

Rapport réalisé dans le cadre du cours GEO41502 : Stage en milieu de travail

Caractérisation des aléas fluviaux sur un tronçon de la rivière Gros-Morne, Gaspésie, Québec.



Table des matières

INTRODUCTION	2
PRÉSENTATION DU SITE À L'ÉTUDE.....	2
L'ÉTAT DES BERGES.....	4
Dynamique sédimentaire des berges.....	4
Trajectoire morphologique du cours d'eau.....	8
TORRENTIALITÉ DANS LE BASSIN-VERSANT	10
Les tributaires torrentiels.....	10
Le cône alluvial	12
RENCENSION DES PRINCIPAUX EMBÂCLES DE BOIS MORT	13
CONCLUSION	16
ANNEXE	17
Détermination de la qualité des structures de protection des berges fluviales.....	17
Indice de qualité des bandes riveraines (IQBR) de la rivière Gros-Morne.....	20
Aperçu des aléas fluviaux dans le bassin de la rivière Anse-Pleureuse.....	22
<i>Le cône alluvial de l'Anse-Pleureuse</i>	22
<i>Le fossé de la route 198 en érosion régressive</i>	23
BIBLIOGRAPHIE.....	25

INTRODUCTION

Les rivières de la Péninsule de Gaspé et, plus particulièrement celle sur la côte nord de la péninsule, sont caractérisées par une forte activité hydrosédimentaire posant de réels problèmes pour les infrastructures adjacentes aux cours d'eau (Demers & al. 2014). Le fort dynamisme s'explique d'abord par le fait que les bassins versants alimentant ces systèmes fluviaux sont de petites tailles et possèdent de fortes pentes. Lors d'épisodes de fortes précipitations, la réponse hydrologique de ce type de bassin versant se rapproche du régime torrentiel (Bravard et Petit, 2002 ; Demers et al. 2014). Mentionnons aussi que ces systèmes fluviaux sont alimentés par une importante quantité de sédiments provenant de dépôts quaternaires. Ainsi, lors de précipitations abondantes, une importante charge sédimentaire peut être mobilisée et modifier considérablement la morphologie des cours d'eau du nord de la Gaspésie.

La tempête post-tropicale Arthur, survenue en juillet 2014, est un bon exemple d'évènement de pluie abondante ayant entraîné une forte réponse hydrosédimentaire dans plusieurs cours d'eau, et par le fait même, causées de sérieux dommages matériels dans une dizaine de municipalités gaspésiennes (Demers & al., 2014). Ayant causé des dommages à un pont, un chemin forestier et un chalet, la crue torrentielle survenue sur la rivière Gros-Morne a eu un impact non négligeable pour la communauté. Pour cette rivière très active morphologiquement, l'absence de connaissance sur les aléas fluviaux nuit grandement à la mise en place d'une stratégie de gestion des risques dans l'optique d'améliorer la résilience de la collectivité gromornaise.

L'objectif de la présente étude, issue d'un partenariat entre le *Laboratoire de Géomorphologie et dynamique fluviale* de l'UQAR et le *Conseil de l'Eau du Nord de la Gaspésie*, est de documenter et de cartographier, à la suite d'une campagne de terrain, la diversité des aléas fluviaux sur un tronçon de la rivière Gros-Morne. La collecte de données, réalisée dans la semaine du 6 juillet 2015, consistait à marcher l'ensemble du tronçon à l'étude afin de localiser géographiquement, à l'aide d'un GPS, l'ensemble des formes et processus liés aux différents aléas fluviaux. Ainsi, la caractérisation de l'état des berges, la description des tributaires torrentiels et des cônes alluviaux, la recension des embâcles de bois mort et la description qualitative de l'état des structures de protection des berges sont les principaux thèmes abordés dans le rapport.

PRÉSENTATION DU SITE À L'ÉTUDE

Prenant sa source sur le plateau gaspésien, la rivière Gros-Morne est alimentée par un bassin-versant d'une superficie de 29.6 km² (Olsen, 2015). Le cours d'eau adopte un style fluvial encaissé en tête de bassin puis s'élargit pour adopter un style divagant dans la plaine alluviale à l'aval de la zone montagneuse encaissée. Dans le cadre de la présente étude, la limite amont se situe au début de la zone divagante alors que l'embouchure de la rivière correspond à la limite aval. De l'amont à l'aval du tronçon à l'étude, il est possible de segmenter l'espace fluvial en trois grandes unités sur une distance de 4.5 kilomètres. Ce genre de segmentation permet d'anticiper les problématiques hydrosédimentaires puisque selon *Demers & al. (2014)*, celles-ci sont « inhérentes au fonctionnement naturel du cours d'eau [...] » et ainsi, au style fluvial.

On retrouve d'amont en aval, un tronçon divagant, un tronçon plus stable à méandre et finalement, un tronçon artificialisé (figure 1).

Le style divagant est un style fluvial instable caractérisé par une charge sédimentaire plus importante que dans les tronçons à méandres (Degoutte, 2012). Le tronçon divagant de la rivière Gros-Morne est quant à lui caractérisé par un lit plus large que les tronçons situés en aval, par la présence de grands bancs centraux et par la multiplicité des chenaux à différents endroits. Il s'agit du tronçon le plus actif géomorphologiquement. La transition entre le tronçon divagant et à méandres stables est marquée par une chute. En aval de celle-ci, le chenal est unique et le lit rétrécit. On y observe aussi un changement de composition des berges, matérialisé par la présence de dépôts argileux ponctués de structures rocheuses. Finalement, le tronçon le plus en aval se caractérise par une artificialisation des berges qui limite la migration latérale du cours d'eau.

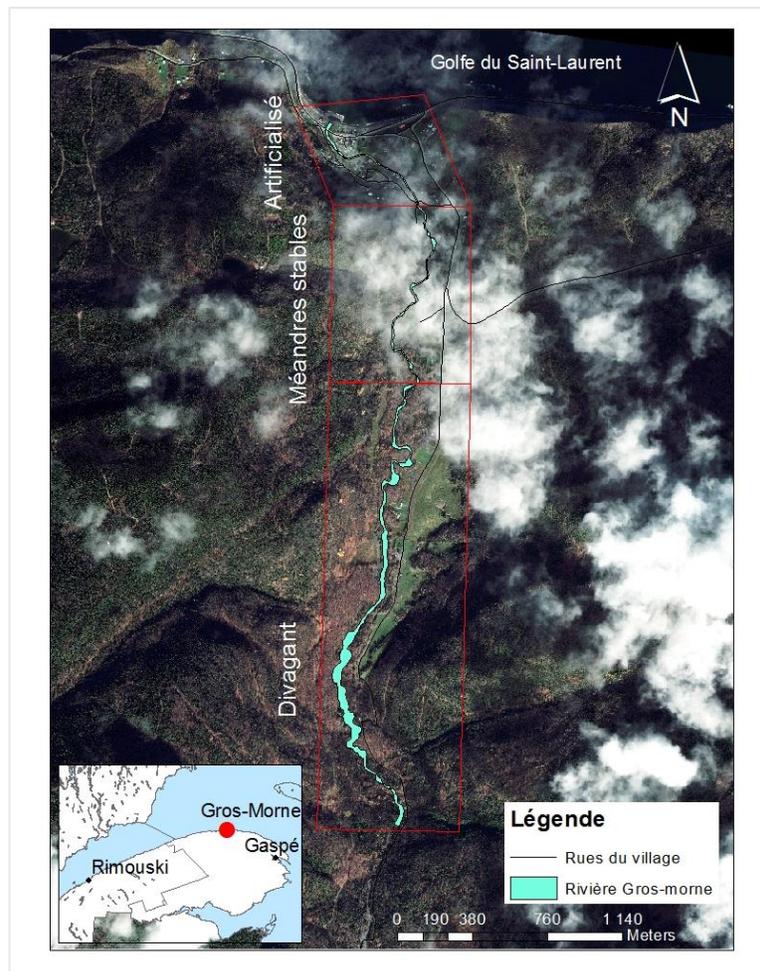


Figure 1 : Localisation du site d'étude et segmentation fluviale des tronçons. Cartographie : Simon Claveau. Source : Shapefiles ; MERN, Fond cartographique : Image satellite GeoEye-1.

