

5

Impacts de la gestion des cours d'eau

Mise en garde

Ce document se veut une source d'information générale et ne constitue pas une opinion ou un avis juridique.

L'exactitude, l'actualité et la fiabilité des informations qui s'y trouvent ne peuvent pas être garanties. Le document a été rédigé en fonction des lois et règlements en vigueur au moment de sa rédaction, les procédures peuvent être soumises à des changements à la suite de modifications des lois et règlements qui entourent la gestion des cours d'eau au Québec. Veuillez vous référer à la version numérique disponible sur le site Internet de l'AGRCQ pour la mise à jour.

Le contenu de ce document vise à fournir des renseignements généraux et ne doit pas être interprété pour répondre à une situation spécifique.



5.1 Impacts des interventions sur les milieux hydriques et riverains

Une intervention dans un cours d'eau est jugée nécessaire pour régler un problème bien précis. Le gestionnaire de cours d'eau doit développer une vision globale de la situation afin d'en comprendre l'historique pour bien informer les élus qui prendront les décisions sur l'intervention préconisée. Il importe que l'intervention ne crée pas de problèmes subséquents et que personne ne subisse de préjudice après les travaux. Les impacts d'une intervention dans un cours d'eau sont déterminés par la nature des travaux et du site. Ils doivent être analysés sur une échelle plus large dans le temps et l'espace, puisqu'il peut y avoir des impacts à court terme très localisés sur le site des travaux et des impacts à long terme en amont ou en aval du site d'intervention.

Les interventions doivent être autorisées en fonction des lois et règlements existants. Les projets majeurs ayant obtenu un certificat d'autorisation ou ayant été soumis aux procédures d'évaluation des impacts environnementaux devraient prévoir des mesures adéquates pour minimiser les impacts au moment des travaux. La section 5.3 synthétise les principales mesures de mitigation à mettre en place lors des travaux. Il importe de rappeler qu'il faut toujours demander et obtenir les autorisations requises avant d'amorcer les travaux.

Le cheminement du dossier auprès des autorités sera plus rapide si des mesures de mitigation efficaces sont intégrées afin de prendre en charge les risques sur l'environnement.

5.1.1 Impacts au moment des travaux

Au moment des travaux, lorsqu'une pelle mécanique intervient dans un cours d'eau ou dans la zone riveraine, il y a évidemment des impacts immédiats sur le site en aval et possiblement en amont de celui-ci. Les cours d'eau sont des milieux de vie, et les habitats sont temporairement perturbés ou détruits, affectant ainsi les espèces fauniques présentes (voir section 4.2) de même que les espèces floristiques aquatiques et terrestres.

En plus de la destruction ou de la perturbation des habitats sur le site des travaux, il y a nécessairement relargage de matière en suspension dans la colonne d'eau lors des travaux. Le retrait de la végétation riveraine et le lessivage des sols mis à nu augmentent aussi la charge de sédiments dans l'eau. Ces sédiments sont susceptibles de causer des problèmes à plusieurs espèces de poissons plus sensibles (inflammations des branchies), de colmater des frayères ou des milieux humides et de transporter plusieurs nutriments et polluants, contribuant ainsi à l'eutrophisation des plans d'eau. En fonction de leur granulométrie, les sédiments se déposeront plus en aval dans le réseau hydrographique, pouvant ainsi affecter l'écoulement normal de l'eau.

L'impact immédiat de l'intervention dépend :

- De la nature et de l'ampleur des travaux;
- De la durée des travaux, du moment de réalisation dans l'année et de la récurrence;
- De l'hydrogéomorphologie et de la dynamique fluviale. Par exemple, la structure de l'écoulement, la taille des sédiments, la localisation des interventions dans le bassin versant (aval d'une embouchure importante avec le cours d'eau récepteur), etc.;
- Des habitats aquatiques et riverains présents;
- De la présence d'aires protégées, de milieux humides, de frayères, de plages, de prises d'eau potable, etc.

Ces impacts peuvent être minimisés, notamment en planifiant les travaux hors des dates de reproduction des espèces présentes dans le milieu, en mettant en place des mesures de mitigation efficaces ou en recouvrant les sols mis à nu (voir section 5.3).

5.1.1.1 Impacts de l'érosion et de la sédimentation

Tous les travaux de cours d'eau sont susceptibles d'entraîner des sédiments vers le cours d'eau. [Les principaux impacts à court terme de travaux mal planifiés ou mal exécutés sont causés par l'érosion et la sédimentation.](#)

L'érosion est le phénomène lors duquel des particules de sol sont arrachées par l'action de l'eau, des glaces, de la gravité ou du vent. La sédimentation est la déposition de ces particules dans la colonne d'eau. L'érosion et la sédimentation sont des phénomènes naturels, mais lors de travaux, l'équilibre est rompu et une quantité importante de sédiments peut se retrouver dans le cours d'eau, entraînant une modification de l'écoulement, une détérioration de la qualité de l'eau et une perturbation de l'habitat du poisson.

Les sédiments varient en taille et se trouvent transportés ou déposés en fonction de la vitesse de l'eau (tableau 5.1.1). Ainsi, la plupart des problèmes de sédimentation et d'envasement sont causés par des particules dont la taille varie de 0,002 mm (vase) à 0,02 mm (sable). Les particules fines d'argile peuvent demeurer en suspension pendant plus d'un an, alors lorsqu'elles sont mises en suspension dans un cours d'eau, il est probable qu'elles se rendent jusqu'à l'océan Atlantique.

Tableau 5.1.1

Matériau	Vitesse (cm/s)	Taille des matériaux (mm)
Argile	> 15	< 0,002
Vase	15 – 30	0,002 – 0,02
Sable	30 – 65	0,02 – 2,0
Gravier	80 – 120	5,0 – 15
Galets	140 – 240	25 – 75
Cailloux	270 – 390	100 – 200

Vitesses de transport selon la taille du matériau.

Source : Ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, direction de développement durable, planification et évaluation des impacts, janvier 2012, « Directives techniques de la modification des cours d'eau et des terres humides ».

Modification de l'écoulement des eaux

Les sédiments mis en suspension lors de travaux mal planifiés ou mal exécutés vont se déposer au fond du cours d'eau, dans une section plus calme en aval du site, en fonction de leur granulométrie et de la force du courant. Un apport massif de sédiments peut avoir les répercussions suivantes :

- Rehausser considérablement le lit du cours d'eau;
- Bloquer des sorties de drainage souterrain;
- Dévier le courant vers la rive opposée et causer un foyer d'érosion;
- Diminuer la surface d'écoulement de l'eau;
- Obstruer les ponceaux;
- Provoquer des débordements et des inondations.

Ces impacts se prolongent à long terme.

Qualité de l'eau

Les sédiments servent de moyen de transport pour différents polluants : les nutriments ou les pesticides, entre autres, adhèrent facilement aux particules de sol érodées, de sorte que le relargage de sédiments à la suite des travaux contribue à la dégradation de la qualité de l'eau, incluant la surfertilisation des plans d'eau.

