



## L'effet à long terme des chemins forestiers sur la sédimentation

par Pierre Bérubé, Maryse Dubé, Jean Robitaille, Yves Grégoire et Sylvie Delisle

Le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) du Québec a étudié la relation entre l'étendue du réseau de chemins forestiers de cinq bassins versants et la sédimentation observée dans des ruisseaux. L'étude s'est déroulée sur une période de trois ans dans la région de Québec.



Il se construit annuellement au Québec près de 5 000 km de nouveaux chemins forestiers pour accéder à des zones de coupe, de villégiature ou d'exploitation de la faune. Aux endroits où ces chemins franchissent des cours d'eau, il est nécessaire d'installer des ponceaux; chaque année, leur nombre s'accroît d'environ 10 000 sur l'ensemble du territoire québécois.

Plusieurs études ont démontré que les ponceaux causent un accroissement de la sédimentation dans les cours d'eau au détriment de la faune aquatique, entre autres, des salmonidés. Dès leur construction ou dans les semaines qui suivent, l'érosion des surfaces de roulement et des talus emporte vers le milieu aquatique de grandes quantités de sédiments fins qui peuvent colmater les lits de graviers et de galets dans lesquels fraie l'omble de fontaine. Ce phénomène peut causer l'asphyxie des œufs ou empêcher les alevins d'émerger du gravier et, ainsi, perturber la reproduction des poissons. Conscient de ce problème, le MRNF a émis des directives visant à limiter l'impact des nouveaux ponceaux sur le milieu aquatique.

Mais qu'en est-il des nombreux chemins forestiers déjà en place? Une fois construits, la plupart continuent d'être utilisés et entretenus. Est-ce que leur effet sur le milieu aquatique persiste au fil des ans? Pour répondre à ces questions, le MRNF a réalisé une étude visant à déterminer si l'accumulation de sédiments fins dans un cours d'eau pouvait être liée, du moins en partie, à l'étendue du réseau de chemins aménagés dans un bassin versant. D'autres caractéristiques des bassins versants ont été prises en compte lors de cette étude, dont la pente, les dépôts de surface, les coupes forestières ainsi que l'étendue des aulnaies et des dénudés humides.

### Déroulement de l'étude

L'étude a été réalisée de 2002 à 2005 au nord de Québec (réserve faunique des Laurentides et terres du Séminaire de Québec), dans cinq petits ruisseaux caractérisés par des conditions d'habitat favorables à la reproduction de l'omble de fontaine. Pour mettre en évidence une éventuelle relation entre la sédimentation et les caractéristiques des bassins, nous avons choisi des cours d'eau associés à des réseaux de chemins de densités différentes et à certaines particularités du milieu adjacent. Certains de ces chemins étaient aménagés depuis plus de cinq ans et d'autres depuis plus de 40 ans. Ainsi, dans le cas où cette étude révélerait des variations dans la sédimentation, il serait possible d'estimer dans quelle mesure elles sont liées aux diverses caractéristiques analysées.

Dans chaque cours d'eau à l'étude, on a ensuite recherché cinq tronçons de rivière (biefs) présentant des conditions uniformes sur une longueur d'au moins 5 m pour y établir des stations d'échantillonnage de sédiments (figure 1). Ces stations, réparties le plus régulièrement possible le long du cours d'eau, devaient présenter des caractéristiques propices à la fraie de l'omble de fontaine (pente, vitesse du courant, seuils, gravier, etc.).