L'ÉTAT DES BERGES

L'un des objectifs de la présente étude visait à qualifier sur le terrain l'état des berges, afin de dresser un portrait global de la dynamique sédimentaire en fonction des différents styles fluviaux du cours d'eau. De plus, dans une perspective plus historique, une analyse de la trajectoire morphologique du cours d'eau a été réalisée à partir des tracés fluviaux de la rivière en 2004 et en 2014.

Dynamique sédimentaire des berges

La caractérisation quantitative et qualitative de berges lors de la séance terrain a permis de dresser un portrait général de la dynamique sédimentaire actuelle. Il a ainsi été possible de répertorier des berges en accumulation, en érosion, stabilisées naturellement par la végétation et finalement, stabilisées par des infrastructures anthropiques. La figure 2 révèle que les berges en érosion et les berges stabilisées par une infrastructure occupent une place non négligeable avec respectivement 32 et 37% de la totalité des berges à l'étude. Les berges en accumulation (19%) et stables naturellement (12%) occupent une proportion moins importante. Il faut cependant noter que les formes d'accumulation comme les grands bancs centraux, très fréquents sur le tronçon divagant, n'ont pas été considérés dans ces proportions. Malgré la faible représentation des berges en accumulation, il est important de considérer que l'on observe tout de même sur le lit de la rivière, de grandes formes d'accumulation matérialisées sous forme de bancs centraux.

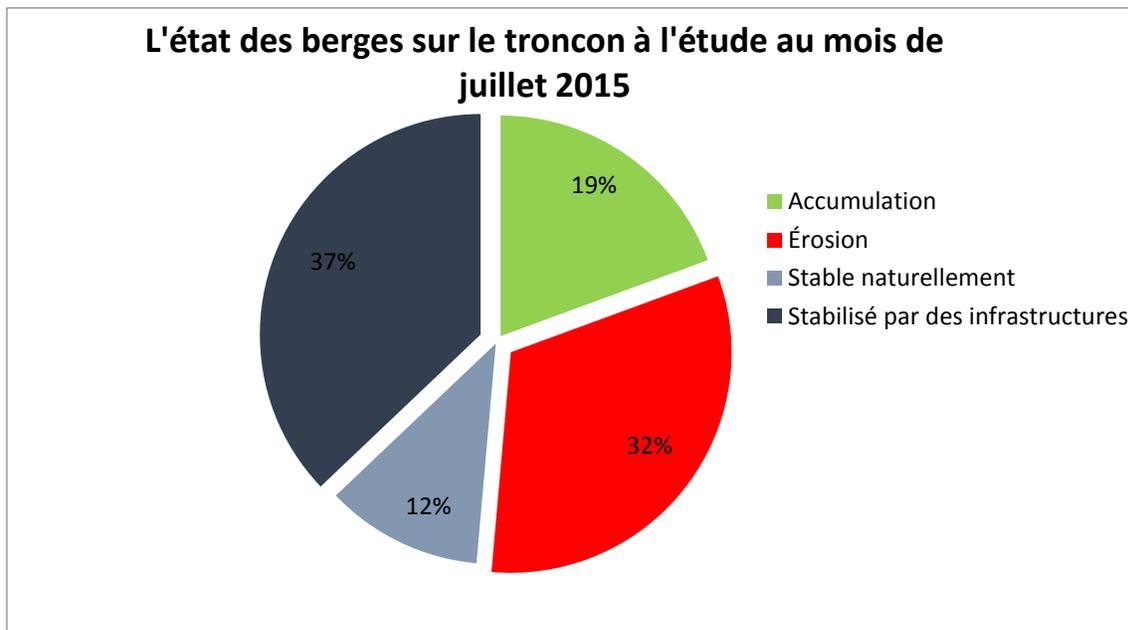


Figure 2

Pour ce qui est de la répartition spatiale de l'état de berge, les données récoltées montrent que le style fluvial et la composition lithologique semblent jouer un rôle déterminant dans l'état actuel des berges. Par exemple, le secteur amont du tronçon fluvial à l'étude, où le cours d'eau suit un style divagant, est caractérisé par un dynamisme sédimentaire beaucoup plus important que les

autres secteurs. C'est-à-dire que l'on y retrouve une plus grande proportion de berges en érosion (44.8%) et en accumulation (28.7%) et une moins grande proportion de berges stables comparativement aux autres tronçons. Plus en aval, les berges du tronçon méandrique montrent une stabilité beaucoup plus prononcée (78.8%). Il est important de mentionner qu'il s'agit essentiellement d'une stabilité naturelle. La faible dynamise de ce tronçon peut en partie s'expliquer par le fait que les berges sont composées d'un substrat argileux parfois ponctué de substrat rocheux. Il s'agit donc d'un contrôle structural qui semble conditionner l'évolution morphologique des berges (Bravard et Petit, 2002). Finalement, le tronçon artificialisé est caractérisé par une prédominance de structures anthropiques (97.3%) favorisant la stabilité actuelle des berges de ce secteur.

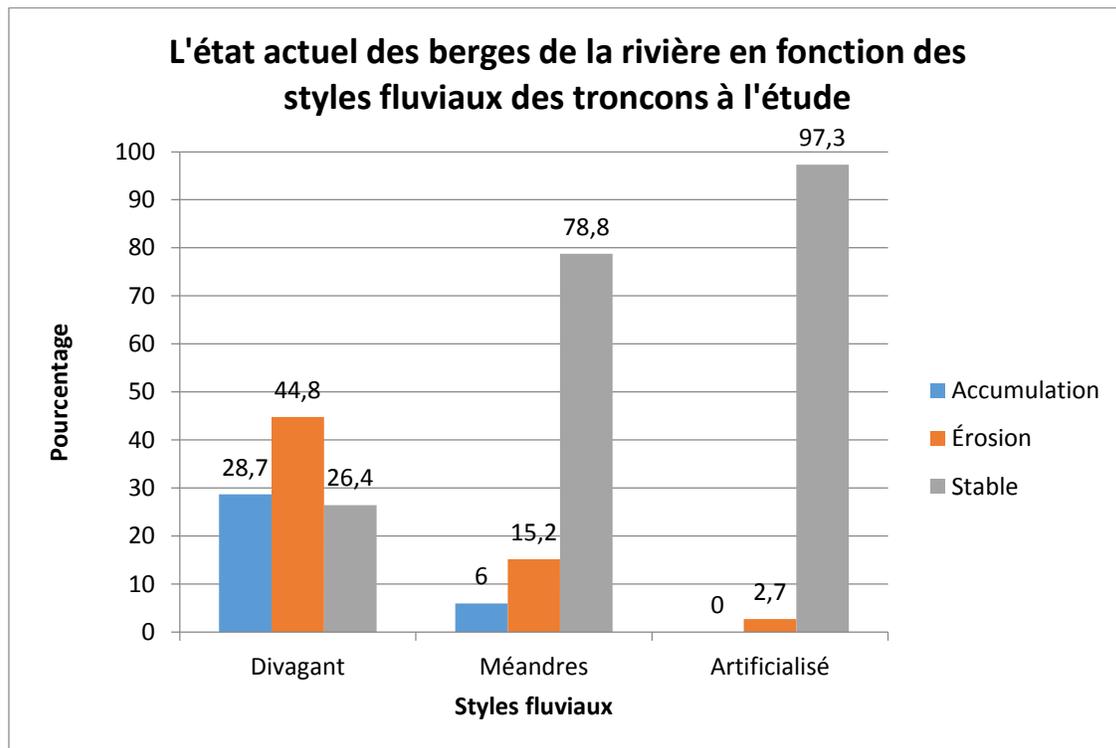


Figure 3

En plus de la présentation générale de l'état des berges, il est aussi intéressant de s'attarder plus en détail aux zones problématiques que l'on retrouve sur les berges du tronçon à l'étude. C'est sans surprise que l'on retrouve majoritairement ces problématiques morphodynamiques à l'intérieur du tronçon divagant. L'une de celles-ci, localisée aux limites amont du tronçon divagant, est caractérisée par un méandre en érosion qui menace l'intégrité du terrain d'une roulotte privée et du chemin de la *Rivière* (Figure 4).

