

Eric Prido, Ing.
Le 10 Mars 2011

Mémoire à l'intention du Bureau d'audiences Publiques sur l'environnement :
Programme de stabilisation des berges de la rivière Richelieu le long des routes 133 et 223, entre Saint-Basile-le-Grand et Saint-Ours.

1. Introduction : Mise en contexte et présentation de l'auteur

L'auteur de ce mémoire, Eric Prido, est un ingénieur, formé en génie des eaux et de l'environnement et travaillant dans les domaines de l'hydraulique, l'hydrologie, la gestion des eaux de surface, le traitement des effluents, la restauration de cours d'eau dégradés et des sites miniers. Le présent texte est donc basé sur sa propre expertise et sa propre vision des différentes disciplines touchées par le projet. Certaines de ces disciplines ne faisant pas partie de son expertise direct, il est possible que la présente puisse comporter quelques erreurs ou confusions non volontaire.

N'ayant pas à disposition toutes les données disponibles sur le projet, et n'étant pas mandaté pour réaliser le travail d'ingénierie, l'auteur de ce mémoire se contente donc de présenter des ordres de grandeurs et des considérations techniques généralistes et approximatives. Il sera donc du devoir des ingénieurs mandatés de vérifier les propos suivant, à la lumière des données dont ils disposent.

Ce mémoire est donc réalisé avant tout par un citoyen sensible au respect des ressources naturelles et particulièrement des rivières du Québec, si souvent majestueuses.

2. L'importance de la ripisylve dans les écosystèmes riverains (ou bande riveraine)

La ripisylve, appelée communément au Québec « bande riveraine », est le terme le plus couramment utilisé pour définir les forêts et biotopes riverains des cours d'eau. La littérature utilise aussi les termes, de forêt alluviale, forêt (ou plaine) inondable, corridor forestier, frange forestière, linéaire arboré...

Ces formations ligneuses riveraines des cours d'eau, qui occupent naturellement le lit majeur des rivières, sont sous l'influence de mécanismes complexes et originaux dont la compréhension touche de nombreuses disciplines techniques et scientifiques : physique des sols (géotechnique), écologie et biologie, chimie des eaux, hydraulique, hydrologie, hydromorphologie, géomorphologie, géologie, microbiologie, biochimie....

Généralement ces formations abritent des écosystèmes forestiers dominés par des essences ligneuses qui bordent le chenal principal et les chenaux secondaires ; ils sont liés à la présence d'une nappe aquifère et inondés de façon régulière ou exceptionnelle.

Sur les grand cours d'eau comme le Richelieu, la ripisylve forme une mosaïque végétale complexe comportant des communautés aquatiques, semi aquatiques et terrestres qui

s'interpénètrent et s'influencent mutuellement. De nombreuses publications internationales sur le sujet parlent d'éco-complexes plus que d'écosystèmes.

Toute perturbation ou interruption dans l'organisation de ces mosaïques (comme par exemple lors de l'utilisation d'enrochement dans le cours d'eau et sa zone inondable) perturbe donc de manière irrémédiable l'organisation de l'éco-complexe. C'est à dire que tant l'écosystème local que les écosystèmes rencontrés sur toute la trajectoire du cours d'eau seront affectés.

La ripisylve, outre ses fonctions écologiques (habitats aquatiques et terrestres, biodiversité) assurent d'autres fonctions essentielles au cours d'eau : retenu des sédiments, filtrations de certains contaminants, stabilisation des rives, laminage des crues (diminution des débits de pointes et donc des risques d'inondation)... Il est évident que l'être humain a donc le plus grand intérêt à préserver (ou restaurer) les ripisylves, tant pour le maintien des paysages et de la qualité des rivières que pour ses propres besoins (diminution des risques d'inondations, filtration des eaux et donc amélioration de la qualité des eaux pompées, pêches).