À chaque station, six collecteurs de sédiments ont été enfouis dans le gravier à 15 cm de profondeur (figure 2). Ces dispositifs permettent de recueillir les particules qui se déposent dans le lit des cours d'eau pendant une certaine période. Ils peuvent être retirés par la suite sans que les sédiments ne s'en échappent. Les premiers collecteurs ont été installés en juin 2002. Ils ont ensuite été enlevés et remplacés par d'autres en septembre et en juin de chaque année, jusqu'à l'automne de 2005. Ceux prélevés en septembre étaient composés de sédiments accumulés au cours des trois mois d'été (juin, juillet et août),

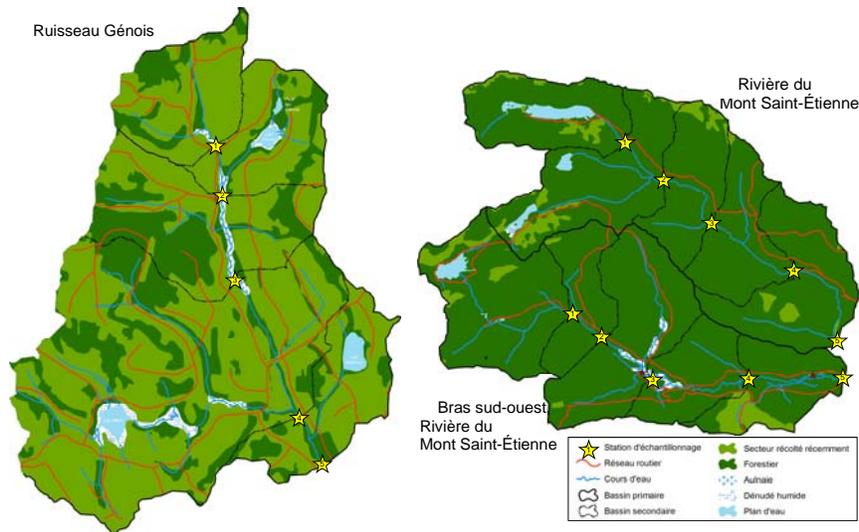


Figure 1 – Exemples de stations d'échantillonnage dans les bassins à l'étude

tandis que les échantillons de juin contenaient des sédiments s'étant déposés au cours des neuf mois précédents (de septembre à mai), c'est-à-dire en automne, en hiver et au printemps.

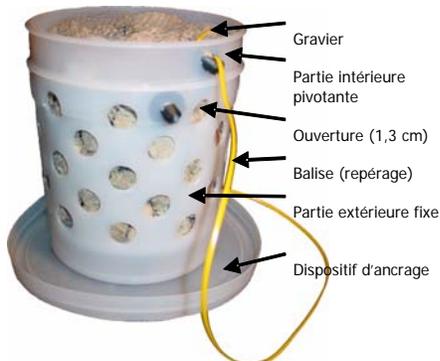


Figure 2 - Collecteurs de sédiments

Rapportés en laboratoire, les échantillons de sédiments accumulés dans les collecteurs ont été séchés à 60 °C, puis séparés par classes de diamètre dans une colonne de six tamis soumis à des vibrations pendant deux minutes. L'ouverture des mailles de ces tamis était respectivement de 5,0 mm, 2,0 mm, 0,850 mm, 0,500 mm, 0,250 mm et 0,075 mm. Ces dimensions correspondent à la granulométrie des sédiments reconnus pour affecter la survie des œufs et des alevins de salmonidés. Les six fractions de sédiments ont ensuite été pesées séparément.

Nous avons également analysé le contenu en matière organique des échantillons. Pour ce faire, nous avons rassemblé toutes les fractions de sédiments de diamètre inférieur à 5 mm d'une même station. Ces sédiments ont été homogénéisés, puis on y a prélevé trois sous-échantillons dans lesquels la teneur en matière organique a été mesurée par la technique de *perte au feu*. Cette analyse permet d'établir la provenance des sédiments puisque la matière

organique observée dans les cours d'eau a généralement une origine naturelle (lit des ruisseaux, berges avoisinantes, etc.).

### Effet sur les apports de sédiments

Pour déterminer si certaines caractéristiques du milieu terrestre des bassins versants - y compris des caractéristiques liées au réseau de chemins - avaient un effet sur la sédimentation, nous avons fait une analyse statistique de la quantité de sédiments dans les collecteurs.