Entre 2004 et 2014, cette berge a été affectée par une migration latérale de près de 12 mètres. Selon le propriétaire de la résidence, la tempête Arthur est responsable d'une très grande part de l'érosion de la berge et ainsi, de la perte d'une partie de son terrain. C'est notamment à cet endroit qu'un chalet a été emporté par la crue torrentielle qu'a provoquée la tempête Arthur

(Olsen, 2015). En réponse à l'érosion accélérée de la berge en question, une digue a été construite un peu plus en amont dans le but de changer la trajectoire du cours d'eau pour limiter l'action érosive de celui-ci sur le terrain privé. Cette digue composée d'alluvions de la rivière Gros-Morne est peut-être en mesure de limiter l'érosion du grand méandre. Cependant, advenant une crue torrentielle comme celle d'Arthur, l'écoulement débordera dans son chenal naturel et sera de nouveau apte à éroder la berge vulnérable. Finalement, il faut mentionner que l'évolution morphologique de cette berge est aussi conditionnée par l'action érosive d'un tributaire qui sera décrit plus tard.



Figure 4: Le grand méandre en érosion. X1 représente l'objet géographique commun aux deux photographies.
Photo : Simon Claveau. Imagerie satellitaire : GeoEye-1.

Toujours dans le tronçon divagant, un peu plus en aval, on observe une importante zone de sédiments dragués pour la construction d'une digue de 165 mètres qui chemine jusqu'au pont endommagé. Selon Olsen. (2015) « le creusage [de ce] chenal plus étroit et profond aura pour effet d'augmenter le transport de sédiment et par le fait même l'accumulation de sédiments dans les zones de dépôts ». Le chercheur ajoute que les chenaux dragués et linéarisés, comme celui en amont du pont endommagé, accentuent le transit sédimentaire et engendre une accumulation importante à la sortie du tronçon aménagé (Olsen, 2015). En draguant un chenal linéaire en amont du pont, l'intégrité du futur pont risque d'être compromise.



Figure 5 : Le chenal dragué et linéarisé. X2 représente l'objet géographique commun aux deux photographies.
Photo : Gauche : Simon Claveau. Droite : Gérard Michaud.

Bien que le tronçon divagant ne soit pas le seul à présenter des traces d'un dynamisme morphosédimentaire, il demeure néanmoins le plus important à surveiller dans une optique de gestion des aléas fluviaux.

À 500 mètres du pont se trouve la station de captage d'eau souterraine de la municipalité. Une berge concave en érosion menace l'intégrité du périmètre de protection de la station (figure 6). Le coin de la clôture de protection se trouve actuellement à 10.5 mètres d'une berge montrant des signes morphologiques de recul (profil vertical de la berge et végétation basculée) (Olsen, 2015). De plus, considérant l'ouverture de la bande riveraine sur près de 23 mètres et le dynamisme non-négligeable de la berge, il est vrai de dire que le périmètre de protection de la station est relativement vulnérable. Olsen. (2015) mentionne cependant que la station elle-même, située à 30 mètres de la berge n'est pas à risque d'érosion dans un futur rapproché. Cependant, il serait pertinent de d'améliorer la stabilisation du sol entre le coin de la clôture et la rive afin de limiter l'action érosive du cours d'eau. En d'autres mots, il serait pertinent d'implanter une bande riveraine plus adéquate.



Figure 6 : La vulnérabilité du périmètre de protection de la station de captage des eaux souterraines. Modifié de Olsen 2015.

Trajectoire morphologique du cours d'eau

La trajectoire morphologique est un concept clé dans la compréhension de l'évolution historique des variables du lit d'un cours d'eau, notamment en ce qui a trait à sa largeur et sa mobilité (Demers et al., 2014). Considérant que les tronçons divagants des systèmes fluviaux sont jugés comme dynamique d'un point de vue morphologique, il s'est avéré pertinent de documenter la trajectoire de la rivière Gros-Morne. À l'aide d'une orthophotographie de 2004 et d'une image satellitaire *GeoEye-1* d'octobre 2014, il a été possible de vectoriser le tracé fluvial de ces deux années. Il est à noter que la vectorisation du tronçon à méandres n'a été réalisée qu'en partie par photo-interprétation sur l'image satellitaire de 2014. En effet, la présence d'une couverture nuageuse ne permettait pas, à certains endroits, de bien délimiter le tracé de la rivière dans ce secteur. Par conséquent, la vectorisation de ces segments problématiques a été réalisée à l'aide des relevés GPS du niveau pleins bords de la rivière dans ce secteur. En raison de la précision limitée de l'appareil (3 mètres), il faut alors grandement nuancer les résultats en ce qui a trait la mobilité du lit entre 2004 et 2014 dans ce secteur. Somme toute, la juxtaposition des deux tracés historiques suggère une évolution morphologique beaucoup plus marquée dans le cas du tronçon divagant que pour les deux autres tronçons.

La migration latérale du cours d'eau est donc plus significative dans le secteur divagant avec un taux de migration moyenn d'environ 6.7 mètres sur un horizon de 10 ans. Pour ce même paramètre, en ce qui a trait au tronçon méandriforme, on obtient 0.9 mètres. Le calcul de la migration latérale du tronçon artificialisé n'a pas été effectué considérant la présence des structures qui inhibent l'action érosive du cours d'eau. D'un point de vue plus qualitatif, la juxtaposition des tracés révèle aussi que le chenal s'est élargi de manière considérable entre 2004 et 2014 dans le tronçon divagant (figure 7). Sur cette même figure, on observe aussi deux processus d'avulsion, c'est-à-dire que le cours d'eau a abandonné son lit au profit d'un nouveau.

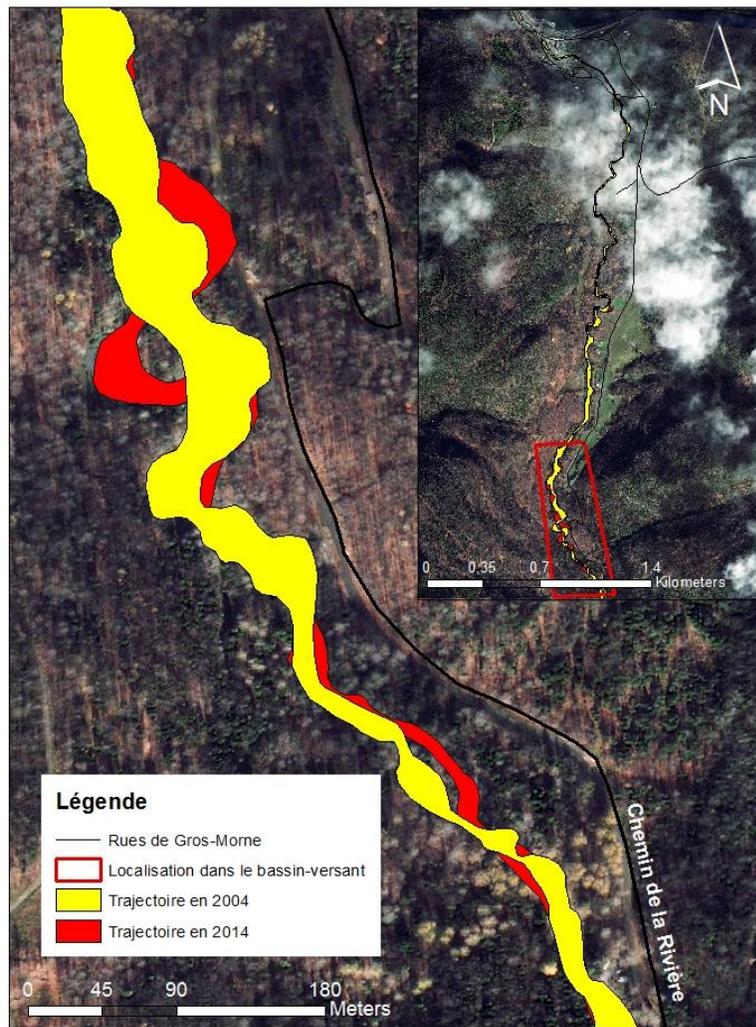


Figure 7 : Juxtaposition des tracés fluviaux de 2004 et de 2014. Fond cartographique : GeoEye-1, octobre 2014.