En résumé, les ripisylve sont constituées le plus souvent d'espèces ligneuses arborescentes (érable argenté...) et arbustives (type saule, aulne) et d'hélophyte (ceux-ci étant trop souvent les grands exclus des aménagements de berge) :

- Les hélophytes et les formations ligneuses arbustives dissipent les effets des vagues et protègent la berge du batillage.
- Les racines et les rhizomes fixent le substrat du sol et empêchent l'érosion de la berge.
- Les ripisylves constituent d'importants éléments du paysage en formant un biotope reliant les espaces terrestres et aquatiques.
- La zone de contact amphibie est un lieu de transformation biochimique très productif.
- Les hélophytes forment un espace de vie amphibie riche en espèces.
- Les ripisylves augmentent la capacité de régénération des eaux.
- Enfin, les ripisylves embellissent le paysage.

3. Érosion des rives : les causes

Le projet, sujet de ce mémoire, concerne des problèmes liés à l'érosion des berges de la rivière Richelieu proches des routes la bordant et pouvant entraîner la dégradation des infrastructures routières. Ce type de problèmes, du fait de la complexité inhérente au cours d'eau et sa dynamique peut avoir une certaine diversité de causes dont les plus communes sont brièvement expliquées ci-dessous. La compréhension et l'analyse de ces causes sont absolument nécessaires et pré-requises avant le choix, la conception et la mise en place de solutions.

- **Comportement hydromorphologique du cours d'eau**

Par définition une rivière est vivante, elle se déplace et change sa morphologie au cours des années, aux grés des climats, de sa géologie et des impacts anthropiques.

On sait par exemple que le lit de la rivière, particulièrement en zone de méandre, peut dans certain cas se déplacer de plusieurs centaines de mètre en quelques années. Ces phénomènes liés à la dynamique globale de la rivières ne sont que très rarement

maitrisable par les êtres humains. Les ouvrages réalisés pour les contrer se révèlent bien souvent inefficaces et dans de nombreux cas peuvent même avoir pour conséquences:

- L'augmentation des inondations via la canalisation, l'endiguement, la rectification des cours d'eau
- La disparition ou la diminution de la biodiversité dues à un déséquilibre de la mosaïque écologique.
- La destruction du paysage
- La détérioration de la qualité de l'eau
- La perturbation du transport de sédiments impliquant l'augmentation de problèmes d'érosion (cas des barrages)

La compréhension de l'hydromorphologie d'une rivière nécessite de comprendre la géologie de l'endroit où elle coule (géomorphologie), le déplacement des sédiments dans son lit et sur ses berges (dépôts, enlèvements), l'évolution et la diversité des écosystèmes la bordant (tout particulièrement les formations végétales). La compréhension de l'hydromorphologie du cours d'eau permet de modéliser et anticiper son évolution en vue, éventuelle, de l'adapter aux besoins humains, ou plutôt d'y adapter le besoin humain.

- **Érosion externe par affouillement : la vitesse d'écoulement**

L'eau circulant dans le cours d'eau exerce des forces (dites d'arrachement) entraînant autant les matériaux minéraux (pierres, terre, sédiments) que les végétaux. Dans les cas de cours d'eau à forte pente (morphologie de type rectiligne, observables souvent en milieu montagneux), ces vitesses sont élevées, les forces exercées sont donc grandes. Peu de végétaux sont adaptés à de telles conditions (néanmoins il existe des exceptions), c'est pourquoi ce type de cours d'eau circule souvent entre des rives recouvertes de roches de tailles variables. Néanmoins ce n'est pas le cas du Richelieu, à l'exception éventuelle de certains rapides. On en revient à ce sujet au comportement hydromorphologique du cours d'eau où prône l'alternance de zone calme, de seuil et de rapides.

Tel que démontré par *l'étude sectorielle - hydraulique*, présentée en septembre 2010 par le MTQ et réalisé par Dessau, ces forces ne semblent pas être en cause dans les problèmes d'érosion observés aux sites concernés par ce projet.

On remarquera cependant que cette étude oublie de calculer les forces d'arrachement dont la valeur est souvent requise pour la conception de projets visant à limiter l'érosion des berges. De plus cette étude présente des sections transversales de la rivière (appelées étrangement profils en travers) peu réalistes, et ne semble pas s'intéresser à la rugosité des berges, celle-ci pouvant changer du simple au double entre une berge enrochée et une berge recouvertes de végétation ligneuse. Encore une fois ces considérations sont à rapprocher de l'hydromorphologie du cours d'eau : l'accélération (rugosité faible) des courants proches des berges peut engendrer de nouvelles zones d'érosions plus en aval (ou même en amont), l'énergie de l'écoulement n'étant plus dissipée par la végétation.