Les résultats de cette analyse confirment que la saison et la position de la station d'échantillonnage (bief) dans le bassin sont très significatives (figure 3). La quantité de sédiments de moins de 5 mm de diamètre est plus élevée dans les échantillons recueillis le printemps que dans ceux de l'automne, une différence à laquelle on pouvait s'attendre, compte tenu de l'écart entre la durée des périodes de sédimentation : neuf mois dans un cas et trois dans l'autre. De plus, cette quantité augmente de façon marquée de l'amont vers l'aval dans les cours d'eau, ce qui suggère un cumul des quantités vers le bas du réseau hydrographique.

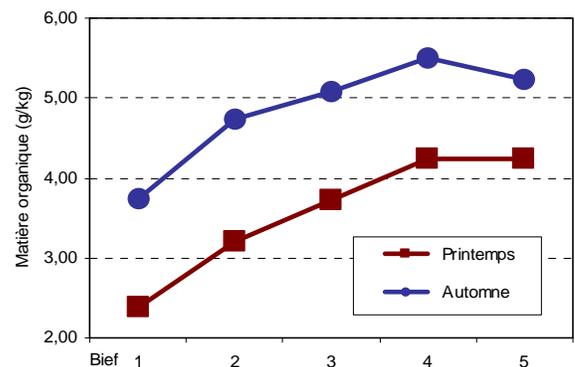


Figure 3 - Masse des sédiments dans les collecteurs

À l'inverse de ces résultats, le contenu en matière organique des sédiments est significativement plus élevé en automne qu'au printemps et diminue d'amont en aval. En examinant la figure 4, on peut presque y voir l'image inversée de la figure 3. Cette diminution de la matière organique indique qu'il y aurait une faible proportion de sédiments d'origine naturelle en aval des ponceaux, la portion restante des sédiments serait donc minérale. Or, la documentation scientifique indique que ce sont surtout les particules minérales les plus fines qui proviennent des ponceaux et des chemins.

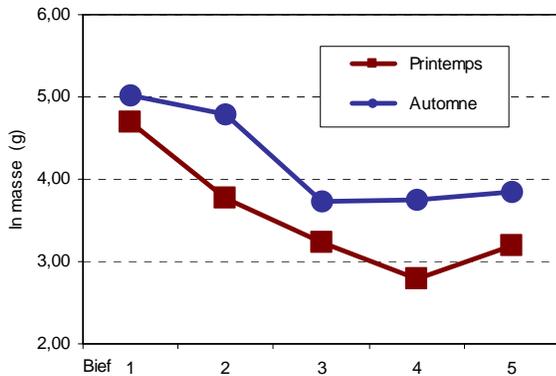


Figure 4 - Teneur en matière organique des sédiments dans les collecteurs

Afin de déterminer le lien entre les sédiments fins et les variables étudiées, nous avons procédé à une analyse statistique distincte (*régression multiple pas à pas*) pour quatre classes de diamètre ( $\leq 0,85$  mm) de sédiments minéraux. On a ainsi obtenu des modèles qui intègrent quatorze variables explicatives caractérisant le milieu terrestre adjacent aux cours d'eau (tableau 1).

Tableau 1 - Modèles prédictifs de la quantité de sédiments de quatre classes de diamètre dans les collecteurs

Variable	Classe de sédiments (mm)			
	0-0,075	0,076-0,250	0,251-0,500	0,501-0,850
	Ordonnée à l'origine			
	- 0,371	- 0,885	- 1,472	- 0,984
	Valeur			
Surface des chemins	11,777	20,661	30,964	39,493
Aulnaies	--	4,954	6,056	4,407
Saisons	0,349	0,908	0,756	0,927
Dépôts de surface épais	0,208	0,584	0,571	0,394
Nombre de ponceaux	0,041	0,204	0,273	0,251
Débit moyen	0,040	0,081	0,121	0,115
Cas graves d'érosion	0,011	0,028	0,043	0,043
Débit maximal	- 0,002	- 0,003	- 0,003	- 0,002
Pente du ruisseau	- 0,021	- 0,065	- 0,131	- 0,211
Coupes de 6 à 10 ans	- 0,309	- 0,622	- 0,557	- 0,936
Superf. du sous-bassin	- 0,270	- 0,747	- 0,951	- 0,900
Coupes de 11 à 15 ans	- 0,443	- 1,150	- 1,293	- 1,475
Coupes $\leq 5$ ans	- 0,236	- 0,936	- 1,492	- 1,914
Dénudés humides	- 2,902	- 11,436	- 17,732	- 4,737
R <sup>2</sup>	0,550	0,668	0,659	0,6000
p	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