TORRENTIALITÉ DANS LE BASSIN-VERSANT

Les tributaires torrentiels

Quatre tributaires intermittents témoins d'une très forte activité géomorphologique ont été observés. Alors que la granulométrie surdimensionnée des sédiments de ces tributaires témoigne de la grande compétence de ces écoulements épisodiques, les berges fortement érodées nous renseignent sur la force érosive de ces petits cours d'eau. Deux de ces tributaires, causant un risque non négligeable pour les ponceaux qui les drainent, sont décrits plus en détail. La localisation géographique de ces deux tributaires est sur la figure 8.

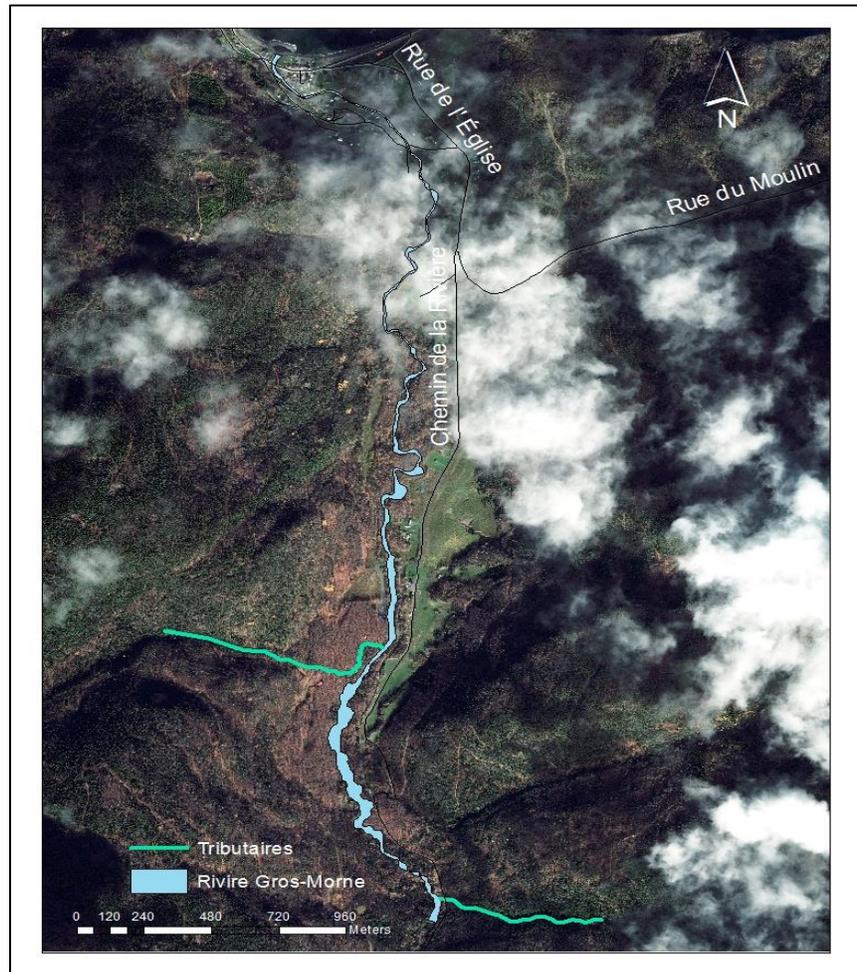


Figure 8 : Localisation des 2 tributaires problématiques. Cartographie : Simon Claveau. Fond : GeoEye-1

L'un de ceux-ci, situé le plus en amont, est caractérisé par un lit d'une largeur de 8 mètres et par une granulométrie hétérogène, allant du gravier de 4mm au bloc de plus de 256 mm (figure 9). Bien que son écoulement soit de nature intermittente, ce tributaire peut causer d'importants dégâts en réponse à de fortes précipitations. L'action érosive du tributaire épisodique menace par ailleurs l'intégrité du ponceau et le chemin de la Rivière qui traverse ce cours d'eau. Les traces morphologiques laissées par ce petit ruisseau intermittent portent à croire que celui-ci se transforme en torrent lors de fortes précipitations. On y observe d'ailleurs des berges dévégétalisées et érodées, un chenal fortement incisé et la présence de blocs de 300 mm, témoignant d'un processus de transport de la charge de fond à forte compétence.



Figure 9 : Tributaire amont.

Pour ce qui est du deuxième tributaire à écoulement intermittents, il se situe plus en aval, à mi-chemin entre le début de la zone d'étude et le secteur du pont endommagé (figure 10). Tout comme le tributaire décrit précédemment, celui-ci est témoin d'une activité géomorphologique non-négligeable. En parcourant près de 500 mètres de l'embouchure vers l'amont du tributaire, il a été observé que cet affluent de la rivière Gros-Morne s'écoule d'une zone montagneuse forestière avant de se buter à une importante rupture de pente, qui marque en fait le début de la plaine alluviale de la rivière. Si l'on couple cette information avec le fait que le tributaire montre des signes d'une coulée de débris, caractérisé notamment par une granulométrie hétérogène (allant du galet au bloc), et que l'environnement géomorphologique dans lequel il s'écoule est de forme triangulaire, il peut être possible d'envisager que le tributaire correspond en fait au chenal principal d'un cône alluvial (Sauret, 1987). Toutefois, cette interprétation demeure hypothétique dans le cadre de ce travail. Il serait pertinent de connaître la pente de la forme et d'étudier plus en profondeur la distribution granulométrique des sédiments pour valider une telle observation. Mentionnons aussi que les limites géographiques de cette unité morphologique demeurent très floues.



Figure 10 : Tributaire aval. A : Partie aval du cône. B : Vue à l'intérieur du chenal principal. C : Limite amont du chenal principal.

Que l'on confirme ou non l'existence de ce cône alluvial, mentionnons que les tributaires décrits précédemment présentent une dynamique torrentielle qu'il est nécessaire de considérer dans la gestion des aléas fluviaux en milieux anthropisés.

Le cône alluvial

La région montagneuse de la Gaspésie septentrionale est très propice à la formation de cône se développant à l'embouchure des nombreux torrents (Caron Fournier, 2009). À Gros-Morne, on retrouve l'une de ces formations géomorphologiques sur la plaine alluviale de la rive droite du cours d'eau. Contrairement à la forme décrite dans le précédent chapitre, les limites de cette forme d'accumulation sédimentaire drainée par un torrent sont relativement bien délimitées (figure 10). La pertinence d'identifier ce type de formes dans la cartographie des aléas fluviaux de la rivière Gros-Morne vient du fait que celles-ci sont très dynamiques et sont caractérisées « [...] par des changements subits dans le tracé du chenal principal lors des crues » (Buffin-Bélanger & Héту, 2008). En effet, en régime hydrologique de crue, l'écoulement pourrait éventuellement sortir du lit du chenal actuel et déborder sur le cône. Ce type de forme est donc soumis à la fois à des processus d'avulsion (changement de trajectoire du cours d'eau) et d'inondation.



Figure 10 : Vue oblique du cône alluvial sur la plaine de la rivière Gros-Morne. Le polygone de forme triangulaire suggère les limites approximatives de l'unité géomorphologique.. Photo : Gérard Michaud.

De l'amont à l'aval de la forme, le chenal principal du cône alluvial est caractérisé par un important gradient granulométrique. Il faut cependant noter que malgré l'affinage généralisé des sédiments de l'amont vers l'aval, on observe une certaine hétérogénéité dans la taille des sédiments qui composent le lit de ce torrent. Dans une optique de gestion des risques naturels, aucun bâtiment ne devrait être construit à l'intérieur des limites de cette forme naturelle très dynamique.

CARACTÉRISATION DES PRINCIPAUX EMBÂCLES DE BOIS MORT

La présente étude a notamment fait l'objet d'une recension des principaux embâcles de bois morts (EBM) présents dans les différents chenaux de la rivière Gros-Morne. L'importance d'un tel exercice vient du fait que les EBM entraînent des répercussions non négligeables sur la structure de l'écoulement, la morphologie du lit et le transport des sédiments (Montgomery et al., 2003). De plus, dans les cours d'eau de petite taille, comme la rivière Gros-Morne, l'impact géomorphologique de telles structures est exacerbé (Eaton et Hassan, 2013; Church, 2013). Ceci s'explique par le fait que sur les petites rivières, « l'emprise des débris ligneux sur la superficie transversale du chenal est plus importante » (Massé, 2014). C'est pourquoi les EBM de la rivière Gros-Morne doivent donc être pris en compte dans la gestion des aléas fluviaux.