Une étude de l'IRDA en bassins versants agricoles met en évidence une relation linéaire très hautement significative entre la concentration des matières en suspension dans l'eau de ruissellement et la concentration de phosphore biodisponible (Michaud et coll., 2009). Il faut rappeler que le phosphore est un élément fondamental à la croissance de toutes les algues et les plantes, dont les cyanobactéries.

Habitat du poisson

Les sédiments sont nuisibles à l'habitat du poisson, qu'ils demeurent en suspension ou qu'ils se déposent. Les conditions décrites ci-dessous résultent de l'entraînement d'une quantité excessive de sédiments dans le cours d'eau (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 2012) :

- Irritation de la peau et des branchies des poissons : peut provoquer l'asphyxie. Les salmonidés (omble de fontaine, truite arc-en-ciel, touladi, saumon, etc.) sont particulièrement sensibles;
- Envasement ou ensablement des frayères :
 - Mort des œufs de poissons présents;
 - Frayère impropre au frai et à l'implantation des œufs;
- Chaîne alimentaire :
 - Une forte turbidité empêche les rayons du soleil d'atteindre le fond du cours d'eau, ce qui entraîne une réduction de la photosynthèse et une diminution de la nourriture disponible pour la faune aquatique;
 - L'habitat de certaines larves d'insectes et d'invertébrés, servant de nourriture au poisson, peut disparaître;
 - Certains poissons (notamment les salmonidés et les esocidés) ont besoin de voir leurs proies pour s'alimenter et ils pourraient être privés de nourriture si la turbidité de l'eau est trop élevée;
- Diminution de la profondeur d'eau se traduisant par une élévation de température que le poisson ne peut tolérer;
- Les sédiments peuvent avoir un effet abrasif et arracher les plantes et les invertébrés du fond du cours d'eau.

Certains cours d'eau sont « naturellement » turbides en fonction du type de sol présent, de leur topographie ou de l'utilisation du sol dans le bassin versant, alors que d'autres sont déjà dégradés et abritent des espèces tolérantes à la pollution : l'impact des travaux dans ce type de cours d'eau n'est donc pas le même que dans un cours d'eau peu pollué abritant des salmonidés ou dans lequel il y a une prise d'eau potable.

5.1.1.2 Impacts des débris

Lors de travaux comme le démantèlement d'un barrage de castor, l'enlèvement d'obstruction ou le débroussaillage, des débris végétaux peuvent être entraînés dans le courant ou se déposer au fond du cours d'eau. Ces débris peuvent s'accumuler à des endroits précis — comme des ponceaux, des piliers de ponts ou de la végétation riveraine immergée — et causer une obstruction au libre écoulement de l'eau. En conditions naturelles, il est normal et souhaitable que des débris végétaux tombent dans les cours d'eau. Cependant, les débris qui s'accumulent massivement au fond à la suite des travaux vont lentement se décomposer, ce qui exige de l'oxygène et peut, dans de rares cas, « étouffer » le cours d'eau, dégager des

odeurs nauséabondes et nuire à la qualité de l'eau et aux habitats aquatiques. Dans certains cas, l'écorce de résineux (comme la pruche) contient des tannins qui peuvent contaminer l'eau (Burns et Honkala, 1990).

5.1.1.3 Impacts des interventions dans la rive

Les travaux de cours d'eau impliquent systématiquement une intervention sur la rive, ne serait-ce que pour permettre l'accès à la machinerie. La végétation riveraine est essentielle au maintien de la qualité de l'eau et des habitats aquatiques, et sa perturbation aura un impact jusqu'à son rétablissement.

L'impact dépend du type de végétation présent avant les travaux et du temps requis pour la remise en état du milieu. Si la végétation en rive est composée à 100 % de plantes herbacées et n'abrite que des espèces tolérantes à la pollution, l'impact est relativement moindre que dans une portion de cours d'eau naturel qui est ombragée.

Si la zone riveraine où les sols ont été dénudés n'est pas stabilisée à court et à moyen termes, il peut y avoir :

- Érosion des berges;
- Apport de sédiments vers le cours d'eau;
- Glissement de terrain.

5.1.1.4 Impacts d'une contamination directe

La machinerie utilisée lors des travaux est susceptible de déverser des contaminants comme des huiles, des graisses ou du carburant. Les véhicules, la machinerie et les outils mécaniques utilisés doivent être adaptés à ce milieu fragile. Le respect des directives suivantes est de mise :

- Utiliser l'appareillage mécanique avec minutie;
- Ne pas circuler en véhicule dans le cours d'eau;
- Utiliser des appareils propres et qui ne laissent pas fuir d'hydrocarbures;
- Nettoyer et ravitailler la machinerie à au moins 15 m de la LHE;
- Utiliser des lubrifiants biodégradables pour les outils mécaniques (sie à chaîne, débroussailleuse, etc.);
- Se munir d'une trousse de récupération des produits pétroliers.

5.1.2 Impacts à long terme

D'un point de vue environnemental, il est préférable d'intervenir le moins possible et de préserver un corridor riverain à l'état naturel. Dans un territoire habité, cela est cependant difficile, mais lorsqu'une intervention est jugée nécessaire, il faut en anticiper les impacts à long terme.

Les sciences de l'environnement préconisent la compréhension d'écosystèmes dynamiques complexes et une approche transdisciplinaire. Dans la réalité, il y a une pression politique qui vise à régler un problème le plus rapidement possible, et ce, à faible coût. Le contexte de

travail en vase clos et les ressources limitées au sein des MRC permettent difficilement de mettre sur pied une équipe multidisciplinaire pour étudier l'impact des interventions dans les cours d'eau. Le gestionnaire de cours d'eau doit toutefois s'efforcer de bien informer les élus sur les impacts à long terme des interventions dans les cours d'eau. Il est parfois judicieux d'investir davantage en planification pour s'éviter des problèmes récurrents. Outre les firmes de génie-conseil, les ministères et les organismes de bassins versants, les experts universitaires peuvent aussi s'allier à la planification et au suivi des projets.