L'analyse de régression multiple confirme que la quantité de sédiments fins ( $\leq 0,85$  mm) accumulés dans les collecteurs est liée, du moins en partie, aux conditions qui existent dans le milieu terrestre du bassin. Dans le tableau 1, la valeur R<sup>2</sup>, appelée *coefficient de détermination*, indique dans quelle proportion les variables ont un effet sur la quantité de sédiments dans les collecteurs. À titre d'exemple, pour la classe de diamètre de 0,076 à 0,250 mm, le modèle (R<sup>2</sup>) explique 67 % (0,668) de la variance observée dans les données expérimentales. Ce résultat démontre que les caractéristiques des bassins versants ont un effet sur la quantité de sédiments retrouvés dans les collecteurs.

L'analyse a aussi permis de déterminer si les variables explicatives avaient un effet positif ou négatif sur la quantité de sédiments recueillis dans les collecteurs. Dans chacun des quatre modèles, la surface des chemins s'est révélée comme un facteur contribuant à accroître les sédiments. Ce résultat confirme que l'étendue du réseau de chemins forestiers dans un bassin versant a des répercussions significatives sur la sédimentation dans les cours d'eau. Il en va de même pour le nombre de ponceaux et les cas graves d'érosion : plus leur nombre est élevé dans un sous-bassin, plus grande est la quantité de sédiments fins (de 0 à 0,850 mm) dans les collecteurs. Pour les sédiments plus grossiers (de 0,850 à 5 mm), il n'a pas été possible d'établir de modèles statistiquement valables.

Pour confirmer la justesse du modèle, les valeurs mesurées dans les collecteurs ont été comparées à celles calculées avec le modèle. Mises en graphique, ces valeurs tendent à former un nuage de points alignés sur une diagonale (figure 5). Comme les valeurs calculées s'approchent de celles mesurées, le modèle est juste.

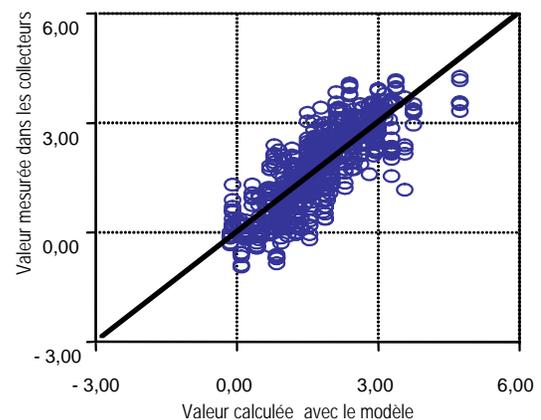


Figure 5 - Valeurs réelles comparées aux valeurs du modèle pour les sédiments de 0,75 à 0,250 mm de diamètre

Par ailleurs, les tentatives pour modéliser la quantité de matière organique ont échoué. Sachant que les sédiments organiques sont issus des cours d'eau, on peut comprendre qu'il soit impossible d'établir une

relation entre leur abondance et les variables du milieu terrestre.