- **La glace**

Au Québec, nombreuses rivières se recouvrent de glace en hiver. Lors de la fonte des neiges, au printemps, les glaces se brisent entraînant bien souvent avec elles des matériaux minéraux (roches, terre) et, parfois des végétaux, en les arrachant de la rive.

Cependant, les végétaux, grâce à leur système racinaire et à leur capacité à repousser à partir d'une fraction de leurs racines, sont particulièrement adaptés à cette réalité. Un saule arbustif, par exemple, peut reprendre même lorsque 70% de son système racinaire a été détruit, en plus de quoi, les branches arrachées ont la capacité de reprendre plus en aval de la rivière, une fois déposées sur la berge. Bon nombre des espèces ligneuses (et même certains hélrophytes) présentes sur les rives disposent d'un système racinaire très résistant extrêmement difficile à arracher. En comparaison les enrochements souvent utilisés par les ingénieurs civils offrent une résistance très inférieure et n'ont bien entendu pas la faculté de repousser au même endroit !

Par exemple, autant un enfant peu déplacer facilement une roche de 300mm de diamètre, autant plusieurs hommes ne suffiront probablement pas à déraciner un saule arbustif.

L'étude des forces exercées par la glace n'a pas non plus été complétée par les experts du MTQ, l'épaisseur de glace présentée n'étant qu'une partie de cette étude.

- **Érosion interne par effet de Renard hydraulique**

Ce phénomène, plus complexe à vulgariser, est probablement une des majeures causes d'érosion observable sur les rives du Richelieu. Néanmoins, ni le MTQ ni ses experts ne semblent en avoir considéré l'existence.

L'eau de ruissellement parvient au cours d'eau sous forme d'eau de surface ou d'eau souterraine. L'eau souterraine forme ce que l'on appelle la nappe auxiliaire du cours d'eau. Cette eau circule vers le cours d'eau depuis l'amont (les hauteurs) du bassin versant, et se caractérise par une circulation intimement liée à la fluctuation du niveau du cours d'eau.

Si la circulation devient trop forte, elle peut provoquer un départ de particules fines au niveau de la résurgence. Une érosion régressive (de l'aval vers l'amont) démarre alors dans le matériau de la berge : la longueur du chemin hydraulique diminuant peu à peu, on assiste à une intensification du phénomène. Cette érosion se propage vers l'amont de la rive qui peut s'écrouler dans le large conduit ainsi formé : c'est un « phénomène de Renard ». Ce phénomène est contré en génie végétal par le système racinaire dense des végétaux en présence offrant ainsi à l'eau un chemin préférentiel et, en génie civil, par l'utilisation de géotextile visant à retenir les particules les plus fines.

- **Érosion externe par ruissellement**

L'eau de pluie qui ruisselle à la surface du sol entraîne avec elle des particules de sol. Ce phénomène peut se manifester de différentes formes, créant souvent des rigoles. Ce phénomène est facilement contrôlable via l'installation d'un tapis végétal (herbacés) ou d'enrochement.

- **Érosion externe par les vagues**

Deux facteurs peuvent générer des vagues sur un cours d'eau : le vent et les bateaux (batillage).

Eric Prido, Ing.

Mémoire à l'intention du Bureau d'audiences Publiques sur l'environnement :

Programme de stabilisation des berges de la rivière Richelieu le long des routes 133 et 223, entre Saint-Basile-le-Grand et Saint-Ours.

L'étude des vagues générées par le vent est basée sur les longueurs du plan d'eau exposées au vent (fetch), les vitesses et les directions du vent (rose des vents). Le Richelieu étant un cours d'eau relativement large (200m à 300m) ce type de vague peut avoir pour conséquence une érosion non-négligeable des berges. Néanmoins aucune étude sur le sujet ne semble avoir été fournie par le MTQ.