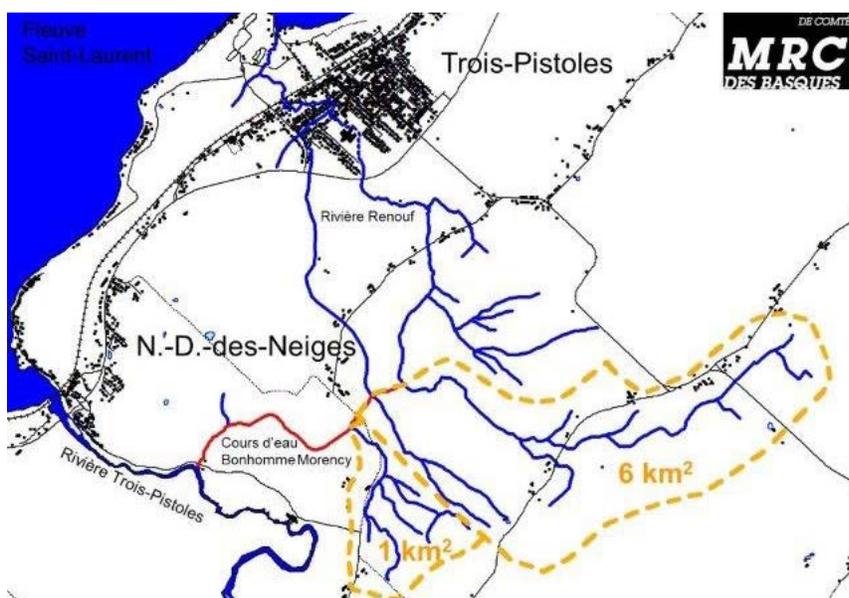
Les travaux peuvent avoir des impacts à long terme insoupçonnés. Par exemple, moins de 30 000 km de cours d'eau agricoles ont été aménagés à l'époque où l'on a voulu développer ce secteur d'activité. Beaucoup de cours d'eau naturels ont ainsi été redressés dans le but d'améliorer le drainage des terres. Si l'objectif initial a été atteint, les conséquences sont aujourd'hui importantes sur le réseau hydrographique : débits de pointe élevés, érosion des berges, perte de milieux humides, perte d'habitats et de biodiversité, accentuation de problèmes d'inondation en aval et qualité de l'eau médiocre. De plus, d'anciens méandres importants tentent de reprendre leur cours initial, qui est maintenant occupé par des terres agricoles ou un milieu bâti. Les MRC ont hérité de cette situation; il faut prendre note des erreurs du passé afin de minimiser les conséquences futures. L'écoulement de l'eau n'est pas seulement un calcul entre deux points afin d'en maximiser le déplacement dans des canaux, il s'agit d'un élément à considérer dans une perspective géographique, hydraulique et biologique.

Un suivi expérimental des réponses du cours d'eau à la suite d'un aménagement contribue à améliorer les interventions futures.

Figure 5.1.1

Exemple du ruisseau Bonhomme-Morency

En 1968, lors de la construction d'une polyvalente à Trois-Pistoles, une rivière dénommée Renouf a été canalisée sous la polyvalente. Des inondations fréquentes dans les secteurs environnants ont amené le gouvernement du Québec à détourner près de la moitié de ses eaux dans le ruisseau Bonhomme-Morency, un cours d'eau d'un tout autre bassin versant.



« Le ruisseau Bonhomme-Morency se déverse dans la rivière Trois-Pistoles, et l'augmentation de débit liée au détournement a entraîné une forte érosion du fond du chenal et des décrochements de talus et de versants sur des dizaines de mètres de haut. La multitude de sédiments érodés dans le cours d'eau Bonhomme-Morency a été transportée jusqu'à la rivière Trois-Pistoles. Malheureusement, les frayères à éperlans, à saumons et à truites sont très sensibles aux perturbations de la sorte. »

Avant



Après



Pour tenter de limiter ces fortes concentrations de sédiments transportés dans la rivière Trois-Pistoles, le cours d'eau Bonhomme-Morency a été enroché sur plus de 2 km à l'hiver 2008-2009.



Enrochement du cours d'eau Bonhomme-Morency.

Source : Parent, V. (supervision : Buffin-Bélanger, T.; cosupervision : Nozais, C.), 2013, *Trajectoire morphologique de la rivière Bonhomme-Morency*, maîtrise en géographie, UQAM-UQAR.

Un suivi effectué en 2010 et 2011 permet d'observer que le phénomène d'érosion des berges est contrôlé, mais l'apport en débit solide est plus faible. L'enrochement est généralement stable, mais l'eau coule le plus souvent à travers les roches, sans eau libre en surface. Il n'y a pas de colmatage généralisé, mais une évolution du profil du cours d'eau variant entre augmentation et baisse localisées de l'élévation de la profondeur du cours d'eau, comme si celui-ci évoluait vers une dynamique d'écoulement en cascade avec une forme de type escalier avec marches et cuvettes.

5.1.2.1 Travaux susceptibles d'avoir des impacts à long terme

Les travaux suivants sont susceptibles d'avoir des impacts à long terme :

- Traverse de cours d'eau;
- Aménagement de sorties de drainage;
- Stabilisation de berge;
- Déplacement ou redressement de cours d'eau;
- Modification de la pente longitudinale du cours d'eau;
- Aménagement de seuils;
- Aménagement de digues ou de remblais en rive;
- Canalisation de cours d'eau;
- Destruction ou artificialisation de la végétation riveraine;
- Aménagement de barrages et de bassins.

Les travaux peuvent avoir des répercussions à long terme importantes sur les écosystèmes aquatiques et riverains en provoquant des changements nuisibles permanents (par exemple : des obstacles infranchissables pour le poisson ou l'artificialisation de zones riveraines), sur les problèmes d'inondation, d'érosion de berge, de qualité d'eau, sur les risques pour la sécurité publique, sur l'eau disponible pour la consommation domestique et industrielle, ainsi que sur bon nombre d'activités, notamment l'agriculture, la foresterie, la pêche, l'exploitation minière, le tourisme, les activités récréatives et la production d'électricité (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 2012).

5.1.2.2 Impacts sur le libre écoulement de l'eau

Comme mentionné dans la section 5.1.1.1, les sédiments relâchés lors des travaux et accumulés au fond des cours d'eau peuvent nuire à l'écoulement à long terme. De plus, des ouvrages mal conçus ou mal dimensionnés, comme des ponts, des ponceaux, des canalisations ainsi que des barrages ou des goulots d'étranglement, peuvent causer une retenue d'eau problématique en amont de l'ouvrage lorsque le débit est important, causant potentiellement des inondations et des problèmes de drainage en amont. Sous la force de l'eau, ces ouvrages peuvent céder et entraîner des inondations, des dommages matériels et même des pertes de vie en aval (ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 2012).

Certains travaux d'aménagement de cours d'eau modifient les faciès d'écoulement en uniformisant, par exemple, les débits et la hauteur de la lame d'eau, ce qui peut avoir un impact important sur les écosystèmes, ou encore en augmentant des vitesses et des hauteurs d'eau en crue à des niveaux bien supérieurs aux valeurs naturelles, ce qui peut avoir un impact sur les inondations (Malavoi et Adam, 2007).

Il y a également une relation entre les cours d'eau et la nappe phréatique. Des travaux de creusement ou de déplacement de cours d'eau peuvent drainer la nappe en permanence, ce qui peut assécher des écosystèmes riverains et affecter l'approvisionnement des puits. De plus, « des cours d'eau, souvent déplacés en position topographique plus élevée que naturellement, ont tendance à alimenter la nappe en permanence, d'où des étiages plus prononcés » (Malavoi et Adam, 2007).

5.1.2.3 Impacts géomorphologiques

Les modifications apportées au lit et aux berges d'un cours d'eau, comme un déplacement, un redressement, un dragage ou une stabilisation de berge peuvent avoir des impacts à long terme sur la dynamique du cours d'eau et sur son fonctionnement (voir section 3.3).

Le cours d'eau tendra toujours à retrouver un état d'équilibre entre le transport sédimentaire et le débit. Une intervention mal planifiée peut avoir des répercussions à long terme, car le cours d'eau cherchera à s'ajuster afin de retrouver une forme stable. Par exemple, un cours d'eau sinueux qui a été redressé tendra naturellement à retrouver une forme sinueuse; en éliminant les méandres et en augmentant la pente du lit, le cours d'eau doit transporter plus de sédiments et cherchera à éroder les berges. « Il existe de nombreux exemples de ponts et de ponceaux qui se sont écroulés à la suite du creusement et de l'élargissement de canaux et de fossés municipaux (ministère des Transports, Direction des structures, 2004).