### En conclusion

Cette étude a démontré qu'il existe une relation entre l'étendue du réseau de chemins aménagés dans un bassin versant forestier et les apports de sédiments fins observés dans le cours d'eau qui draine les eaux de ce territoire. Les ponceaux et les cas d'érosion ont également un effet sur la sédimentation, mais dans une moindre importance. Par ailleurs, puisque la construction des chemins ayant fait l'objet de l'étude date de plus de cinq ans, on peut conclure que la sédimentation dans les cours d'eau, associée au réseau routier, a des répercussions à long terme sur les habitats aquatiques, notamment sur ceux de l'omble de fontaine.

Actuellement, il existe plusieurs normes sur la mise en place des infrastructures routières (chemins, ponts et ponceaux) en milieu forestier. Pour améliorer la situation, il serait important de bonifier ces normes ou d'en instaurer de nouvelles, particulièrement en ce qui a trait à l'entretien des chemins.

De plus, l'établissement des réseaux routiers en milieu forestier aurait avantage à être planifié de manière à limiter la sédimentation et ses effets sur les habitats aquatiques (par exemple, en franchissant moins de cours d'eau). Cette pratique permettrait de tenir compte non seulement de la configuration du réseau de chemins forestiers, mais aussi des autres caractéristiques des bassins versants.

### Pour en savoir plus

BÉRUBÉ, P., et autres. [À paraître en 2010 dans *North American Journal of Fisheries Management*].

CARLINE, R. F., 1980. "Features of Successful Spawning Site Development for Brook Trout in Wisconsin Ponds", *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 109, p. 453-457.

CHAPMAN, D. W., 1988. "Critical Review of Variables Used to Define Effects of Fines in Redds of Large Salmonids", *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 117, p. 1-21.

DUBÉ, M., et autres, 2006. *L'impact de ponceaux aménagés en milieu forestier sur l'habitat de l'omble de fontaine*, Québec, gouvernement du Québec,

ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 62 p.

HARTMAN, K. J. et J. P. HAKALA, 2006. "Relationships Between Fine Sediment and Brook Trout Recruitment in Forested Headwater Streams", *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 21, p. 215-230.

LACHANCE, S. et M. DUBÉ, 2004. « A New Tool for Measuring Sediment Accumulation with Minimal Loss of Fines », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 24, p. 303-310.

LACHANCE, S., et autres, 2008. « Temporal and Spatial Quantification of Fine Sediment Accumulation Downstream of Culvert in Brook Trout Habitat », *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 137, p. 1826-1838.

MARIDET, L., et autres, 1997. "Seasonal Dynamics and Storage of Particulate Organic Matter within Bed Sediment of Three Streams with Contrasted Riparian Vegetation and Morphology", dans Gibert, J., J. Mathieu et F. Fournier (eds). *Groundwater Surface Water Ecotones: Biological and Hydrological Interactions and Management Options*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, p. 68-74.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, 2001. *Saines pratiques – Voirie forestière et installation de ponceaux*, Direction régionale de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, 27 p.

SCHREIBER, A., J.-P. JETTÉ et I. AUGER, 2002. *L'orniérage dans les CPRS et dans les autres coupes de régénération – Méthode de mesure utilisée en 2001*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 37 p.

WELLMAN, J. C., et autres, 2000. "Long-Term Impacts of Bridge and Culvert Construction or Replacement on Fish Communities and Sediment Characteristics of Streams", *Journal of Freshwater Ecology*, vol.15, n° 3, p. 317-328.

### Les auteurs

Pierre Bérubé, biol. M. Sc., Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats (MRNF)

Maryse Dubé, agr. et Sylvie Delisle, techn. de la faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts (MRNF)

Jean Robitaille, biol., M. Sc., Bureau d'écologie appliquée, Coopérative des conseillers en écologie appliquée de Québec

Yves Grégoire, biol., M. Sc., consultant

**Ressources naturelles  
et Faune**

**Québec** 

### Pour plus de renseignements

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Direction des communications

Téléphone : 418 627-8600 ou 1 866 248-6936 Télécopieur : 418 643-0720

Courriel : services.clientele@mrnf.gouv.qc.ca

Site Internet : www.mrnf.gouv.qc.ca

Numéro de publication : DEPF-321