE SUD DE LA NOUVELLE-ANGLETERRE

Taux de surrection élevés

Le taux d'exhaussement dans la région étudiée atteint un maximum de 8,5%, soit 45 pieds par mille. Ce taux dépasserait tout ce qu'on a relevé ailleurs (Lougee, 1953, p. 265). Lougee et Vander Pyl ont trouvé 3,4%, soit 18 pieds au mille jusqu'à Monson, Massachusetts. Ils ont réussi à déterminer avec suffisamment de précision l'emplacement de la ligne tectonique qui sépare la zone des 3,4% (18 pieds par mille) de celle des 1,5% (8 pieds

par mille) située plus au sud. Cette ligne a été appelée Charnière de Hobbs. Il est probable que, quelque part au sud de Barre et au nord de Monson, il existe aussi une autre charnière entre la zone de 3,4‰ et celle de 5,1‰. Son emplacement n'est pas encore connu avec exactitude, dans l'état actuel des recherches dans cette région. Toutefois, son existence n'étant guère douteuse, on l'a appelée Charnière de Brookfield, du nom local le plus marquant dans la région générale de cette ligne invisible. Il reste à montrer comment on peut concevoir le mouvement de surrection du sol dans l'ouest du Massachusetts.

Lougee et Vander Pyl ont montré que les mouvements de gauchissement vertical positif ont commencé quand le front glaciaire se trouvait à Monson, Massachusetts, là où ils constatèrent la brusque subsidence d'un long plan d'eau qui s'étendait vers le nord à partir de New London, Connecticut. Une étape postérieure de cette évolution semble représentée par le premier plan d'eau décrit dans la présente étude.

Surrection uniforme et surrection différentielle

Des taux d'exhaussement différents indiquent une surrection plus ou moins forte selon les cas. Étant donné l'existence de diverses zones de surrection articulées sur des lignes de charnière, on peut penser que le gauchissement vertical positif s'est produit de deux manières simultanées :

1. Le sol encore sous la glace s'est soulevé de manière uniforme ;
2. Le sol le long de la lisière de glace s'est redressé d'un mouvement différentiel.

Le mouvement de surrection différentielle affectant les zones les plus externes finit graduellement par immigrer dans les régions affectées préalablement par la surrection uniforme (figure 22). Le processus d'exhaussement du sol en Nouvelle-Angleterre débute loin vers le sud, à la charnière de Hubbard. La première zone a subi un mouvement de surrection différentielle de 0,4‰ (2,2 pieds par mille) ; ce taux est celui dont les autres zones furent soulevées uniformément. La même chose s'est produite dans les zones restantes par des taux d'exhaussement de 1,5‰ (8 pieds au mille), 3,4‰ (18 p), 5,1‰ (27p), 7‰ (37p) et 8,5‰ (45p).

Dans une communication faite le 11 août 1952 au 17^e congrès international de géographie réuni à Washington, Lougee émet l'opinion que la série (complétée par la présente étude) des composantes de la Surrection de Hubbard, forme le mouvement de gauchissement vertical positif le plus ancien qu'on connaisse dans l'histoire post-glaciaire de la Nouvelle-Angleterre, ou de l'Amérique du Nord. La Nouvelle-Angleterre offrirait ainsi l'un des exemples les plus frappants de ces événements post-glaciaires, utiles en particulier pour préciser la chronologie de la période, localement ou par corrélation avec les résultats obtenus dans d'autres régions.

MOUVEMENT DE SURRECTION UNIFORME PRÉCÉDANT LA SURRECTION DIFFÉRENTIELLE
(bassin supérieur de la Ware)

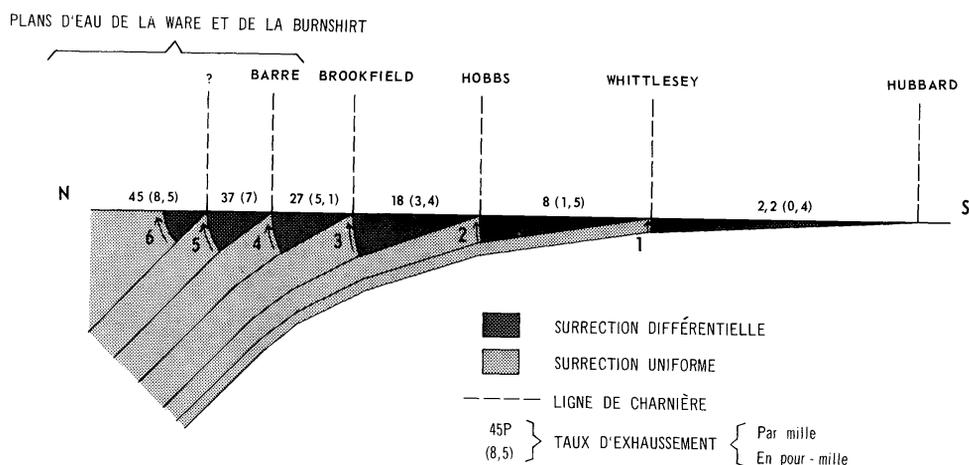


Figure 22 Diagramme schématique montrant comment le mécanisme de la surrection a pu jouer pour affecter la région étudiée.