Certains travaux, comme des déplacements, des aménagements d'exutoires de drainage pluvial ou des redressements de cours d'eau, peuvent donner lieu à une instabilité favorisant l'érosion et la formation de méandres et accroître les risques d'inondation. Ces phénomènes sont tous susceptibles de provoquer des dommages aux propriétés adjacentes.

Inversement, si on empêche les cours d'eau de déborder dans leur plaine inondable ou si on empêche les méandres de migrer en stabilisant les berges, on ne fait que déplacer le problème. Il est normal que les cours d'eau sortent de leur lit; cela permet de réguler les crues et aux matières en suspension de se déposer dans la plaine inondable. Les agriculteurs savent que ces terres nourries d'alluvions sont les plus riches. En déconnectant les cours d'eau de leur plaine inondable, les débits de pointe augmentent et la qualité de l'eau se dégrade. De telles interventions doivent être bien justifiées et planifiées, car il y aura inévitablement des impacts en aval. L'inondation est un phénomène naturel qui doit être pris en compte dans les outils d'aménagement du territoire.

L'évolution des méandres dans les cours d'eau ayant une certaine puissance est naturelle et inévitable. En tout temps, le cours d'eau doit équilibrer son débit sédimentaire et son débit

liquide. En stabilisant une berge à un endroit donné, les berges s'éroderont ailleurs. De plus, les méandres abandonnés sont des milieux humides d'un grand intérêt biologique et d'une grande importance pour la régulation des crues. Il est donc préférable de limiter la stabilisation de berge aux seuls cas de protection de la sécurité publique et des infrastructures.

Tout aménagement qui n'est pas stable d'un point de vue géomorphologique (exemple : un cours d'eau linéarisé) exigera des interventions récurrentes afin de le maintenir en état.

5.1.2.4 Impacts des interventions dans la zone riveraine

Les zones riveraines sont les bandes de terre qui, au-delà de la délimitation réglementaire de la rive, bordent les cours d'eau ou les terres humides. La destruction, l'uniformisation ou l'artificialisation de la zone riveraine peut avoir des impacts à long terme comme :

La diminution de la qualité de l'eau :

- Accroissement de la température de l'eau et baisse de la concentration en oxygène dissous :
 - La végétation le long des berges d'un cours d'eau dissipe les rayons du soleil et empêche la surchauffe de l'eau en l'ombrageant;
 - La présence d'un enrochement ou l'aménagement de structures de béton emmagasine la chaleur du soleil et augmente la température de l'eau;
- Les salmonidés, par exemple, ont besoin d'une eau fraîche (une température de plus de 24 °C est considérée comme mortelle) et d'une haute teneur en oxygène dissous. La teneur en oxygène dissous de l'eau diminue à mesure que la température augmente;
- Le réseau de racines et la végétation absorbent les polluants — comme les pesticides, les engrais, les métaux lourds, les sédiments et les hydrocarbures — et améliorent la qualité de l'eau;
- La végétation riveraine intercepte les eaux de ruissellement en provenance des terres;

La productivité biologique :

- La végétation littorale et riveraine abrite des insectes et produit des débris qui se retrouvent dans le cours d'eau et servent à l'alimentation des poissons;
- La végétation riveraine procure des abris aux poissons contre les prédateurs;
- Une diversité floristique abrite une diversité faunique, une bande riveraine de mauvaise qualité favorisera une espèce au détriment des autres;
- L'érosion des berges : le réseau de racines de la végétation naturelle améliore la stabilité des berges. Une rive artificialisée ou entretenue par une coupe régulière de la végétation est plus propice à s'éroder à long terme.

(ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 2012)

5.1.2.5 Impacts sur la qualité de l'eau

Outre l'impact ponctuel du relargage des sédiments à la suite des travaux, qui contribue à la dégradation de la qualité de l'eau, certains aménagements de cours d'eau peuvent avoir des impacts à long terme sur la qualité de l'eau. L'artificialisation des zones riveraines, la perte de milieu humide riverain et la déconnexion des cours d'eau avec leur plaine inondable auront des impacts négatifs presque irréversibles sur la qualité de l'eau.

Les services écologiques rendus par les milieux humides, les bandes riveraines et les plaines inondables sont difficiles à recréer. Les projets de réaménagement de cours d'eau, comme la création de marais filtrants, sont complexes et coûteux. Comme dans tous les domaines, il est préférable de prévenir plutôt que de guérir.

5.1.2.6 Passage des poissons

Les poissons migrent pour se reproduire, s'alimenter, se préparer pour l'hiver ou fuir les prédateurs. Les migrations ne sont plus possibles s'il y a des obstacles infranchissables et permanents. Les barrages, les ponceaux mal installés, les canalisations et les amoncellements de débris peuvent bloquer le passage des poissons. Des zones de turbulence peuvent aussi présenter des obstacles.

Les barrières formées par des structures mal conçues ou mal construites et des situations problématiques sont chose courante. Elles créent des conditions qui empêchent les poissons de circuler. Ce sont, entre autres :

- Les ponceaux avec une chute à la sortie;
- La concentration de l'eau ou la pente entraînant une augmentation de la vitesse d'écoulement;
- La longueur excessive de la canalisation du ponceau : plusieurs poissons ne peuvent s'orienter dans le noir;
- Les ouvrages de retenue d'eau pour créer des lacs ou des bassins d'irrigation;
- Les clôtures transversales installées pour délimiter des parcelles ou des lots;
- L'accès des animaux (bétail, chevaux) au cours d'eau.

5.2 Travaux préventifs au champ

Bien que le rôle du gestionnaire de cours d'eau d'une MRC soit d'assurer l'écoulement de l'eau relevant de sa compétence, plutôt que d'avoir à réagir aux problèmes qui surviennent, le travail de prévention peut fournir des solutions en amont. Des mécanismes, des méthodes et des principes de conservation du sol dans les champs de cultures s'offrent afin que la couche superficielle, ou sol arable, ne ruisselle pas vers les cours d'eau qui sillonnent les parcelles agricoles.

La perte de sols engendrée par les phénomènes d'érosion cause plusieurs problèmes aux producteurs agricoles. Les sédiments, les bactéries, les nutriments et les pesticides ont des

impacts connus importants sur la qualité des eaux et des écosystèmes. S'ajoute à cela une perte de productivité et un coût de remplacement des nutriments perdus évalué entre 15 et 30 \$/hectare au Canada en 1979 (Wall et coll., 2002).

La majorité des interventions dans les cours d'eau effectuées par les MRC au Québec sont des travaux visant à retirer les sédiments accumulés dans les cours d'eau situés en zone agricole. L'égouttement des terres et le drainage sont les facteurs qui influencent le plus les rendements agricoles. Lorsque l'égouttement de surface est inadéquat, que le niveau de la nappe de surface devient trop élevé ou, à plus forte raison, lorsque les sorties de drains souterrains sont ensevelies, l'impact est majeur pour l'industrie agricole. Le retrait des sédiments est l'approche la plus souvent retenue pour remédier à la situation.

