

Les effets d'un embâcle sur la morphologie du lit d'une confluence de cours d'eau
The Effect of an Ice Jam on the Morphology of a River Channel Confluence

Normand Bergeron and André G. Roy

Volume 42, Number 2, 1988

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/032725ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/032725ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this note

Bergeron, N. & Roy, A. G. (1988). Les effets d'un embâcle sur la morphologie du lit d'une confluence de cours d'eau. *Géographie physique et Quaternaire*, 42(2), 191–196. <https://doi.org/10.7202/032725ar>

Article abstract

Bed morphology at a confluence is highly responsive to changes in the ratio of tributary discharges. In northern areas, ice jams located upstream from the confluence may induce drastic variations in water levels which, in turn, will modify the hydraulic conditions at the confluence. The effects of an ice jam on the bed morphology of a confluence located in the Ruisseau du Sud watershed, Eastern Townships, Québec (45°20'N, 71 J20'W) are reported in this paper. During the spring of 1986, the formation and sudden break up of an ice jam induced accumulation of a gravel bar at the mouth of the major tributary, incision and deepening of the minor tributary, and relocation of the scour zone. Following the spring flood, normal hydrological conditions prevailed and the particles were gradually redistributed over the confluence bed. Bed morphology tends to regain its pre-flood characteristics.

LES EFFETS D'UN EMBÂCLE SUR LA MORPHOLOGIE DU LIT D'UNE CONFLUENCE DE COURS D'EAU

Normand BERGERON et André G. ROY, Département de géographie, Université de Montréal, C.P. 6128, succ. «A», Montréal, Québec H3C 3J7.

RÉSUMÉ La morphologie du lit aux confluences est particulièrement sensible aux changements dans le rapport des débits entre les tributaires. En milieu nordique, les embâcles de glace situés en amont des confluences peuvent modifier les débits des tributaires et ainsi affecter les conditions hydrauliques de la confluence. Au printemps 1986, nous avons observé les effets d'un embâcle sur la morphologie du lit d'une confluence située dans le bassin du ruisseau du Sud, en Estrie, au Québec (45°20'N, 71°20'W). La formation de l'embâcle et sa rupture ont entraîné l'accumulation d'un banc graveleux à l'entrée du tributaire majeur, le surcreusement du tributaire mineur et le déplacement de la zone d'affouillement. Depuis la débâcle, les conditions d'écoulement se sont stabilisées et les sédiments sont graduellement redistribués sur le lit. La confluence tend à retrouver une morphologie semblable à celle qui prévalait avant la crue printanière.

ABSTRACT *The effect of an ice jam on the morphology of a river channel confluence.* Bed morphology at a confluence is highly responsive to changes in the ratio of tributary discharges. In northern areas, ice jams located upstream from the confluence may induce drastic variations in water levels which, in turn, will modify the hydraulic conditions at the confluence. The effects of an ice jam on the bed morphology of a confluence located in the Ruisseau du Sud watershed, Eastern Townships, Québec (45°20'N, 71°20'W) are reported in this paper. During the spring of 1986, the formation and sudden break up of an ice jam induced accumulation of a gravel bar at the mouth of the major tributary, incision and deepening of the minor tributary, and relocation of the scour zone. Following the spring flood, normal hydrological conditions prevailed and the particles were gradually redistributed over the confluence bed. Bed morphology tends to regain its pre-flood characteristics.

INTRODUCTION

La morphologie d'une confluence de cours d'eau est étroitement liée au rapport de débit des tributaires qui contrôle en partie la dynamique de l'écoulement et le transport de sédiments (Best, 1985, 1987). En présence de débits compétents, une modification permanente ou temporaire du rapport de débits entraînera des changements de la forme du lit à la jonction. Afin de mieux comprendre ce type d'ajustements morphologiques, il s'avère utile d'étudier l'activité d'une jonction soumise à des variations extrêmes du rapport de débits. De telles variations peuvent être causées par des facteurs naturels (Reid *et al.*, sous presse) ou anthropiques.

Cette note présente un exemple des conséquences morphologiques d'une variation temporelle du rapport de débit causée, lors de la crue printanière de 1986, par la présence d'un embâcle de glace situé sur le tributaire mineur d'une confluence de cours d'eau. L'embâcle de glace a abaissé le niveau d'eau en aval et a retenu une importante masse d'eau en amont. Par la suite, la rupture du barrage a laissé se déverser, pendant une courte période, l'eau accumulée en amont de l'embâcle. Cette séquence d'événements a occasionné la formation d'un banc de graviers et de cailloux à l'entrée du tributaire majeur, ainsi que le surcreusement du tributaire mineur et la relocalisation de la zone d'affouillement.