La hauteur de la vague générée par les embarcations est causée par différents facteurs notamment, la vitesse, la forme de la coque, la distance de la rive, la profondeur de l'eau, la morphologie des rives. Des observations du Department of Natural Resources du Minnesota ont montré qu'une vague d'une hauteur de 12,5 cm (hauteur de la pochette d'un disque compact) ne causait pas de dommages significatifs sur les rives (destruction d'habitats, augmentation de la turbidité de l'eau et de la sédimentation, libération d'éléments nutritifs qui favorisent la prolifération des algues). La vitesse qui produit cette hauteur de vague, généralement inférieure à 10 km/h, est considérée comme raisonnable à proximité des rives sensibles. Lorsque la hauteur de vague s'élève à 25 cm, l'effet destructif est cinq fois plus important, et celui-ci augmente à 30 fois lorsque la hauteur atteint 62,5 cm. Il apparaît que nombreuses des embarcations circulant sur le Richelieu ne respectent pas cette vitesse et génèrent donc des vagues potentiellement destructives, pouvant atteindre selon certains observateurs plus de 1m.

Aucune formation de vague ne semble avoir été étudié par le MTQ et ses experts. Il est bien entendu évident que la simple observation de la circulation de quelques navires pendant quelques heures ou minutes ne représente pas une étude sérieuse et rigoureuse, la diversité des embarcations et des vitesses de celles-ci étant trop élevée pour être observé sur une courte période de temps, surtout si le phénomène de vent s'additionne à celui du batillage, ou si le phénomène est amplifié ou réduit par une rive présentant des caractéristiques morphologiques particulières.

- **Érosion par instabilité des pentes et glissement de terrain**

Les phénomènes de glissement de terrain et d'instabilité des pentes sont des phénomènes décrits par la géotechnique. Ces phénomènes sont évalués via le calcul de la résistance au cisaillement prenant en compte l'angle de frottement (ou friction) et la cohésion. Ces paramètres dépendent du type de sol (argile, silt, sable) et de la pente du terrain. L'effet des racines peut être évalué via l'augmentation de la cohésion. Plusieurs références existent sur le sujet notamment l'ouvrage : *Biotechnical and Soil Bioengineering, Slope Stabilization, A practical guide for erosion control*, Donal H.Gray et Robbin B. Soltir, où des méthodes de calculs sont expliquées pour prendre en compte l'effet des racines. Cet ouvrage date de 1995, il est fort probable que plusieurs ouvrages plus récents ainsi que des articles scientifiques traitent également du sujet.

Même si la disposition d'une clef d'enrochement peut permettre de diminuer le phénomène, la disposition d'enrochement en surface n'a que peu d'influence, et semble même pouvoir aggraver les phénomènes de glissement de terrain en ajoutant un poids inutile à l'ouvrage. L'utilisation de végétation offrant une bonne cohésion semble donc bien plus adaptée à ce problème que le perré suggéré par le MTQ.

On s'imagine bien qu'une luge sur laquelle on dispose de la roche ne dévalera pas moins rapidement les pentes qu'une luge sur laquelle on a disposé de la terre. Tout dépend du poids de ce que l'on y dispose, et beaucoup moins de sa nature.

Cependant, les photos montrées dans les différents rapports de MTQ laisse penser à des pentes stables (facteur de sécurité proche de 1), les sols étant probablement constitués de silt et d'argiles. Dans la plupart des cas observés l'utilisation de clef d'enrochement n'apparaît que rarement nécessaire.

4. Les solutions.

Suite à la présentation effectuée par le MTQ lors de la séance publique du 15 février 2011 du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement l'auteur de ce mémoire a été surpris par le peu de considération accordée aux techniques de génie végétal. En effet, très peu de technique de génie végétal ont été présentées, il manquait notamment : lit de branche (pourtant la plus courante), lits de plants et plançons (apparemment la plus adaptée aux sites), tressage, caisson végétalisé. Cette présentation a donc laissé penser que le MTQ et son équipe ne maîtrisaient pas ces techniques.