Depuis l'amont du tronçon divagant jusqu'à l'embouchure de la rivière, 12 EBM ont été dénombrés. Fait intéressant, 91.6% des EBM se trouvent dans la portion divagante du tronçon à l'étude. La grande concentration d'EBM dans ce tronçon peut notamment être expliquée par l'importante activité morphologique inhérente à ce style fluvial. En effet, alors que les berges d'érosion génèrent une production de débris ligneux, les nombreuses zones d'accumulation favorisent leur accumulation. Pour revenir à la population d'EBM recensée, 58% d'entre eux sont des EBM latéraux, 17% sont centraux et 25% sont totaux, c'est-à-dire qu'ils obstruent l'entièreté du chenal. La figure 11 illustre les particularités de ces différents types d'EBM.



Figure 11 : Typologie des EBM sur la rivière Gros-Morne. A : Vue en plan d'un embâcle central. B : Embâcle latéral : il est la plupart du temps ancré sur les berges concaves. C : Embâcle total : il obstrue l'entièreté du ou des chenaux. Photos : A : Gérard Michaud, 2015. B et C : Simon Claveau, 2015.

L'impact hydrogéomorphologique des structures de bois mort sur la rivière Gros-Morne est représenté graphiquement sur la figure 12. On constate que plus de la moitié de la population d'EBM (59%) contribue, à différents niveaux, à la protection des berges concaves. Il faut par ailleurs noter que c'est principalement les EBM latéraux qui inhibent l'action érosive du cours d'eau. *Gurnell & al. (2002)* expliquent que ces types d'embâcles, formés sur la rive concave d'un méandre, ralentissent les taux d'érosion de ces berges. Dans un autre ordre d'idées, une proportion non négligeable (17%) d'EBM contribue à la fois à la redirection de l'écoulement et à l'initiation des processus de sédimentation en amont. Dans le premier cas, en obstruant le chenal, les embâcles totaux peuvent entraîner des « ajustements morphologiques majeurs comme la dérivation du chenal principal par avulsion [...] (Massé, 2014 ; Gurnell & al., 2002). Dans le cas de la rivière Gros-Morne, de tels processus n'ont pas encore été observés à proximité de ces embâcles totaux. Cependant, ils pourraient survenir en réponse à la succession d'évènements de crue.

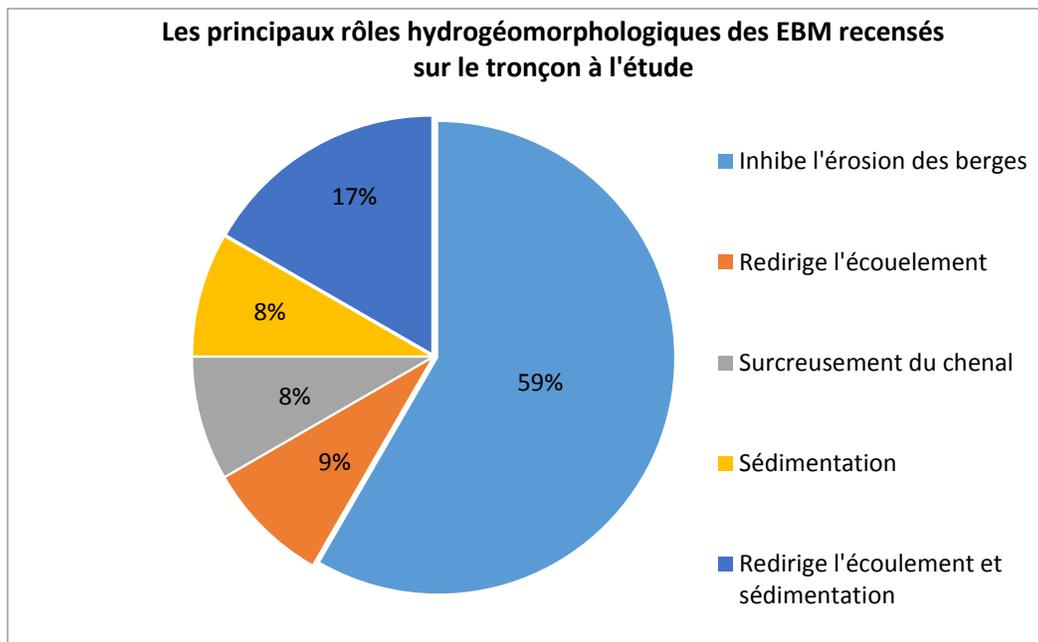


Figure 12

La présence de ce type d'EBM peut exacerber l'intensité des débordements du cours d'eau en période de crue (Massé, 2014). La présence de telles structures dans le chenal peut aussi avoir comme effet de bloquer le transit sédimentaire en dissipant l'énergie du courant (*Eaton et al., 2012*). Le processus de sédimentation induit par les EBM peut dans certains cas, contribuer à l'aggradation du lit du cours d'eau. On constate que l'EBM total de la rivière Gros-Morne agit comme barrage, bloquant ainsi le transit sédimentaire et contribuant alors à l'aggradation du lit (figure 13).

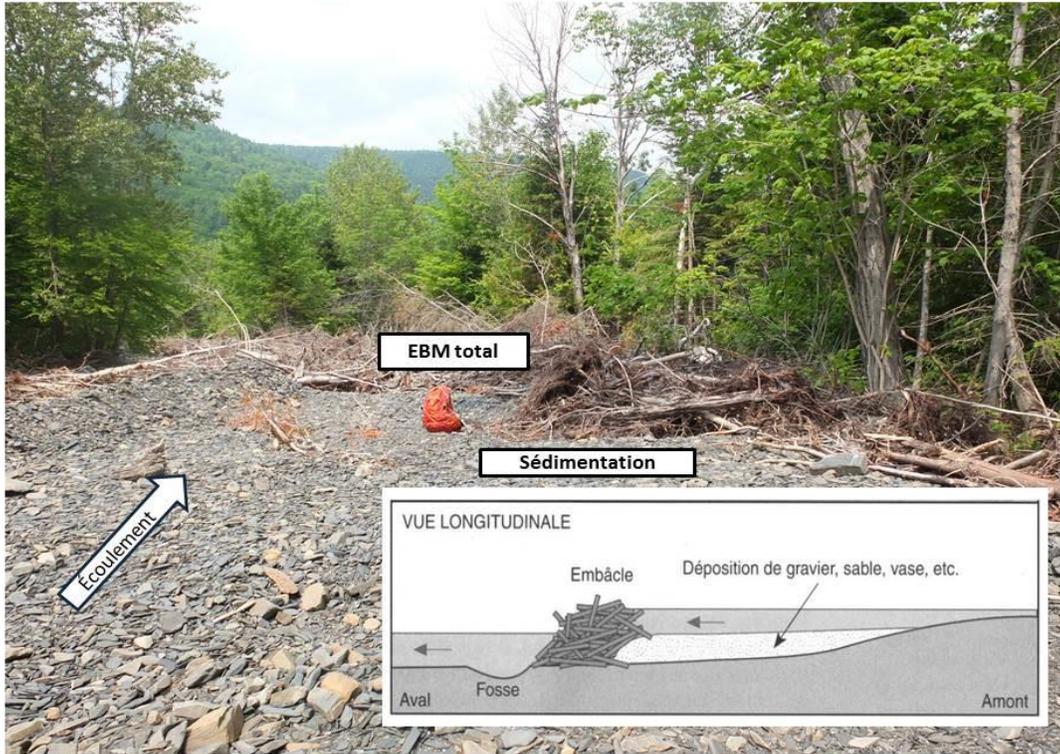


Figure 13 : Sédimentation en amont d'un EBM total. Modifié de Therrien, 1997. Photo : Simon Claveau, 2015.

Des processus de surcreusement du chenal en aval d'EBM ont été observés. Cependant, ils n'accaparent que 7% des impacts hydrogéomorphologiques observés.