Ces faits démontrent qu'en milieu nordique, là où la formation d'embâcles est fréquente, ce processus pourra jouer

un rôle important sur la morphologie des confluences. En effet, les confluences de cours d'eau constituent des sites où se forment régulièrement des embâcles de glaces (Henoach, 1973; Sokolov et Gotlib, 1975). Ces barrages pourront alors bloquer une partie du chenal et causer la hausse temporaire du niveau d'eau en amont (Michel, 1971; Williams et Mackay, 1973; Smith, 1980) ce qui, en retour, modifie le rapport de débits et la morphologie du lit de la confluence.

Les résultats de cette étude, remis dans un contexte plus général, s'appliquent aussi aux régions où les embâcles de glaces sont absents. Ils permettent, entre autres, de mieux comprendre les ajustements des confluences aux variations du rapport de débits causées par une différence du temps de réponse hydrologique de chacun des tributaires.

DESCRIPTION DE LA MORPHOLOGIE DU LIT DE LA CONFLUENCE AVANT LA CRUE PRINTANIÈRE

Les observations ont été effectuées à une confluence faisant partie du bassin-versant du ruisseau du Sud (45°20'N, 71°20'W), un affluent de la rivière Eaton, en Estrie (Québec) (fig. 1). Le réseau hydrographique n'est apparemment pas dépendant de la structure et s'est développé par érosion fluviale sur un till à matrice sablo-silteuse (McDonald, 1969). Le bassin-versant est sous couvert forestier et n'est pratiquement pas affecté par les interventions anthropiques. La confluence étudiée se situe au centre du bassin-versant du ruisseau du Sud et les bassins des cours d'eau tributaires, qui la constituent, possèdent une faible superficie de drainage (mineur: 4,48 km², majeur: 7,77 km²). Les matériaux du lit sont grossiers (D₈₄: 80 mm.).

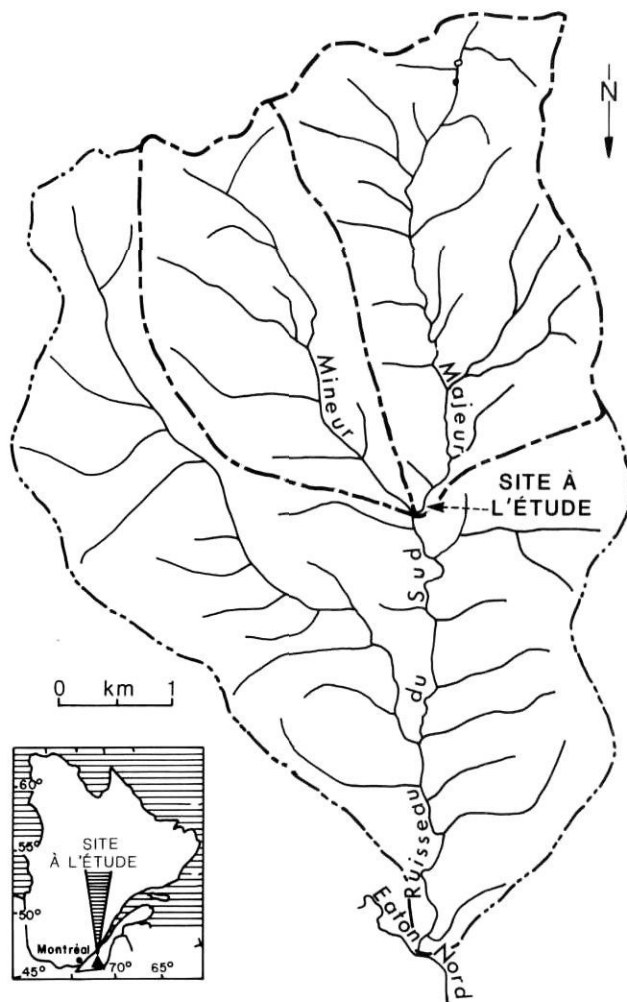


FIGURE 1. Localisation du site à l'étude.
Location of the study site.

La figure 2a présente la forme en plan et la topographie du lit de la confluence telle qu'elle était avant la crue printanière de 1986. On remarque que la confluence est plutôt symétrique, c'est-à-dire que la largeur des deux tributaires est relativement semblable (≈ 5 m). On note que le tributaire majeur s'aligne presque directement avec le segment parental, tandis que l'angle d'entrée du tributaire mineur est plus grand ($\approx 55^\circ$). Cependant, cet angle tend à diminuer près de la jonction lorsque le tributaire mineur s'incurve. En amont de la confluence, plusieurs ruptures de pente sur le tributaire mineur permettent le raccordement des deux tributaires, alors que les gradients transversaux s'inclinent dans le sens des rives intérieures de la confluence. D'une façon générale, les coupes transversales sont de forme assez rectangulaire, en raison de la taille grossière des sédiments et de la forte densité de racines sur les berges qui augmente la cohésion et la résistance à l'érosion. Au centre de la confluence, on trouve une zone d'affouillement (fig. 2a) située le long de l'axe de rencontre des écoulements. Cette zone d'affouillement est étroite, allongée (≈ 2 m par 7 m), peu profonde (≈ 30 cm) et ne présente pas de faces abruptes marquées. La position centrale de la