Dans tous choix de conception il semble normal de comprendre en premier lieu les problématiques en jeu. Hors peu des causes d'érosion décrites ci-dessus semblent avoir été considérées lors des études commandées par le MTQ. Il apparaît donc prématuré d'entrevoir des solutions à des problèmes non identifiés.

Néanmoins, par expérience, les cas montrés par le MTQ semblent être des cas typiques d'application du génie végétal (vitesses faibles du courant), celui-ci permettant de conserver ou de restaurer les biotopes des rives touchées, tout en offrant des solutions efficaces aux différentes causes d'érosion exposées. En apparence, l'utilisation d'enrochement ne semble en aucun cas nécessaire (faibles vitesses d'écoulement), voir déconseillée (faible résistance aux glaces, impact environnemental inacceptable) sauf dans d'éventuels cas où une clef d'enrochement serait requise. Celle-ci ne devrait de toute façon pas être apparente ni au dessus ni sous l'eau et ne devrait pas non plus s'apparenter à un perré disposé en surface.

L'exemple de triangle sans base évoqué lors de cette séance laisse penser que les problèmes rencontrés sont de classiques situations d'affouillement en pied de berge. Néanmoins affirmer que l'on ne peut remplir ce « trou » (base du triangle manquante) qu'avec de l'enrochement semble assez étrange. Ce trou peut être rempli avec de la terre, à partir du moment où des végétaux empêchent celle-ci d'être emportée par la rivière : c'est justement la vocation des fameuses fascines ! Les fascines s'apparentent à des boudins de fibre biodégradable dans laquelle on a disposé de la terre et des végétaux. Ces boudins de par leur nature offre une excellente résistance à l'érosion, le temps que les végétaux est développés leur système racinaire. Ensuite ce sont les racines des végétaux eux même qui retiendront la terre et éviteront la reformation de ces affouillements. D'un point de vue environnementale cette technique est bien entendu sans comparaison avec l'utilisation absurde d'enrochement.

En ce qui a trait à la sécurité, il semble bon de rappeler que les surfaces enrochées offrent un accès facile (car dégagé), mais périlleux à l'eau (il est difficile et dangereux de marcher sur des enrochements). Au contraire, des ensembles de végétation ligneuse dense limites grandement l'accès et ne présentent pas de danger particulier. En outre, des actes de vandalisme sont régulièrement observés sur les enrochements, certaines personnes s'amusant à lancer les pierres, même pesantes, dans les cours d'eau. Il est évidemment impossible de déraciner un saule pour le lancer dans la rivière !

Le chapitre sur les ripisylves du présent mémoire explique l'importance des ripisylve et notamment des hélrophytes en contact direct avec l'eau. L'utilisation de génie végétal est donc de la plus grande importance à l'intérieur de la zone inondable, c'est à dire en bas de la ligne des hautes eaux. Les plantes, au Québec comme ailleurs, n'ont pas peur de l'eau !

En conclusion, les solutions proposées par le MTQ semblent inadaptées aux conditions du projet et ne semblent pas reposer sur une étude suffisamment complète des causes des érosions observées. Les solutions les plus pertinentes semblent avoir été ignorées et ce, sans apparentes justifications (les problématiques géotechniques soulignées lors de l'audience publique semblant hors de propos et apparaissent être mieux résolus grâce à une utilisation efficace et pertinente des techniques végétales).

5. Les mauvaises pratiques et leurs conséquences

Ce chapitre se veut directement critique des pratiques présentées par le Ministère des Transport du Québec, il n'est donc pas à considérer comme du mépris mais comme un recueil de critiques constructives afin d'aider à améliorer l'approche du MTQ en la matière et aider à réduire l'impact de la circulation routière sur les cours d'eau du Québec. Ces remarques sont bien entendu directement applicables au présent projet afin d'éviter de répéter les erreurs du passé.