Du point de vue économique, environnemental et social, il est préférable de limiter les travaux d'entretien de cours d'eau. Trois approches contribuent principalement à réduire les apports en sédiments et autres intrants néfastes à la qualité de l'eau, soit :

- Les pratiques agricoles de conservation, dont l'objectif est de réduire les charges en sédiments, en nutriments et en pesticides évacuées des champs (rotation des cultures, fertilisation adaptée aux besoins des cultures, pratiques de lutte intégrée, implantation d'engrais verts, cultures de couverture, semis directs, etc.);
- L'aménagement des terres, qui vise à canaliser en certains points précis les eaux de ruissellement dont la vitesse et la concentration pourraient conduire à une forte érosion ou à la formation d'une masse d'eau stagnante (aménagements hydroagricoles tels que les voies d'eau engazonnées, avaloirs, tranchées filtrantes, etc.);
- L'aménagement des rives, qui vise à filtrer et retenir les différents types de polluants agricoles et assurer la stabilité du cours d'eau (zones tampons, bandes riveraines, etc.).

Ces approches préventives contribuent à diminuer la fréquence et l'étendue des travaux. Il s'agit essentiellement de conserver la terre au champ. Les sols érodés sous l'action des pluies ou de la fonte des neiges pouvant être transportés par les eaux de ruissellement sont les plus riches. Les travaux préventifs au champ ont donc une double fonction : ils limitent les pertes de sols arables et protègent les cours d'eau. Les agronomes et conseillers agricoles peuvent aider les producteurs à adopter une approche de conservation des sols efficace et adaptée sur mesure au système de production et à la nature des sols.

5.2.1 Provenance des sédiments dans le cours d'eau

En milieu agricole, les sédiments qui s'accumulent au fond des sections de cours d'eau où la vitesse d'écoulement est assez faible pour permettre la déposition des particules en suspension proviennent soit de l'érosion des terres ou du cours d'eau lui-même.

Lors de précipitations ou de la fonte des neiges, l'eau de ruissellement transporte des sédiments, à plus forte raison sur des terres agricoles labourées. Il est possible d'estimer les taux d'érosion des terres agricoles, puisqu'il varie en fonction :

- Du climat : plus les précipitations ou la fonte sont longues et intenses, plus la perte de sol sera importante;
- Du type de sol : les pertes de sol sont plus importantes dans les sols limoneux et mal drainés que dans les sols sablonneux bien drainés;
- De la topographie : plus les bassins de drainage sont grands, plus la pente est forte et longue, plus il y a d'érosion;
- De l'utilisation des sols ou du type de culture en place.

Dans le passé, les cours d'eau agricoles ont été aménagés de façon rectiligne, comportant parfois des angles droits et une section d'écoulement trapézoïdale, formes qu'on ne retrouve pas dans la nature et qui sont généralement instables. L'érosion des berges et l'incision du lit du cours d'eau, une régression de fond où le cours d'eau se creuse, produisent une quantité importante de sédiments, puisque le cours d'eau cherche à retrouver une forme stable présentant un équilibre entre le débit et le transport sédimentaire.

5.2.2 Principes d'érosion hydrique

L'érosion est le transport du sol sous l'action de l'eau et du vent que Lagacé (2013) résume en une courte phrase :

Érosion = Arrachement → Transport → Sédimentation

Lors d'orages, l'érosion hydrique peut provoquer la formation spectaculaire de chenaux d'érosion et de ravins, mais elle se manifeste surtout sous la forme de nappes et de rigoles, beaucoup plus discrètes, lors de fortes précipitations ou lors de la fonte des neiges.

Il y a érosion lorsque la force d'arrachement de la particule de sol est supérieure à la force cohésive ou de résistance. La résistance d'un sol à l'érosion dépend de sa texture, de sa structure, de sa teneur en matière organique et de son taux d'humidité. En règle générale, les sols à forte teneur en limon et en sable très fin, à faible teneur en matières organiques, à structure faible et à perméabilité très faible seront les plus sensibles aux agents d'érosion (Wall et coll., 2002).

Le simple impact d'une goutte de pluie sur le sol peut en arracher des particules. La durée et l'intensité de la pluie la rendent plus ou moins érosive. Les orages qui produisent un volume élevé de précipitations et de ruissellement sur une longue période sont les plus érosifs, alors que les faibles quantités de pluie de courte durée ont peu d'incidence sur l'érosion des sols, par exemple, les précipitations inférieures à 1 cm et de moins de 30 minutes (Wall et coll., 2002).

L'érosion qui se produit l'été est habituellement limitée par la capacité d'infiltration du sol, certains sols étant plus perméables que d'autres. Au printemps, le sol est souvent saturé d'eau ou contient une couche gelée qui empêche les eaux de s'infiltrer, provoquant un abondant ruissellement.

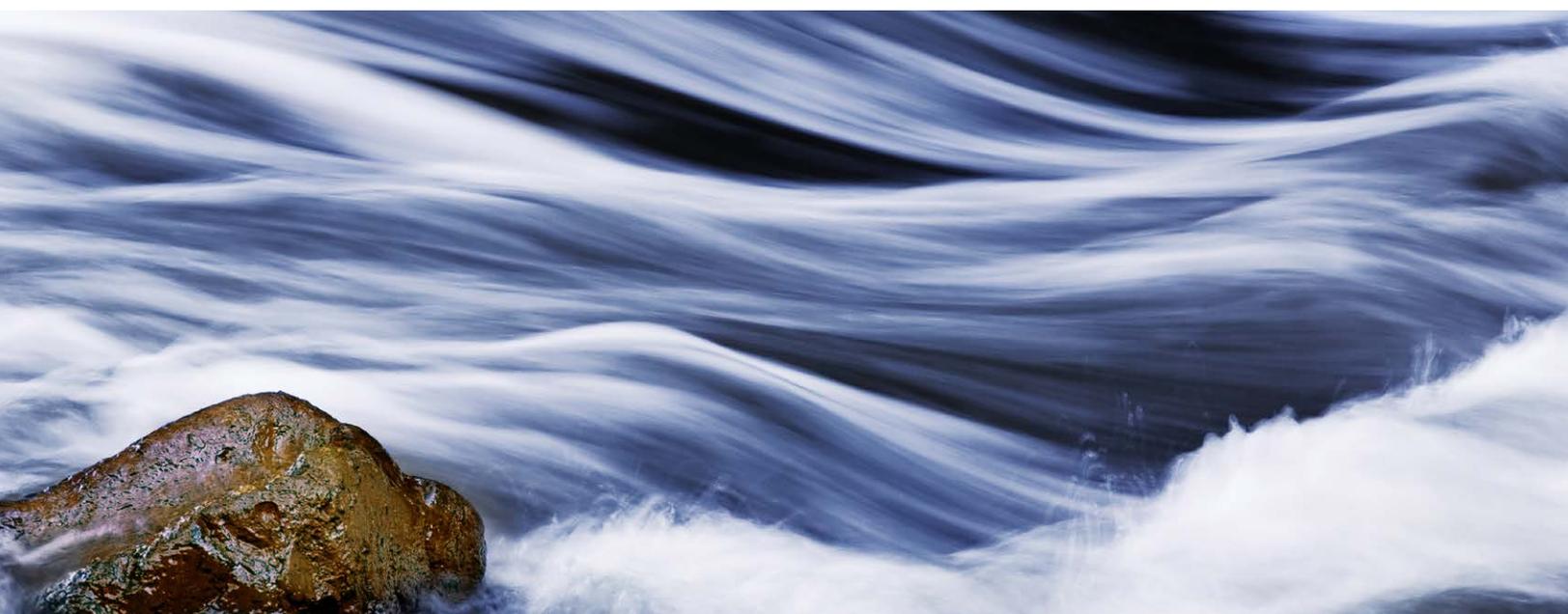
Aussi, plus l'écoulement est rapide, plus la force d'arrachement est forte. Plus la pente est forte et longue, plus la vitesse d'écoulement augmente. L'eau devient chargée de particules et la lame d'écoulement acquiert une viscosité plus importante, ce qui crée davantage d'érosion. Les particules ont un effet abrasif sur le sol; l'érosion de l'amont du cours d'eau accentue l'érosion en aval. Les particules sont transportées en suspension dans l'eau tant que l'énergie peut les maintenir en suspension. La sédimentation survient lorsque le poids de la particule est supérieur à la force du transport. Les plus grosses particules, le sable et le gravier, sont celles qui se déposent le plus rapidement après les zones de turbulences.