zone d'affouillement est caractéristique des confluences constituées de tributaires de taille relativement égale (Mosley, 1976; Ashmore et Parker, 1983). Un banc graveleux s'est accumulé sur la rive extérieure du tributaire mineur à la hauteur de la rencontre des écoulements (fig. 2a). Cette accumulation pourrait être liée à la présence d'une zone de séparation de l'écoulement (Best, 1985, 1986, 1987). Bien qu'elle ait pu exister par le passé, nous n'avons pas observé de séparation d'écoulement à cet endroit.

Avant la crue printanière de 1986, le lit de la confluence avait été d'une stabilité remarquable. En effet, au cours des années 1983 à 1985 la confluence a fait l'objet de multiples travaux de terrain (Roy, 1985; Roy *et al.*, sous presse). Au cours de ces observations, la forme du lit de la confluence n'a pas varié, malgré le fait que se soient produits plusieurs événements d'importance, dont au moins une inondation jusqu'au niveau de plein bord. En fait, durant cette période, les coupes transversales n'ont pas été modifiées de plus de 8 % (Roy, 1985). Cette stabilité du lit est liée à l'équilibre des conditions hydrologiques qui y ont prévalu. En effet, puisque les crues étaient relativement synchrones sur chacun des tributaires, la valeur du rapport des débits demeuraient près de 0,5 lors des événements importants (Roy 1985, Roy *et al.*, sous presse). En conséquence, l'équilibre hydrologique se traduisait par des conditions hydrauliques où il n'y avait ni érosion ni accumulation excessive de sédiments à la confluence. Il appert que la morphologie du lit était donc en équilibre avec les différentes variations du niveau de débits et qu'elles ne permettaient, en chaque point du lit, que la profondeur d'eau et la force de cisaillement nécessaires au seul transport des particules arrivant à chacun de ces points.

LA MORPHOLOGIE DU LIT APRÈS LA CRUE PRINTANIÈRE

Lors de la crue printanière de 1986, la morphologie du lit de la confluence a cependant été considérablement modifiée (fig. 2b). À la jonction, le raccordement de deux tributaires n'est plus parfait, en raison du surcreusement du tributaire mineur et de l'accumulation d'un banc graveleux situé à l'embouchure du tributaire majeur. Le tributaire mineur est maintenant plus incisé et les paliers qui le caractérisaient sont disparus. On constate également que la zone d'affouillement s'est déplacée et qu'elle a changé de forme. Elle a maintenant une apparence recourbée et s'oriente dans le prolongement du thalweg du tributaire mineur (fig. 3b). Comme l'indique la figure 2b, le tributaire mineur et la zone d'affouillement sont plus incisés que le tributaire majeur. Cette différence dans le niveau de base n'est pas seulement liée au surcreusement du lit du tributaire mineur. Elle est attribuée également à la présence d'un banc d'accumulation graveleux qui s'est mis en place à l'embouchure du tributaire majeur. Ce banc d'accumulation a la forme d'un lobe s'avancant dans la confluence. On note que le front de ce banc est bien défini et qu'il est tronqué dans sa partie adjacente à la zone d'affouillement. Ce contact entre la zone d'affouillement et le banc d'accumulation est net et il se situe exactement dans le sens du prolongement de la rive intérieure du tributaire mineur (fig. 4). Immédiatement en aval de la confluence, la coupe transversale