L'exposé effectué par le MTQ sur l'intégration de végétaux dans ses ouvrages a particulièrement choqué l'auteur de ce mémoire, pour les raisons suivantes :

- La première remarque est l'utilisation systématique d'enrochement dans la zone inondable, la végétation étant uniquement implantée en amont de la ligne des hautes eaux. Or c'est justement dans cette zone que les végétaux sont le plus importants à l'équilibre écologique du cours d'eau et de ses ripisylves (retenues des limons et autres sédiments, filtration des eaux, création d'habitats). La plupart des cas montrés présentaient des rivières aux écoulements insuffisamment rapides pour justifier l'utilisation de roche à cet endroit. Le fait est que naturellement ces rivières ne présentent pas de talus enrochés, mais bien des rives couvertes de végétation.
- La seconde remarque concerne l'implantation aléatoire et non contrôlée des espèces végétales. En effet le MTQ a semblé apprécier le fait que certaines espèces s'implantaient spontanément au milieu des enrochements. Le premier problème lié au manque de contrôle est que généralement les espèces s'implantant en premier lieu sont des espèces pionnières souvent envahissantes, parfois exotiques (phragmites, Renouée du Japon...). Dans ce cas la remise en place d'une biodiversité pertinente sera plus lente, voir impossible du fait de la prolifération de certaines. Les écosystèmes riverains mettront donc longtemps à se redévelopper et ne récupéreront probablement jamais leur état initial. En outre les espèces s'implantant aléatoirement au milieu des enrochements ne sont pas nécessairement les plus adaptées aux rives. Par exemple, l'érable à giguère ne dispose pas d'un système racinaire suffisamment robuste. Cet arbre est susceptible de tomber, comme par exemple lors de grandes crues, arrachant en même temps l'enrochement au milieu duquel il a poussé. Une fois les premières pierres déplacées, l'enrochement risque de se dégrader rapidement.
- La création d'enrochement végétalisé, via la disposition de terre végétal par dessus l'enrochement semble être d'un intérêt technique restreint (l'enrochement et les végétaux ayant les même fonction techniques à l'intérieur de l'ouvrage) et pose des

problèmes quand à la croissances des végétaux. En effet, la terre disposée par dessus l'enrochement se draine rapidement et n'offre donc pas une rétention d'eau suffisante pour la croissance des végétaux. Les photos présentées montrent d'ailleurs, après trois ans, des arbustes de trop faibles tailles, certains en phase de dépérissement, et des herbacés jaunis à cause du manque d'eau. La pluparts des espèces utilisées en génie végétal comme les saules sont des espèces qui poussent naturellement « les pieds dans l'eau » et donc ont besoin d'être en contact direct avec le cours d'eau ou sa nappe auxiliaire. Ces conditions ne sont pas remplies lorsque ceux-ci sont implantés par dessus un enrochement ou trop loin du cours d'eau.

- Une autre remarque concerne le peu de diversité des espèces utilisées et rejoint donc la remarque précédente concernant l'implantation aléatoire et non contrôlée des végétaux. En outre il semble bon de rappeler que les végétaux ont tendance à se développer en colonie, l'implantation aléatoire et éparse de végétaux divers ne facilitant donc pas leur développement ni celui des biotopes recherchés. Aucun héliophytes, ne semblent présent dans les ouvrages.

6. Conclusions

En conclusion il semble que les ouvrages suggérés par le MTQ et son équipe ne soient pas adaptés au besoin et ne respecte pas les principes du développement durable. Il apparaît notamment que les causes des érosions observées n'ont pas été clairement identifiées. En remarque générale, le MTQ ne semble pas disposer, au sein de son équipe, de professionnels ayant l'expertise nécessaire à la stabilisation des berges et à la restauration des ripisylve des cours d'eau.

Il est également de l'avis de l'auteur que le Ministère des Transport du Québec, en tant que représentant de la province du Québec, se doit de montrer l'exemple en développant des projets visant non pas à conserver une situation environnementale médiocre (l'érosion étant souvent liés à un appauvrissement des biotopes) mais au contraire en développant des projets exemplaires démontrant une nette amélioration des états dégradés actuels, et ce en utilisant l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques disponibles. Il est évident que l'état actuel dégradé est une des conséquences de l'artificialisation des berges réalisées dans le passé. Il serait donc souhaitable que de tel projet se réfère, non pas à l'état actuel souvent inacceptable (car conséquent des erreurs et ignorances du passé), mais bel et bien, à l'état normal du cours d'eau avant la construction des routes.