En somme, les EBM, principalement localisés dans les limites amont et aval du tronçon fluvial divaguant, modifient de différentes façons la dynamique hydrogéomorphologique de la rivière Gros-Morne. Dans la majorité des cas, ces structures inhibent certains aléas fluviaux comme l'érosion des berges concaves des méandres. Cependant, des structures plus importantes comme les 3 embâcles totaux recensés sur la rivière peuvent accentuer les débordements et initier les processus d'avulsion, causant alors un risque pour les chemins forestiers ou les habitations parfois situées à proximité de celles-ci.

CONCLUSION

L'objectif de l'étude était de documenter la diversité des aléas de la rivière Gros-Morne en fonction des différents styles fluviaux présents sur le tronçon à l'étude. En se rapportant aux résultats obtenus, il est possible de dire que le style fluvial est une variable qui semble jouer un rôle prépondérant dans la répartition géographique des aléas fluviaux. En effet, il semble y avoir une relation entre la diversité d'aléas et le style fluvial. Alors que les tronçons artificialisés et à méandres stables sont peu actifs au niveau géomorphologique, le tronçon divagant présente quant à lui une diversité de formes fluviales exprimant la diversité des aléas fluviaux. Comparativement aux autres tronçons, le dynamisme morphologique de ce tronçon divagant se matérialise par une plus grande proportion de berges en érosion et en accumulation, un taux de migration latéral du cours d'eau plus élevé, une plus forte densité d'embâcle de bois mort et par la présence de formes liées à des écoulements torrentiels comme les cônes alluviaux. On comprend ainsi que la dynamique géomorphologique d'un cours d'eau est de l'amont vers l'aval, relativement diversifiée.

Dans une optique de gestion des risques naturels, on peut alors considérer les styles fluviaux comme des unités de gestion. Par exemple, les tronçons divagants et artificialisés, de par leur dynamique très différente, ne répondent pas aux mêmes besoins en matière de gestion des risques. Face à l'augmentation prévue par le GIEC de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, notamment comme Arthur survenu en juillet 2014, il sera pertinent de considérer la dynamique particulière de chacune des unités de gestion de la rivière dans les futurs plans d'aménagement et de mesures d'urgence. Cela pourrait ainsi contribuer à améliorer la résilience de la collectivité de Gros-Morne face aux changements climatiques et environnementaux.

ANNEXE

L'annexe suivant présente des résultats obtenus qui ne s'inscrivent pas dans le mandat officiel de l'étude. Il s'agit de données récoltées lors de la semaine de terrain du mois de juillet et de deux journées dans le mois de septembre 2015.

Détermination de la qualité des structures de protection des berges fluviales

Le noyau villageois de Gros-Morne est situé de part et d'autre de la rivière sur près de 700 mètres de longueur, en partant de l'embouchure vers l'amont. Sur cette section du cours d'eau, la rivière Gros-Morne est fortement anthropisée. Des infrastructures de protections ont été construites sur une grande partie des rives dans l'optique de limiter l'érosion fluviale. La visite sur le terrain en juillet dernier a permis de constater l'inefficacité et la vulnérabilité de certaines de ces structures, causés notamment par la mauvaise conception ou l'âge de celles-ci (figure 14). En fait, plusieurs de ces aménagements pourraient potentiellement céder et ainsi compromettre la sécurité des riverains. C'est en considérant ces enjeux qu'il s'est avéré pertinent de déterminer et de cartographier la qualité des infrastructures de protection sur le tronçon habité de la rivière Gros-Morne.



Figure 14 : Exemple d'une structure de protection désuète classée comme très faible. Photo : Simon Claveau

Cinq classes (*très faible, faible, moyen, bon et très bon*) ont été créées afin de comparer la qualité de chacune des structures de protection. Cette classification est basée sur trois grands indicateurs : le type de matériel qui compose la structure, l'état de la structure et l'activité géomorphologique autour de la structure. Le principal inconvénient de cette méthodologie est qu'elle est strictement qualitative et quelle peut être contrainte à une certaine subjectivité. Par exemple, l'âge de la structure est une variable quantitative qui est dans ce cas-ci estimé en prenant compte l'état général des matériaux des structures (défectuosité, bris etc....).

L'exercice a tout de même permis de dresser un portrait, à moindres coûts, de la variabilité spatiale de la qualité des infrastructures de protection des berges.

La figure 15 présente la fiche d'évaluation créée pour la structure 6131 (voir photo ci-dessous). On peut y voir la pondération de chaque indicateur. À noter que la détermination des valeurs des sous-cotes est expliquée en détail dans le *tableau 1*. Par exemple, une cote de 10 sur 10 attribué au sous-indicateur *sapement basal* indique une forte résistance à ce processus alors qu'une la note minimale de 0 indique le contraire.

No. structure	Indicateur	Sous-indicateur	Sous-Cote	Cote finale	Qualité
6131	Matériel (/25)	Type (/15)	10	47	Très faible
		Résistance érosion (/15)	4		
	État (/35)	Âge (/6)	3		
		Stabilité (/12)	0		
		Cohésion (/12)	4		
	Act. géomorphologique (/40)	Sapement basal (/10)	8		
		Mouvement subaérien (/10)	7		
		Effet de bout (/10)	10		
		Végétalisation (/10)	1		

Figure 15 : Exemple d'une fiche d'évaluation d'une structure de protection des berges.

Sur un total de 12 structures de protection recensées, près de 42% d'entre-elles ont été qualifiées de faibles ou de très faibles. En d'autres mots, il y a un pourcentage non négligeable d'infrastructures fluviales désuètes, rendant ainsi vulnérables les habitations riveraines. Dans certains cas, la tempête post-tropicale Arthur a accentué la vulnérabilité des structures de protection. Par exemple, les dégâts causés sur la structure présentée à la figure 14 sont dus, selon un riverain questionné lors de la collecte de données, à la montée du niveau de l'eau lors de la tempête de juillet 2014. Ceci montre alors que certaines structures de protections des berges sont actuellement mal adaptées aux « grandes crues ». Néanmoins, il a été possible d'identifier un certain pourcentage (33%) d'infrastructures fluviales en bon ou très bon état.