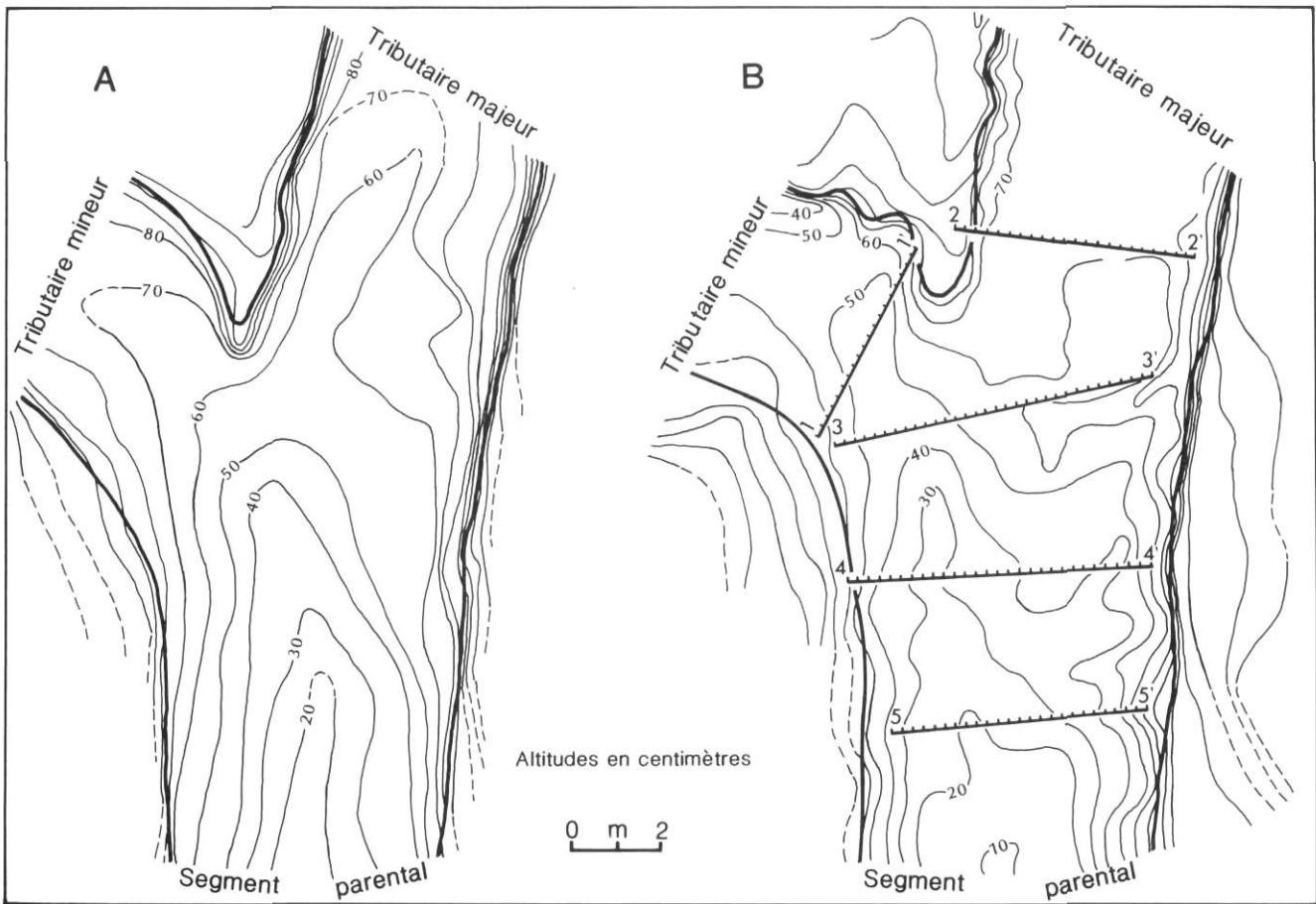


FIGURE 2. Topographie de la confluence avant (A) et après (B) la crue printanière de 1986. Les deux cartes n'ayant pas exactement la même altitude de référence, les courbes de niveaux ne peuvent être comparées entre elles.

Topography of the confluence before (A) and after (B) the 1986 spring flood. Comparison of the contour lines between maps is not possible because of the different datum of each map.

du cours d'eau s'est élargie d'une cinquantaine de centimètres, ce qui traduit une érosion marquée de la berge extérieure du tributaire majeur. On remarque aussi le développement d'un deuxième thalweg situé immédiatement au pied de cette berge (fig. 2b, 3b). À bas niveau, l'écoulement provenant du tributaire majeur se trouve divisé de chaque côté du lobe d'accumulation. Une partie de l'écoulement passe du côté de la rive intérieure du tributaire majeur et s'écoule dans la zone d'affouillement, tandis que l'autre partie coule parallèlement à la berge extérieure sur une distance de quelques mètres avant de rejoindre le cours principal en aval du banc d'accumulation. À plus forts débits, l'écoulement devient cependant plus uniforme, puisqu'il n'est plus contraint par la morphologie du lit.