CONCLUSION

La présente étude vise à apporter une contribution à la compréhension de la déglaciation quaternaire en Nouvelle-Angleterre. Ce travail fut entrepris dans l'espoir de découvrir des témoins d'un gauchissement vertical positif ancien. Si les conclusions énoncées au cours de l'article sont correctes, le résultat répond à l'attente.

Un taux de surrection post-glaciaire de 5,1‰ excéderait tout ce qui a été découvert jusqu'à présent dans le nord-est de l'Amérique ; cela, dans une région adjacente à celle, plus au sud, qui témoigne d'un taux de 3,4‰, introduit d'importants changements dans le tableau classique de la déglaciation en Nouvelle-Angleterre.

Résultats dus à la théorie du retrait normal

L'application de la théorie du retrait normal de la glace, combinée avec le concept des eskers et des deltas formés en eau profonde dans des lacs barrés par la glace, sert de base à ces découvertes. Le fait de reconnaître la surrection du sol est le résultat naturel de l'utilisation de ces concepts morphologiques dans l'interprétation des dépôts glaciaires formés dans l'eau. Il va de soi qu'une telle manière de voir la période glaciaire s'accorde mal avec l'hypothèse de l'ablation et de la stagnation de la dernière calotte glaciaire, l'emploi de la théorie de l'ablation n'ayant pas permis de mettre

en relief l'évidence de la surrection post-glaciaire dans le sud de la Nouvelle-Angleterre.

Équilibre isostatique et mouvement de gauchissement vertical positif

Dans une étude ayant trait à des phénomènes post-glaciaires, et dans une région qui fut recouverte d'une calotte glaciaire d'une telle épaisseur, on peut s'attendre à trouver de sérieuses indications d'un gauchissement vertical positif de l'écorce terrestre. En fait, le raisonnement conduit à penser que l'équilibre isostatique, profondément modifié par la présence de la glace, a dû tôt ou tard se rétablir après le retrait de celle-ci. Cela ne signifie pas forcément que l'écorce terrestre s'est redressée graduellement et de façon continue jusqu'à reprendre son niveau originel. Au contraire, nous croyons avoir montré que le gauchissement vertical positif a été intermittent et que, d'un lieu à un autre, il ne fut pas non plus uniforme. La faculté qu'a l'écorce terrestre de revenir rapidement à un niveau plus élevé est surtout digne de remarque. En certains endroits, il paraît assuré que la glace se tenait d'un côté d'un delta en formation, pendant que la surrection abaissait le niveau de l'eau de 10 pieds, soit de 3 mètres environ.

À la suite d'un mouvement d'exhaussement et du drainage des lacs barrés par la glace, un processus de dissection prit naissance et se poursuivit dans les vallées, laissant à différents niveaux des terrasses lacustres ou fluviales ; les eaux de drainage étaient si puissantes que les fonds de vallée furent entaillés sur une profondeur dépassant par endroits une dizaine de mètres (vallée de la Burnshirt au nord du confluent avec l'East Branch de la Ware River par exemple). Les points-origines de nombreux lacs furent ainsi disséqués, et ce fait est la cause de l'existence de nombre de gorges pittoresques du paysage post-glaciaire.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ALDEN, William C. (1924) *The physical features of central Massachusetts*. U.S. Geol. Survey, Bul. 760-B, p. 13-105.
- ANTEVS, Ernst (1922) *The regression of the last ice sheet in New England*. New York, Amer. Geog. Soc. 120 p. Research Series, no 11.
- ANTEVS, Ernst (1928) *The last glaciation*. New York, Amer. Geog. Soc., 292 p. Res. Ser. no 17.
- CAILLEUX, A. (1945) Distinction des galets marins et fluviaux. *C.r. som. et Bul. de la Soc. Géol. de France*, 5^e sér., Tome XVe, p. 375-404.
- CAILLEUX, A. et TRICART, J. (1959) *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Paris, C.D.U., 2 vol.
- DAVIS, W.M. (1892) The sub-glacial origin of certain eskers. *Boston Soc. of Nat. History, Proceed.*, vol. 25, p. 477-499.
- DEEVEY, Edward S. Jr. (1948) On the date of the last rise of sea level in Southern New England. *Amer. Jour. of Science*, vol. 246, p. 329-351.
- DE GEER, Gerard (1892) On Pleistocene changes of sea level in Eastern North America. *Boston soc. of Nat. History*, vol. 25, p. 329-251.
- FAIRCHILD, Herman L. (1919) Post glacial uplift of New England. *Geol. Soc. of Amer., Bul.*, vol. 30, p. 597-636.