5.2.3 Secteurs à risque élevé d'érosion

Comme l'érosion des sols est un phénomène naturel qui obéit à des lois physiques, des modèles numériques ont été développés pour tenter de prédire dans quelles circonstances l'érosion est plus marquée.

L'équation universelle des pertes en sol (USLE) est un modèle prévisionnel développé par le ministère de l'Agriculture des États-Unis pour « prévoir le taux annuel moyen à long terme de l'érosion des sols pour diverses pratiques de gestion des sols en association avec la configuration des pluies, la topographie et le type de sol » (Wischmeier et Smith, 1978). Une version améliorée de ce modèle, la RUSLE (équation universelle des pertes en sol révisée pour application au Canada), a été élaborée par le ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada.

Comme décrit dans le manuel d'application de la RUSLE (Wall et coll., 2002) :



Plusieurs conditions générales, uniques à chaque site, influent sur l'érosion hydrique et font partie des facteurs de l'USLE ou de la RUSLE.

Facteur de pluviosité et de ruissellement (R)

- Le facteur R est une mesure de la quantité annuelle totale de pluie érosive à un endroit donné et de la répartition de cette pluie sur l'année.
- Le facteur R varie selon l'énergie et l'intensité des averses, la quantité de pluie, de neige et d'eau de ruissellement pendant les diverses saisons de l'année et la quantité de neige fondue sur le sol gelé ou partiellement gelé.

Facteur d'érodabilité du sol (K)

- Le facteur K est une mesure quantitative de la sensibilité ou de la résistance inhérente d'un sol à l'érosion et de l'incidence du sol sur le volume et le débit de ruissellement.
- Le facteur K varie selon la texture et la structure du sol, la teneur en matières organiques et la saison. Les sols ont tendance à être plus sensibles au printemps, surtout pendant le dégel, et moins érodables l'automne, après la saison de croissance, lorsqu'ils sont secs et compacts.

Facteur de pente (LS)

- Le facteur LS est une mesure des effets de l'angle, de la longueur et de la complexité de la pente sur l'érosion.

Facteur de culture/végétation et de gestion (C)

- Le facteur C est une mesure de l'efficacité relative des systèmes de gestion des sols et des cultures dans la prévention ou la réduction de la perte de sol.
- Le facteur C varie selon :
 - la voûte de verdure (feuilles et branches d'une culture qui interceptent les gouttes de pluie et dissipent une partie de leur force érosive);
 - la couverture végétale (résidus de culture et végétation vivante sur la surface du sol);
 - la biomasse du sol (toute la matière végétale dans le sol; les résidus aident à améliorer l'écoulement de l'eau dans le sol et la capacité de rétention du sol);
 - le travail du sol (type, période et fréquence de travail du sol; influe sur la porosité, la rugosité de surface et le compactage du sol);
 - la culture de l'année précédente;
 - la répartition de la pluie érosive sur la saison de croissance.

Facteur des pratiques de soutien (P)

- Le facteur P est une mesure des effets des pratiques visant à modifier le profil, la pente ou la direction de l'écoulement du ruissellement en surface et à réduire ainsi l'érosion.
- Les pratiques de soutien courantes sont : la culture en pente transversale, la culture en courbes de niveau, la culture en bandes alternantes, l'aménagement de terrasses et l'aménagement de voies d'eau gazonnées.

Les connaissances évoluent rapidement et les modélisations sont de plus en plus raffinées. Le modèle SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) a été utilisé pour modéliser de petits bassins versants ruraux au Québec, tant en matière de volume qu'en qualité d'eau. Des observations de terrain ont permis de calibrer le modèle. Selon les études effectuées dans le bassin versant de la rivière aux Brochets (Beaudin et coll., 2006; Michaud et coll., 2006), plus de 50 % du flux de phosphore et de sédiments modélisé proviennent de moins de 10 % de la superficie totale du bassin. Le projet de modélisation hydrologique réalisé par l'équipe de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) témoigne de taux d'érosion relativement modestes, avec une perte moyenne nette annuelle d'environ 0,49 tonne de sédiments par hectare. « Les exportations diffuses de sédiments peuvent cependant atteindre jusqu'à 12 tonnes par hectare. Les portions particulièrement vulnérables du parcellaire sont caractérisées par des sols mal drainés ou imparfaitement drainés, représentant respectivement 33 % et 50 % des microbassins concernés. Les deux tiers de ces microbassins présentant la vulnérabilité la plus élevée sont associés à des textures argileuses et loameuses fines avec une pente moyenne de 2,2 %. » C'est donc dire que certaines portions du territoire sont beaucoup plus à risque et que les efforts de protection des cours d'eau mériteraient d'être plus ciblés.

Les modèles hydrologiques ont tous leurs limites, mais ils aident les spécialistes à comparer la perte de sol dans un champ particulier avec les pratiques culturales et à évaluer différents scénarios.

Un autre outil pouvant aider les intervenants à mieux planifier des interventions correctrices visant à protéger les cours d'eau agricoles est la cartographie des signes d'érosion. Dans le cadre de projets réalisés sur le bassin versant de la rivière Yamaska, de la rivière Saint-Louis et sur un autre bassin versant au Nouveau-Brunswick, un diagnostic de l'érosion a été réalisé à l'aide de la photo-interprétation et de la stéréoscopie (UPA et coll., 2007). Les marques d'érosion dans les champs et sur les rives des cours d'eau ont été cartographiées sur support géomatique. Les marques d'érosion sont alors considérées comme des indicateurs d'une situation problématique. La densité des marques d'érosion par parcelle de territoire est un autre indice de vulnérabilité des terres.