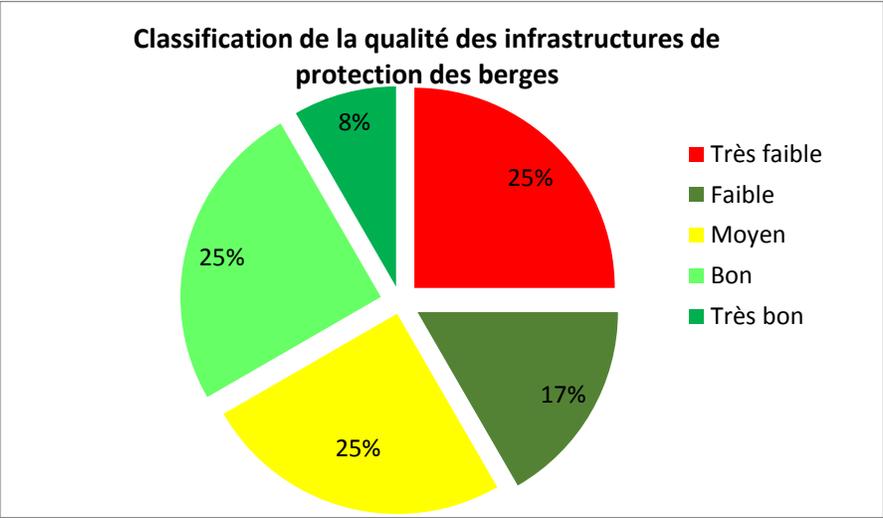


Figure 16

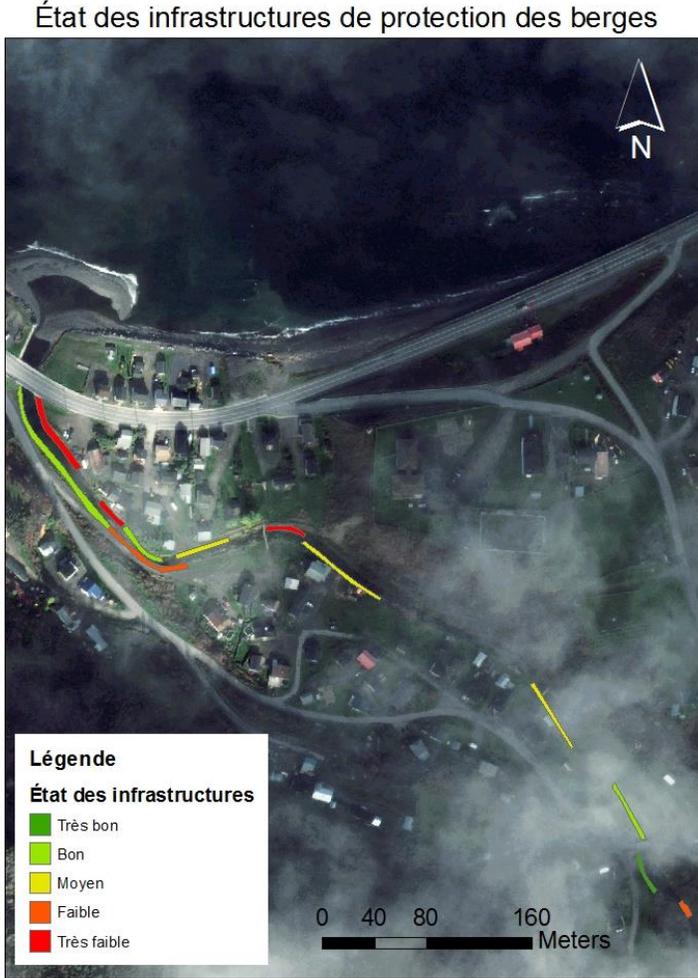


Figure 17

Indice de qualité des bandes riveraines (IQBR) de la rivière Gros-Morne

La dernière journée de terrain a été consacrée à la détermination de l'IQBR du tronçon artificialisé de la rivière Gros-Morne. Pour s'y faire, des segments de rivière approximativement 100 mètres de long sur 15 mètres de large ont été délimités avec l'aide d'un ruban à mesurer. La localisation géographique de ces segments a été déterminée avec l'aide d'un GPS. Pour chacun des segments, le pourcentage de recouvrement des neuf composantes de l'IQBR (forêt, arbuste, herbacée naturelle, culture, friche, coupe forestière, sol nu, socle rocheux, infrastructure) a été déterminé de manière visuelle. Le traitement des données a été réalisé par Thierry Ratté du Conseil de l'Eau du Nord de la Gaspésie. L'IQBR pour chaque segment a donc été calculé avec la formule suivante :

$$IQBR = ((\% \text{ forêt} * 10) + (\% \text{ arbustaie} * 8,2) + (\% \text{ herbacée naturelle} * 5,8) + (\% \text{ coupe forestière} * 4,3) + (\% \text{ friche et pelouse} * 3) + (\% \text{ culture} * 1,9) + (\% \text{ sol nu} * 1,7) + (\% \text{ socle rocheux} * 3,8) + (\% \text{ infrastructure} * 1,9)) / 10$$

À partir de la cote IQBR attribuée aux segments, il a été possible de représenter graphiquement et cartographiquement ces résultats (figure 18 & 19). Sur la rive gauche, on observe une amélioration générale de l'IQBR de l'embouchure vers l'amont. Ceci s'explique principalement par le fait qu'en s'éloignant de l'aval du cours d'eau, le nombre d'infrastructures anthropiques et de terrains colonisés par la friche diminue considérablement. La variabilité spatiale de l'IQBR est dans le cas de la rive droite matérialisé par un histogramme en palier et cassure (figure 18). Contrairement à la rive gauche, il n'y a pas de tendance générale observable.

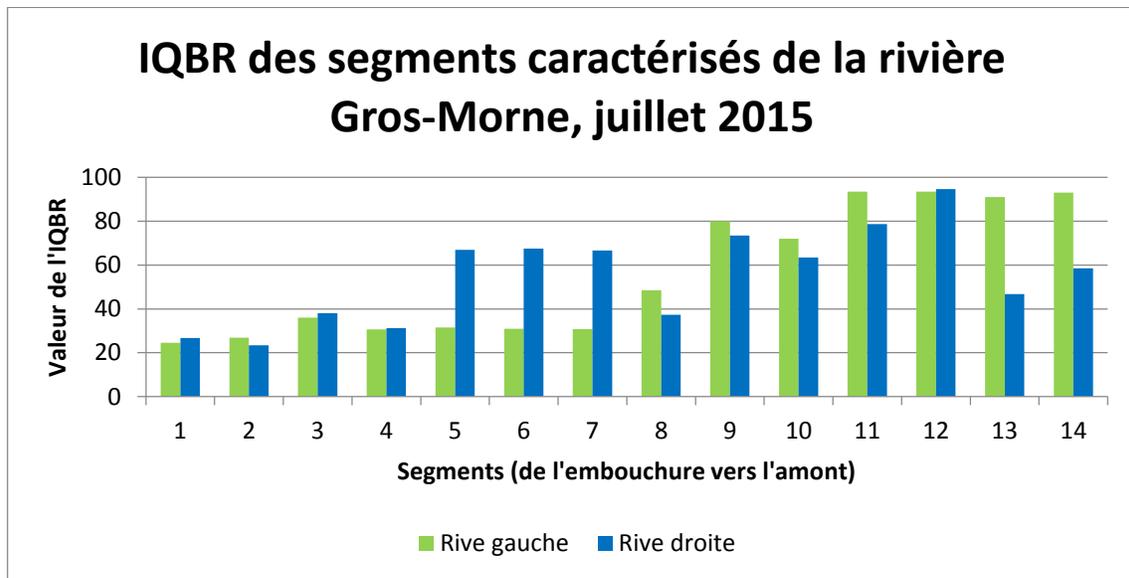


Figure 18

La figure 19 illustre quant à elle cartographiquement ces mêmes résultats.