DISCUSSION

La morphologie du lit et les caractéristiques de l'écoulement ont donc été modifiées au cours de la crue printanière de 1986. Les changements sont liés à la variation temporelle du rapport des débits des cours d'eau tributaires. Cette variation résulte de la formation puis de la rupture d'un embâcle de glace qui s'est construit à l'arrière d'un pont situé sur le tributaire mineur à environ 20 m en amont de la confluence. Bien que

nous ayons observé l'embâcle et son effet sur le régime d'écoulement du tributaire mineur, nous n'avons pas été directement témoin de la rupture du barrage de glace. Pour cette raison, nous ne connaissons pas la valeur du débit maximal du tributaire mineur lors de la rupture de l'embâcle, ni la période exacte durant laquelle il a prévalu. Cependant, de nombreux indices morphologiques permettent de reconstituer la séquence des événements qui ont modifié la forme du lit à la confluence. La morphologie actuelle de la confluence implique deux périodes distinctes.

La première période (fig. 3a) correspond à la formation du banc graveleux situé à l'embouchure du tributaire majeur. À ce moment, l'embâcle a eu pour effet d'abaisser le niveau d'eau du tributaire mineur et de réduire considérablement sa compétence. Ceci a entraîné le dépôt, à la jonction, des sédiments provenant du tributaire majeur. Durant la deuxième période (fig. 3b), la rupture de l'embâcle a augmenté le débit du tributaire mineur, qui a, par la suite, provoqué un accroissement de la compétence du tributaire et favorisé l'incision de son lit.

Cette explication se fonde sur des observations recueillies lors de deux visites sur le terrain durant la crue printanière

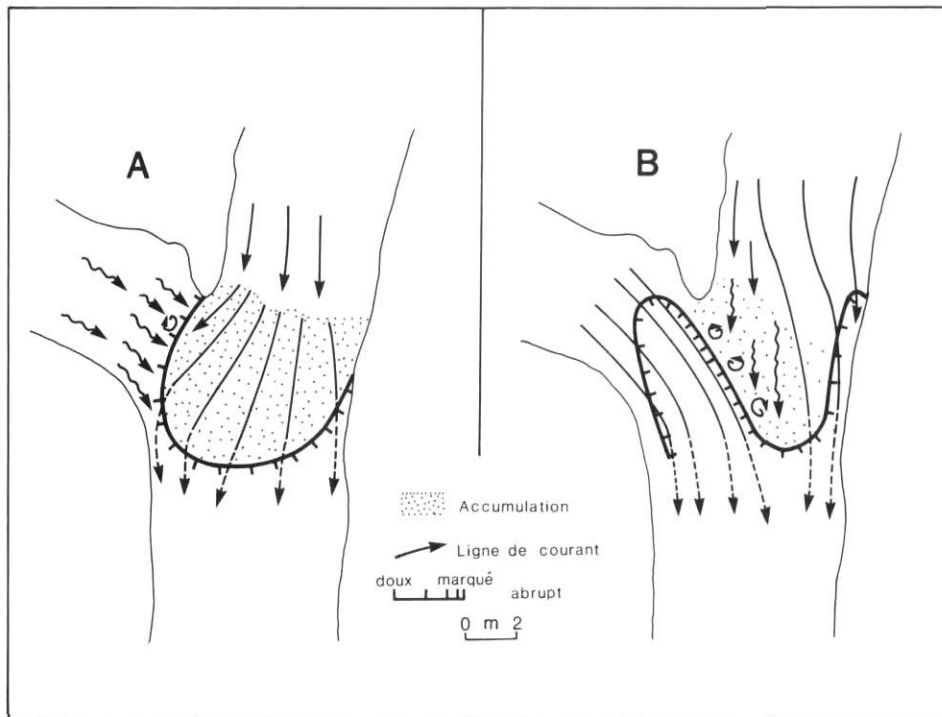


FIGURE 3. La séquence des événements lors de la crue printanière de 1986: A) L'embâcle de glace est responsable du faible débit du tributaire mineur. Ceci entraîne une diminution de la capacité de transport à la confluence et cause le dépôt d'une partie des sédiments provenant du tributaire majeur. L'ancienne zone d'affouillement est partiellement remblayée par les sédiments. B) La rupture de l'embâcle augmente la compétence du tributaire mineur et son lit s'incise. Le banc d'accumulation est partiellement érodé. L'axe principal de la zone d'affouillement s'oriente parallèlement au sens de l'écoulement du tributaire mineur. La déviation de l'écoulement du tributaire majeur entraîne le développement d'un second thalweg près de la rive extérieure de la confluence (côté majeur).

The successive changes of conditions at the confluence during the 1986 spring flood: A) The ice jam causes a reduction of the discharge on the minor tributary. The

transport capacity is reduced at the confluence which causes the deposition of the incoming sediments from the major tributary. The confluence scour is partly filled with these sediments. B) The break-up of the ice-jam increases the transport capacity on the minor tributary. Scouring of the bed and of the gravel bar takes place and the long axis of the scour hole tends to parallel the channel of the minor tributary. The flow of the major tributary is deflected towards the outside bank of the confluence which contributes to develop a second thalweg near that bank.