- GEORGE, John (1956) *Glacial water levels in the Nashua River Valley, Massachusetts*. Thèse pour le M.A., Clark Univ.
- HOKANS, D.H. (1952) *Glacial water levels in the Housatonic-Naugatuck River Valleys of Western Connecticut*. Thèse pour le M.A., Clark Univ.
- KIEWIET DE JONGE, E.J.C. (1951) *Glacial water levels in the St. John River valley*. Thèse de doctorat, Clark Univ., 116 p.
- LORD, A.C. (1956) *Glacial water levels in Southeastern Massachusetts*. Thèse pour le M.A., Clark Univ.
- LOUGEE, Richard J. (1939) Early marine stage of the last Glaciation in Southern New England, (abstract). *Geol. Soc. of Amer., Bul.*, vol. 50, p. 1919.
- LOUGEE, Richard J. (1940) Deglaciation of New Eng'and. *Jour. of Geomor.*, III (3): 189-217.
- LOUGEE, Richard J. et VANDER PYL, Adrian (1951) Glacial water levels in the Thames-Willimantic River Valley, *The Scientific Monthly*, LXXIII (5): 275-283.
- LOUGEE, Richard J. (1953) A Chronology of Postglacial Time in Eastern North America. *The Scientific Monthly*, LXXVI (5): 259-276.
- PARMENTER, Guy N. (1956) *Glacial water levels in Narragansett Basin and the Blackstone River valley*. Thèse de doctorat, Clark Univ.
- RENNEY, Edward (1956) *Glacial water levels in the Quinsigamond River valley, Massachusetts*. Thèse pour le M.A., Clark Univ.
- VANDER PYL, Adrian W. (1952) *Glacial water levels in the Thames-Willimantic River valley*. Thèse pour le M.A., Clark Univ.
- WOODWORTH, Jay B. (1894) Some typical eskers of Southern New England. *Boston Soc. of Nat. Hist., Proceed.*, vol. 26, p. 197-220.
- WOODWORTH, Jay B. (1897) Some glacial wash plains of Southern New England. *Essex Instit. Bul.*, vol. 29, p. 71-119.
- WOODWORTH Jay B. (1899) The ice-contact in the classification of Glacial deposits. *Amer. Geologists*, vol. XXIII, p. 80-86.

ABSTRACT

CESTRE, Gilbert : Glacial Water Levels, in the Upper Ware and Otter River Valley (Massachusetts) *

The present study is one of the unpublished research projects which are known to have been conducted in New England and in Eastern Canada under the guidance of the late Richard J. LOUGEE, long-time professor of Geomorphology at Clark University. Over a number of years, this writer has worked in close relationship with Lougee and much evidence in the field was studied together. It is believed that here has been recorded a most detailed work of surveying, and this undoubtedly accounts for the somewhat exceptional results that will be presented.

The area selected for this study (about 80% of it is woodland) is located in the highlands of Central Massachusetts in Worcester County, about twenty miles (32 kilometers) northwest of the city of Worcester. It consists of the valley of the Otter River draining north, and of a small portion of the East Branch of the Ware River draining south. Since completion of this study, parts of the low area which held the ancient glacial lakes have been flooded to become water reservoirs.

That proglacial lakes, though temporary they may have been, once submerged much of the area under study, is shown by an abundance of deltas, kames, eskers and deltaic kame terraces. It is believed that all of these were built under water in such lakes. Other features, such as kettle-holes and glacial outlets, especially ice-marginal channels cut

* Part One of this study appeared in the December 1972 issue of the CAHIERS. Part Two is being presented here. The abstract in English, concerns the two parts.

diagonally down the slope, have also been studied. By plotting on a profile of the most characteristic elevations (often carefully surveyed), it is possible to find the water planes of ancient proglacial lakes. To this must be added experiments conducted in a sedimentation tank as also measurements of both the imbrication of cobbles in eskers and the « smoothness indexes » of such stones and pebbles, using A. Cailleux' methods.

Thus were obtained results which tend to show that :

1- the area under study probably was in a deep interlobate space created between the Connecticut Valley lobe to the west and the Boston Basin lobe to the east ;

2- ice-marginal channels are an indication of the existence of a thick, fast-retreating ice border ;

3- an isostatic balance restored itself by sometimes quick and strong adjustments of the crust of the earth ;

4- an early upwarping, made up of various zones of tilting articulated on hinge lines, has been referred to as Hubbard Uplift and is the earliest known in the post-Glacial history of New England.