IQBR du tronçon artificialisé de la rivière Gros-Morne

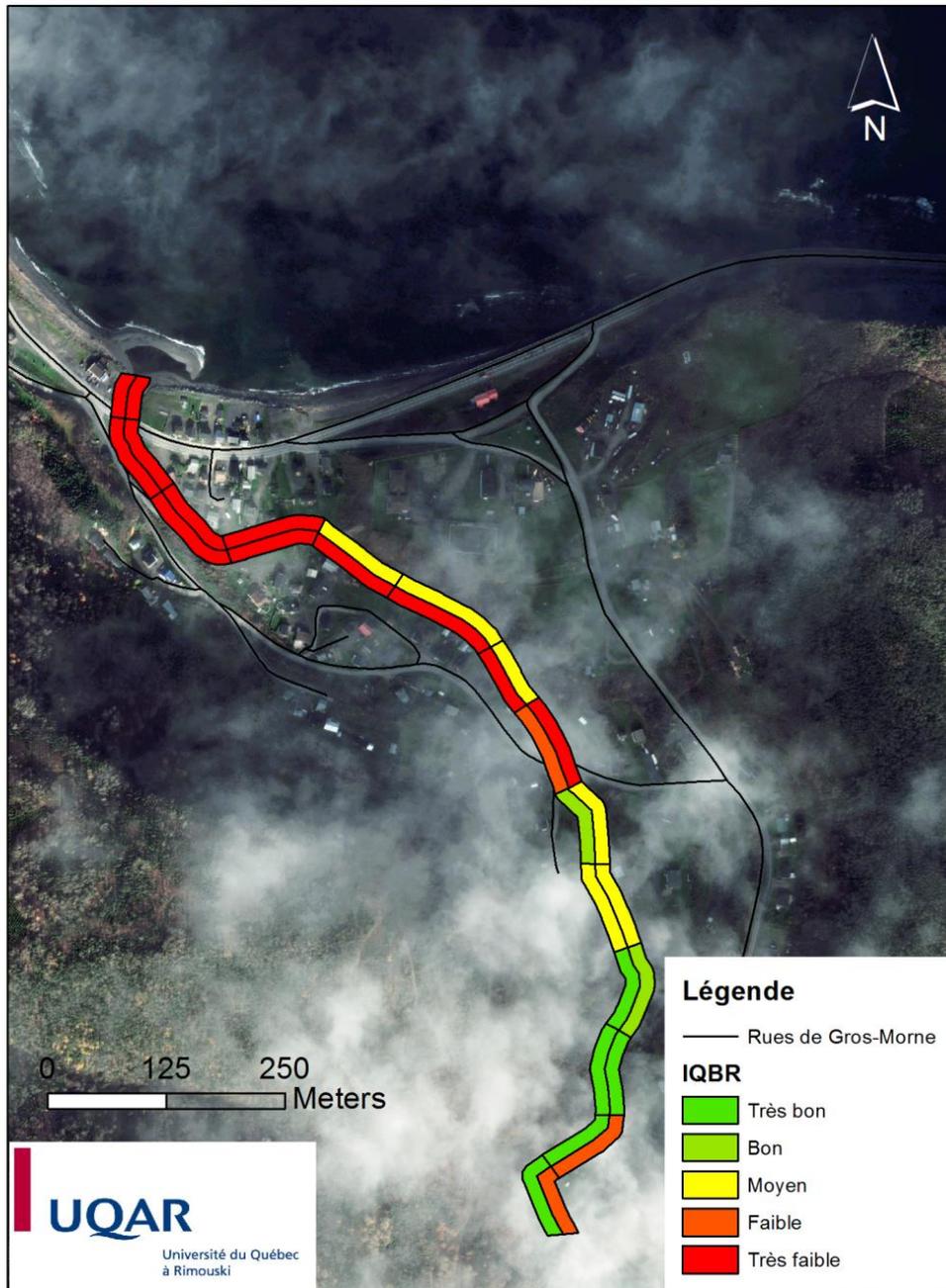


Figure 19 : Cartographie de l'IQBR du segment artificialisé de la rivière Gros-Morne.

Aperçu des aléas fluviaux dans le bassin de la rivière Anse-Pleureuse

Lors de la collecte de données sur le terrain, deux journées ont été consacrées à l'observation et à l'identification des principaux aléas fluviaux menaçant l'intégrité de certains enjeux anthropiques. Cette partie du rapport présente donc sommairement trois cas où la dynamique hydrosédimentaire peut affecter les structures humaines. Il s'agit notamment du cône alluvial présent sur la plaine gauche de la rivière ainsi que de la problématique d'érosion régressive dans un chenal de la rivière. Dans tous les cas, la route 198 représente le principal enjeu vulnérable aux aléas précédemment cités.

Le cône alluvial de l'Anse-Pleureuse

Le cône alluvial de l'Anse-Pleureuse est situé le long de la route 198 à environ 8 km du littoral (Caron-Fournier, 2009). Cette entité géomorphologique est alimentée par deux chenaux principaux (figure 20) et a été mis en place, selon Caron-Fournier (2009), par des écoulements hyperconcentrés lors de fortes précipitations (60 mm et + / jour). Rappelons que ce type d'écoulement est constitué d'une charge sédimentaire allant de 40 à 70% (Degoutte, 2012).



Figure 20 : Les 2 chenaux principaux du cône alluvial de l'Anse-Pleureuse. A : Cône amont. B : Cône aval.

En dehors des conditions de fortes précipitations, l'activité hydrogéomorphologique de ces deux chenaux est initiée lorsque la fonte du couvert nival sature la nappe phréatique (Caron-Fournier, 2009). Il faut aussi mentionner que ces chenaux principaux du cône alluvial peuvent être affectés par des régimes hydrologiques torrentiels. C'est ainsi dire que le cône alluvial de l'Anse-Pleureuse s'active principalement en période printanière ou lors d'évènements de fortes précipitations. Dans ce genre de contexte, l'avènement des régimes torrentiels sur le cône peut compromettre l'intégrité des infrastructures routières du MTQ. D'ailleurs, le ministère rapporte de 1980 à 2006, trois évènements de torrentialités ayant endommagé, à différents niveaux, l'intégrité de la route 198 (Caron-Fournier, 2009). Ceci explique donc pourquoi ces chenaux principaux du cône sont, à proximité de la route en question, fortement anthropisés. Il faut aussi noter que les ponceaux situés sous la route 198 qui drainent ces chenaux sont présentement affectés par accumulation sédimentaire non négligeable. Il serait donc pertinent de procéder au dragage de ses sédiments pour éviter dans un futur non lointain, une obstruction de ces chenaux causés par la sédimentation dans les ponceaux.

Il importe finalement de mentionner que les deux chenaux principaux se terminent par plusieurs chenaux secondaires qui soulignent les processus d'avulsions caractéristiques des cônes alluviaux. Les infrastructures d'un sentier ornithologique ont d'ailleurs été fortement touchées par l'activité hydrosédimentaire de ces chenaux secondaires (figure 21).



Figure 21 : Aperçu des dommages par les multiples chenaux secondaires du cône alluvial aux infrastructures du sentier ornithologique municipal.

Le fossé de la route 198 en érosion régressive

En amont du lac de l'Anse-Pleureuse, l'aggradation sédimentaire sur le lit du chenal principal de la rivière Anse-Pleureuse a « provoqué une avulsion et la migration du chenal vers le fossé de la route 198 » (Bourdon, 2013). En réponse à ce processus, le MTQ a réalisé en 2009 un enrochement sur la berge droite du fossé afin de protéger la route. Cependant, en réponse au changement du niveau de base de son lit, le fossé est présentement soumis à une dynamique d'érosion régressive. Ce processus peut être défini comme de l'érosion se propageant de l'aval vers l'amont, c'est-à-dire inversement à l'écoulement.



Figure 11 : Érosion régressive dans le fossé de l'autoroute 20 en amont du lac de l'Anse-Pleureuse. Photo : Philippe Bourdon, 2011.

BIBLIOGRAPHIE

- Bourdon, P. 2013. Analyse de l'ajustement morphosédimentaire d'une rivière divagante à des travaux d'excavation de sédiments : Le cas de la rivière de l'Anse-Pleureuse en Gaspésie. Mémoire. Rimouski, Québec, Université à Montréal, 120 p.
- Buffin-Bélanger, T. & Héту, H. 2008. Les risques de d'inondation sur les cônes alluviaux dans l'Est du Québec. *In* : Locat, J., Perret, D., Turmel, D., Demers, D., & Leroueil, S. Comptes rendus de la 4^e conférence canadienne sur les géorisques : des causes à la gestion, Presse de l'Université Laval, 594 p.
- Bravard, J-P. & Petit, F., 1997. Les cours d'eau : dynamique du système fluvial. Paris, Armand Collin, Collection U, 222 p.
- Caron Fournier, E. 2009. Stratigraphie, sedimentology et dynamique d'un petit cône alluvial holocène du Nord de la Gaspésie. Mémoire. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, chimie et géographie, 125 p.
- Church, M. 2013. Steep headwater chanel. *In* : Shroder, J., Wohl, J., Treaties in Geomorphology, Academic Press, Elsevier, San Diego, Volume 9, Fluvial Geomorphology, pp. 528-549.
- Degoutte, G. 2012. Diagnostic, aménagement et gestion des rivières : Hydraulique et morphologie fluviale appliquée. Paris, Lavoisier, 542 p.
- Demers, S., Olsen, T. & Buffin-Bélanger, T. 2014. Développement d'une méthode hydrogéomorphologique pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d'eau du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie dans le contexte des changements climatiques et environnementaux. Laboratoire de Géomorphologie et de Dynamique Fluviale, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, 202 p.
- Dingman, S.L. 2009. Fluvial Hydraulics. New-York, Oxford University Press, 559 p.
- Eaton, B.C., Hassan, M.A. & Davidson, S.L. 2012. Modeling wood dynamics, jam formation and sediment storage in a gravel-bed-stream. *Journal Of Geophysical Research – Earth Surface*, 117 (4) ; DOI : 10.129/2012JF002385.
- Gurnell, A.M., Piégay, H., Swanson, F.J. & Gregory, S.V. 2002. Large wood and fluvial process. *Freshwater Biology*, 47, pp. 601-619.
- Massé, S. 2014. Analyse hydrogéomorphologique de la dynamique des embâcles de bois mort de la rivière Neigette, Bas-St-Laurent, Québec. Mémoire. Rimouski, Québec. Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, chimie et géographie, xx p.
- Montgomery, D.R. 2003. Wood in rivers : interaction with channel morphology and processes. *Geomorphology*, 51, pp. 1-5.
- Olsen, T. 2015. Aménagement des rivières de la MRC de la Haute-Gaspésie suite à la tempête post-tropicale Arthur. Avis technique en géomorphologie fluviale, Rimouski, 33 p.