Il appert que les zones mal égouttées dans les champs sont celles qui contribuent majoritairement aux apports de sédiments, de nutriments et de contaminants vers les cours d'eau, car c'est à partir de ces secteurs que des rigoles et des ravinements se créent le plus souvent. Ces zones sont aussi associées à de faibles rendements des cultures. L'amélioration de l'égouttement des terres contribue ainsi indirectement à protéger les cours d'eau tout en améliorant la productivité des entreprises agricoles.

5.2.4 Les principes de conservation des sols

Dans la perspective de minimiser l'érosion causée par l'écoulement de l'eau dans les fossés de drainage ou le ruissellement de surface dans les champs agricoles, les principes de conservation qui soutiennent les actions au champ et le travail de protection des cours d'eau sont les suivants :

- Augmenter la stabilité et la résistance des agrégats du sol : maintenir un bon pourcentage de matière organique et de chaux — qui sont tous des éléments structurants du sol — et prévenir la compaction;
- Absorber l'énergie de la pluie : maintenir un couvert de résidus, ou encore une culture de couverture sur les champs à l'automne pour prévenir l'érosion;
- Réduire le ruissellement de surface et privilégier l'infiltration : maintenir de la végétation en bordure des cours d'eau et des fossés, aménager des voies d'eau engazonnées où les eaux de ruissellement se concentrent.

5.2.5 Types de travail du sol ou de culture à privilégier (1^{ère} ligne)

De manière générale, plus les sols sont exposés, plus ils sont vulnérables à l'érosion. Les apports de matières en suspension vers les cours d'eau sont en corrélation avec l'utilisation du sol. En effet, les superficies agricoles produisent près de 200 fois plus de sédiments et de phosphore que les superficies forestières. Les cultures annuelles à grand interligne, comme le maïs et le soja, laissent une proportion importante de sols à nu, alors que les cultures annuelles à petit interligne, comme la culture des céréales, en laissent dans une moindre mesure, car l'espacement entre les rangs de semis est plus petit. Les cultures pérennes, comme le foin, laissent, quant à elles, peu de sols à nu. Le tableau 5.2.1 montre les impacts relatifs des différents types de cultures sur les apports en sédiments et en phosphore (Deslandes et coll., 2007).

Tableau 5.2.1

Moyenne annuelle des exportations de phosphore et de sédiments pour la période 2000-2003 selon l'utilisation du sol pour l'ensemble du bassin versant de la rivière aux Brochets.

Utilisation du sol	Sédiments Mg/ha	Phosphore Kg/ha
Maïs	1,74	2,48
Soja	1,35	1,12
Zone urbaine	1,33	1,95
Céréales	0,60	0,75
Culture maraîchère	0,50	1,02
Vignoble ou verger	0,09	0,09
Foin ou pâturage	0,08	0,39
Forêt	0,01	0,02
Milieus humides	-	-

Source : Deslandes et coll., 2007.

Au-delà du type de culture, la régie de culture a aussi une influence. L'objectif étant toujours de laisser le moins de sols à nu possible à l'aide de :

- La culture sur résidus : les résidus de culture laissés dans le champ protègent le sol contre les effets érosifs de la pluie et du ruissellement en contribuant à réduire les risques d'entraînement des particules fines du sol. Ils forment aussi de mini digues pouvant ralentir les eaux de ruissellement et retenir la terre dans le champ. Laisser en place les résidus de culture pendant l'hiver et effectuer le travail du sol au printemps limite énormément l'érosion. En régie de semis directs, les semis sont effectués sans qu'il y ait eu de travail du sol. Cette technique rentable améliore la structure du sol tout en diminuant l'érosion, mais nécessite des équipements différents. Le labour se limitant au déchaumage à l'automne ou au printemps, la mise à nu du sol est évitée. Les conseillers en agroenvironnement sont formés pour accompagner les producteurs qui désirent faire une transition vers les systèmes de culture sur résidus;
- La culture de couverture : des plantes (ou un mélange de plantes) sont semées pendant ou après la croissance de la culture principale de façon à couvrir le sol. Ces plantes ne seront pas récoltées, mais plutôt détruites par l'hiver ou éliminées au printemps. Cette matière organique retourne ensuite enrichir le sol (engrais vert). La culture de couverture forme un paillis qui limitera énormément les pertes de sol par ruissellement lors de la fonte des neiges ou de fortes pluies;
- La culture intercalaire : des cultures de couverture peuvent être semées entre les rangs des cultures principales, comme du ray-grass entre les rangs de maïs, ce qui bénéficie aux cultures tout en limitant les pertes de sol par ruissellement.

5.2.6 Ouvrages hydroagricoles (2^e ligne)

L'eau qui ruisselle à la surface des champs suit différents patrons d'écoulement. L'eau se concentre dans des endroits précis, prend de la force et devient susceptible de créer de l'érosion, transportant sédiments et nutriments. Dans le bassin versant Ewing, par exemple, les parcours de l'eau dérivés des relevés de haute précision du relief (LiDAR) indiquent que 55 % de la superficie des champs se drainent vers les fossés (Michaud et coll., 2009). L'eau en provenance des fossés peut ainsi transporter beaucoup de sédiments.

D'un point de vue réglementaire, il est beaucoup plus facile de travailler dans les fossés, et ces efforts sont souvent plus rentables que les travaux d'entretien du cours d'eau. Il y a une certaine flexibilité quant aux travaux et aux méthodes de captation des sédiments et de diminution de la vitesse d'écoulement de l'eau.

Ainsi, des ouvrages hydroagricoles peuvent être aménagés pour contrer et prévenir les problèmes d'érosion dans les terres agricoles. Un bon diagnostic des problèmes d'érosion doit d'abord être réalisé, puis des actions ciblées peuvent être mises en place.

Le programme Prime-Vert du MAPAQ offre un potentiel de financement pour certaines actions.

Un partenariat entre Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) a permis de produire des fiches techniques sur les aménagements hydroagricoles visant à améliorer le drainage de surface et à lutter contre l'érosion en milieu agricole :

- Diagnostic et solutions des problèmes d'érosion au champ et de drainage de surface;
- Diagnostic et solutions des problèmes d'érosion des berges de cours d'eau;
- Avaloirs et puisards;
- Dimensionnement des avaloirs;
- Puits d'infiltration;
- Tranchées filtrantes;
- Déversoir enroché;
- Évaluation des débits de pointe pour les petits bassins versants agricoles du Québec;
- Aménagement des sorties de drain;
- Voies d'eau et rigoles d'interception engazonnées;
- Dimensionnement des voies d'eau engazonnées;
- Implantation de zones tampons en milieu agricole;
- Bassin de stockage d'eau et de sédimentation : concept et dimensionnement.

Les fiches et plusieurs autres informations pertinentes à la protection des cours d'eau agricoles sont disponibles sur le site [Agri-Réseau du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec](#) (CRAAQ) :

Les conseillers agronomes, les clubs agroenvironnementaux et les conseillers des centres de services du MAPAQ peuvent aider à mettre en place des mesures de protection du cours d'eau. Les travaux d'entretien de cours d'eau sont une occasion de promouvoir la mise en place d'ouvrages hydroagricoles.