FIGURE 4. Vue du contact entre la zone d'affouillement et le banc d'accumulation (en regardant vers l'amont).

Upstream view of the contact between the scour hole and the accumulation bar.

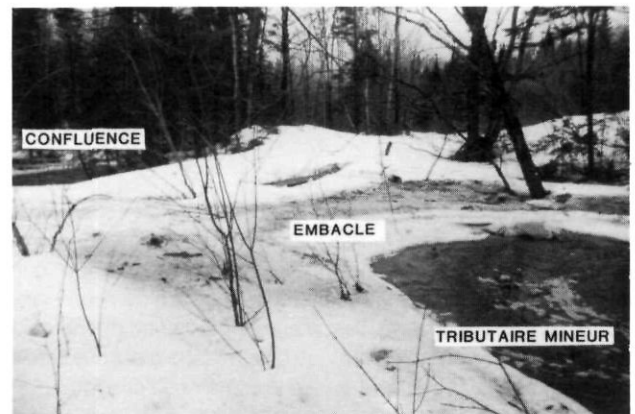


FIGURE 5. L'embâcle et le haut niveau de l'eau en amont du pont (en regardant en aval).

The ice-jam and the high level of water upstream from the bridge (downstream view).

de 1986. Au cours de la première visite, nous avons observé que l'embâcle de glace créait, sur le tributaire mineur, des conditions analogues à celles causées par la construction d'un barrage. En effet, en aval de l'embâcle, le niveau s'était abaissé alors qu'il s'était haussé d'environ 1 m en amont, retenant ainsi une importante quantité d'eau (fig. 5). Par contre, les eaux du tributaire majeur s'écoulaient librement et le débit y était suffisamment élevé pour permettre le transport de la charge de fond. À la confluence, l'élargissement de la coupe

transversale provoquait l'étalement du flot du tributaire majeur, ce qui avait pour effet de diminuer sa compétence. Ceci a entraîné le dépôt d'une partie de la charge de fond du tributaire majeur et ainsi contribué à la construction du banc de graviers et de cailloux (fig. 3a). Nous ne connaissons pas exactement l'extension maximale qu'a pu atteindre ce banc d'accumulation puisqu'il a été partiellement érodé lors de la rupture de l'embâcle. Il est cependant probable que la zone d'affouillement ait été comblée par les sédiments provenant du tributaire

majeur. Ce type d'aggradation a déjà été noté en aval de confluences situées le long de cours d'eau régularisés (Petts, 1984; Petts et Thoms, 1987) et aux confluences dont le rapport de débit a été modifié (Ashmore et Parker, 1983).

La seconde visite sur le terrain a été faite deux semaines plus tard. Durant ce laps de temps, une hausse soudaine des températures a accéléré la fonte des neiges. La figure 3b schématise la morphologie de la confluence telle qu'on a pu l'observer lors de cette visite. Le déplacement de la zone d'affouillement, la forme recourbée du front du banc d'accumulation et le surcreusement du tributaire mineur sont les traits dominants de cette morphologie. Ces changements de forme laissent croire que le débit du tributaire mineur a été, durant une période donnée, plus élevé que celui du tributaire majeur. Ces conditions ont dû se produire lors de la rupture de l'embâcle situé sur le tributaire mineur. Durant cette période, la relâche soudaine de l'importante quantité d'eau retenue en amont du barrage de glace a créé une inversion des conditions normales de rapport de débits.

Ce déséquilibre hydrologique a entraîné l'affouillement du lit du tributaire mineur et l'érosion de la partie du banc d'accumulation qui se situait dans son prolongement (fig. 3b). Ceci explique la netteté du contact entre le banc de graviers et la zone d'affouillement, de même que son évidente correspondance avec le prolongement de la rive intérieure du tributaire mineur. Il est également possible qu'un reflux sur le tributaire majeur ait causé le dépôt de sédiments immédiatement en amont de la rencontre des écoulements (Kochel et Baker, 1982) et ait ainsi contribué à la surélévation du banc d'accumulation (fig. 3b). Il y aurait donc eu simultanément érosion et sédimentation à la confluence. Cette constatation concorderait avec l'observation de Kennedy (1984) qui souligne la possibilité que cette situation se produise lorsque deux tributaires présentent une grande différence de débits. La prépondérance du tributaire mineur explique également la nouvelle orientation de la zone d'affouillement (fig. 3b) puisqu'il est connu que l'axe principal de la zone d'affouillement à une confluence tend à s'orienter parallèlement au sens de l'écoulement du tributaire dominant (Mosley, 1976; Ashmore et Parker, 1983).

L'érosion de la berge extérieure de la confluence (côté majeur) et le développement d'un second thalweg à son pied sont liés à la déviation de l'écoulement du tributaire majeur. L'eau devait alors s'écouler près de la berge, en raison de la grande vitesse du tributaire mineur (fig. 3b). Malgré le fait qu'une des berges ait été légèrement érodée, il est intéressant de constater que la géométrie en plan de la confluence n'a pratiquement pas été modifiée lors de cet événement.

Des levés de coupes transversales recueillis durant l'été suivant l'embâcle permettent de constater que la nouvelle morphologie de la confluence n'est pas en équilibre et qu'elle tend graduellement à retrouver son ancienne configuration. La figure 6 présente les changements qu'ont subis les coupes transversales entre le 21 avril 1986 et le 28 octobre 1986. Dans la figure 6A, on constate que le tributaire mineur s'est considérablement remblayé sur toute sa largeur, démontrant un ajustement du cours d'eau à la trop grande coupe trans-

versale formée lors de la crue printanière. Dans les figures 6C et 6D, on remarque le remblaiement partiel de la section des coupes transversales correspondant à la zone d'affouillement. Ce sont ces zones qui ont été surcreusées au printemps 1986, et le dépôt de sédiments montre une tendance vers le retour à l'ancienne morphologie. Cette tendance est confirmée par un début d'aplanissement du banc d'accumulation (fig. 6C). La coupe transversale du tributaire majeur (fig. 6B) a subi une importante érosion de son lit près de la berge intérieure, alors qu'il y a eu sédimentation près de l'autre berge. Ce dépôt a partiellement remblayé le thalweg qui s'était développé, lors de la crue printanière, au pied de la berge extérieure du tributaire majeur. Par ailleurs, ce thalweg tend à se relocaliser près de la rive intérieure du tributaire majeur. Dans les figures 6D et 6E, on observe que les coupes transversales ont été peu modifiées. On ne constate qu'une faible accumulation de sédiments dans la zone située à l'aval de l'extrémité de la zone d'affouillement. Seules les zones ayant été consi-

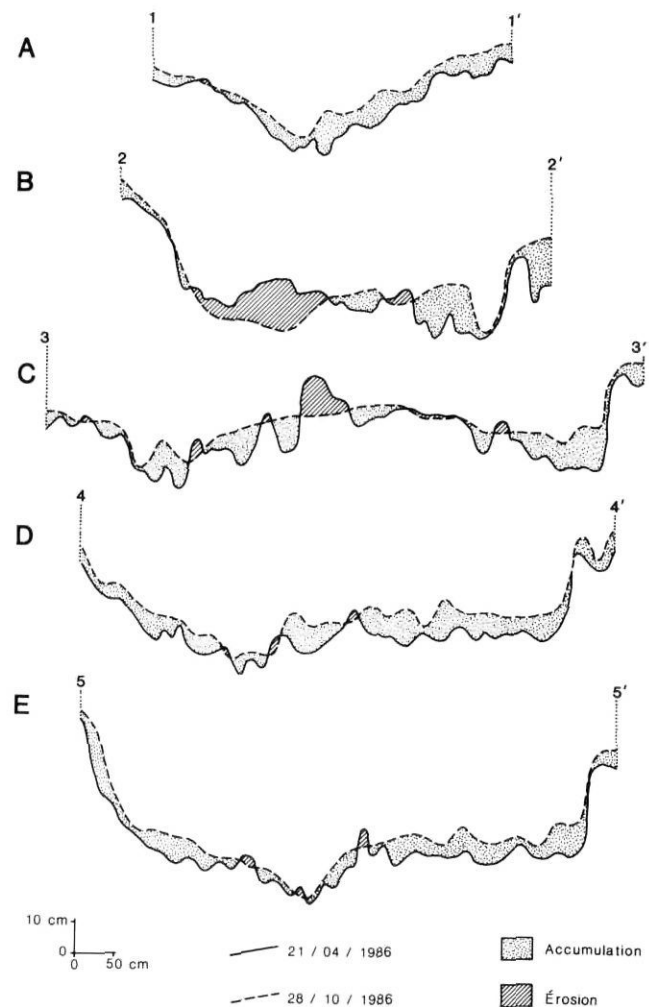


FIGURE 6. L'évolution des coupes transversales à la confluence au cours de l'été 86. La localisation des coupes transversales se trouve à la figure 2b.

Variation in the cross-sections at the confluence during the 1986 summer. See figure 2b for the location of each section.

dérablement affectées par la crue printanière de 1986 ont été modifiées au cours de l'été suivant. Ces changements concomitants du lit à la confluence ont contribué à niveler le lit et à favoriser le raccordement des tributaires.

Au cours de l'été, cette tendance au retour à l'équilibre a persisté malgré le fait que se soient produits des crues supérieures à la moitié du plein bord. Ceci porte à croire que les modifications du lit causées par l'embâcle n'ont été que temporaires. Depuis le retour à la normale des conditions hydrologiques, la redistribution des sédiments à la confluence tend à lui faire retrouver l'équilibre morphologique qui prévalait par les années passées.

CONCLUSION

Les événements décrits montrent la rapidité avec laquelle la morphologie du lit aux confluences se modifie en réponse à tout changement de régime d'un des tributaires. Cette sensibilité du lit aux confluences doit être prise en considération lors de l'élaboration de tout projet pouvant mener à une modification, même temporaire, du régime hydrologique d'un cours d'eau. Ainsi, des valeurs de rapport de débits critiques devraient, en outre, être évaluées de façon à prévenir l'accumulation excessive de sédiments aux confluences. L'évaluation de ces rapports de débits critiques repose sur l'analyse des caractéristiques d'écoulement et de transport de sédiments de chacun des tributaires. Dans les pays nordiques, une attention particulière devrait également être accordée aux embâcles de glaces et à leurs effets éventuels sur la morphologie des confluences.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Catherine Leduc, Ginette Gravel et Bernard De Serres pour leur aide sur le terrain. Le C.R.S.N.G. nous a accordé une aide financière. Les commentaires de Keith Richards et de Jean-Claude Dionne nous ont permis d'améliorer le texte.

RÉFÉRENCES

- Ashmore, P. E. et Parker, G., 1983. Confluence scour in coarse braided streams. *Water Resources Research*, 19: 392-402.
- Best, J. L., 1985. *Flow Dynamics and Sediment Transport at River Channel Confluences*. Thèse de Ph. D., Birbeck College, University of London.
- 1986. The morphology of river channel confluences. *Progress in Physical Geography*, 10: 157-174.
- 1987. Flow dynamics at river channel confluences: Implications for sediment transport and bed morphology, p. 27-35. *In* F. G. Ethridge, F. M. Flores et M. D. Harvey, édit., *Recent Developments in Fluvial Sedimentology*. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists, Special Publication n° 39.
- Hench, W. E. S., 1973. Height, frequency of floods, ice jamming and tree-ring studies, p. 153-190. *In* *Hydrologic Aspects of Northern Pipeline Development*. Information Canada, Cat. n° R27-172.
- Kennedy, B. A., 1984. On Playfair's law of accordant junctions. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9: 153-173.
- Kochel, R. C. et Baker, V. R., 1982. Paleoflood hydrology. *Science*, 215: 353-361.
- McDonald, B. C., 1969. Surficial geology of La Patrie-Sherbrooke area, Quebec, including Eaton River area. Geological Survey of Canada, Paper 67-52: 1-21.
- Michel, B., 1971. Winter regime of rivers and lakes. U.S. Army Cold Regions Science and Engineering Monograph III, U.S. Army Corps of Engineers, April 1971, AD-724 121, p. 130.
- Mosley, M. P., 1976. An experimental study of channel confluences. *Journal of Geology*, 84: 535-562.
- Petts, G. E., 1984. Sedimentation within a regulated river. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9: 125-134.
- Petts, G. E. et Thoms, M. C., 1987. Morphology and sedimentology of a tributary confluence bar in a regulated river: North Tyne, U.K. *Earth Surface Processes and Landforms*, 12: 433-440.
- Reid, I., Best, J. L. et Frostick, L. T., sous presse. Floods and flood sediments at river channel confluences. *In* *Proceedings of the Conference on Floods and their Geomorphological Impact*.
- Roy, R., 1985. La géométrie hydraulique à une jonction de cours d'eau en milieu naturel. Thèse M.Sc., Département de géographie, Université de Montréal.
- Roy, A. G., Roy, R. et Bergeron, N., sous presse. Hydraulic geometry and changes in flow velocity at a river confluence with coarse bed material. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Smith, D. G., 1980. River ice processes. Threshold and geomorphic effects in northern and mountain rivers, p. 323-343. *In* J. D. Vitek et D. R. Coates, édit., *Thresholds in Geomorphology*. Geomorphology Symposium 9th Binghampton.
- Solokov, I. N. et Gotlib, Y. L., 1975. Ice jam control upstream and downstream from hydro power plants, p. 175-178. *In* *Proceedings of Third International Symposium on Ice Problems, 18-21 August 1975*, International Association of Hydraulic Research, Committee on Ice Problems.
- Williams, G. P. et Mackay, D. K., 1973. The characteristics of ice jams, p. 17-35. *In* *Seminar on Ice Jams in Canada*. University of Alberta, National Research Council, Technical Memorandum n° 107.