5.2.7 Bandes riveraines (3^e ligne)

Une bande minimale de végétation d'une largeur de 3 m à partir de la ligne des hautes eaux est requise sur les terres agricoles cultivées (article 3.2.f, PPRLPI). Dans la majorité des fermes de grandes cultures, ces bandes sont entièrement herbacées, régulièrement fauchées et la largeur minimale de 3 m de végétation à conserver n'est pas toujours respectée.

L'importance des bandes riveraines a déjà été traitée (voir section 4.1). La bande minimale de végétation de 3 m vise, entre autres, à conserver une stabilité des sols, favoriser la biodiversité et limiter la contamination directe des eaux de surface en éloignant les activités agricoles (travail de sol, épandages, pulvérisations) du réseau hydrique. Selon Breune (2013), une zone tampon, qui va bien au-delà de la bande riveraine réglementaire, peut retenir les polluants

en ralentissant la vitesse des eaux de ruissellement et en stabilisant les sols à l'intérieur des champs, ce qui permet :

- L'infiltration de l'eau et des éléments dissous dans le profil de sol;
- La sédimentation des particules;
- L'absorption des éléments nutritifs par les plantes présentes dans la zone tampon;
- L'adsorption des éléments nutritifs et des pesticides sur les particules de sol qui se déposent dans la zone tampon;
- La dénitrification, spécifique à l'azote;
- La décomposition de produits phytosanitaires (action des microorganismes).

Une étude de l'IRDA en parcelles expérimentales pour de faibles hauteurs d'événements de ruissellement estival a évalué l'efficacité des bandes enherbées pour intercepter la pollution diffuse agricole (Duchemin et coll., 2002). Dans les conditions de cette étude, « une longueur de bande de 3 m a été suffisante pour réduire au moins de moitié la plupart des charges de polluants transportés par les eaux de ruissellement » et de près de 90 % la charge de matières en suspension.

Ce principe est bon dans la mesure où l'eau se diffuse parfaitement dans la bande tampon, ce qui représente environ 45 % de la superficie globale des microbassins versants dans l'étude du ruisseau Ewing (Michaud et coll., 2009).

Cependant, le ruissellement est majoritairement de type concentré. À cause de la topographie des champs, le ruissellement se concentre souvent en des points de sortie très précis vers le cours d'eau, rendant la filtration par la bande riveraine peu efficace. La largeur de bande riveraine requise pour épurer ces eaux devrait donc théoriquement varier selon les conditions du terrain, soit la longueur de la bande riveraine qui reçoit réellement des eaux de ruissellement, la superficie des microbassins versants, la texture du sol, la capacité d'infiltration du sol, la pente moyenne du champ, le type de couvert végétal et de travail du sol (Breune, 2013).

Pour limiter les apports de sédiments par ruissellement et protéger les cours d'eau, la présence de bandes riveraines et l'aménagement d'ouvrages hydroagricoles sont des actions complémentaires.

Le programme [Prime-Vert](#) offre du financement aux producteurs agricoles enregistrés pour aménager des bandes riveraines au-delà du minimum réglementaire.

Plusieurs principes peuvent guider des concepts d'aménagement de bandes riveraines :

- Amélioration de la qualité de l'eau;
- Amélioration de la stabilité des berges;
- Amélioration de la qualité des habitats fauniques et de la biodiversité;
- Aménagement paysager;
- Aménagement de haies brise-vent;

- Types de culture autres (biomasse, bande de foin, production de noix ou petits fruits, etc.);
- Agroforesterie;
- Lutte biologique (habitats d'espèces prédatrices des ennemis des cultures, habitats pour les pollinisateurs, etc.).

5.2.8 Éviter les travaux curatifs

Faire la promotion de bonnes pratiques agricoles pour la gestion du ruissellement et de l'érosion peut aider à diminuer l'ampleur et la fréquence des travaux d'entretien de cours d'eau agricoles.

Le gestionnaire de cours d'eau peut donc éviter de procéder à des travaux d'entretien par des interventions ciblées et ponctuelles chez un ou plusieurs producteurs agricoles. Bien qu'entretenir les cours d'eau agricoles sur une base régulière soit traditionnellement considéré comme un devoir municipal pour assurer le drainage des terres, il faut reconnaître que, dans certaines circonstances, travailler sur les causes de la sédimentation est plus indiqué que le curage systématique. La MRC n'a cependant pas le pouvoir d'ordonner des travaux préventifs, et la concertation est de mise pour ce type de projet.

Il existe des solutions de rechange aux travaux curatifs :

- Dans certains cas, il pourrait être approprié d'aménager des stations de pompage pour évacuer l'eau des sorties de drainage problématiques, plutôt que de creuser le cours d'eau sur une longue distance;
- L'aménagement ou la modification de drainage souterrain, avec l'obtention des permis nécessaires, peut aussi permettre d'éviter de creuser le cours d'eau. Par exemple, voyant les coûts estimés d'un creusage, un propriétaire de Notre-Dame-de-Stanbridge, en Montérégie, a préféré retirer sa demande et aménager un nouveau collecteur de drainage souterrain privé dont la sortie est située plus en aval dans le cours d'eau. Aussi, dans la branche 6 du ruisseau Chartier à Saint-Alexandre, un drain de 10 pouces a été aménagé pour dévier une partie des eaux vers la branche 7 du même cours d'eau, en traversant une terre agricole, ce qui a permis d'éviter l'exécution de travaux d'excavation sur une distance de 560 m dans une section où le sol est instable. La gestion du drain est prévue dans le règlement du cours d'eau, et la MRC en est ainsi responsable;
- Parfois, de simples obstructions peuvent causer un rehaussement de la colonne d'eau. Le fait d'enlever ces obstructions améliore le libre écoulement de l'eau, et un sillon se creuse naturellement dans le lit du cours d'eau.

Ces solutions de remplacement peuvent être envisagées si la situation s'y prête, si les coûts des travaux réguliers d'entretien sont jugés prohibitifs par rapport aux bénéfices reçus, s'il y a présence d'éléments sensibles dans le milieu (prises d'eau potable, réserve écologique, milieu humide, etc.), s'il y a opposition sociale, etc.

5.3 Bonnes pratiques liées à la gestion des cours d'eau

Les bonnes pratiques suivantes seront abordées :

- Les mesures de mitigation à mettre en place lors des travaux afin d'en minimiser l'impact;
- La technique du tiers inférieur, développée pour l'entretien des fossés routiers, mais souvent appliquée pour l'entretien des cours d'eau agricoles;
- Les phytotechnologies, utiles pour des travaux de stabilisation de berge;
- Les techniques parallèles pouvant être intégrées aux travaux d'aménagement de cours d'eau, dont l'utilisation est peu répandue au Québec, mais qui constituent une option stable, durable et écologique.

5.3.1 Mesures de mitigation à mettre en place lors des travaux

Au Québec, la plupart des travaux réalisés dans les cours d'eau sont associés à l'érosion et à l'efficacité du drainage des terres environnantes. Les berges sont ainsi souvent retravaillées pour diminuer la pente ou stabilisées, essentiellement par enrochement. Les cours d'eau sont approfondis pour tenter d'améliorer les performances en matière de drainage. Ces travaux, généralement réalisés par une pelle mécanique, impliquent la mise à nu des sols durant la période des travaux et génèrent des sédiments. L'essentiel des mesures de mitigation vise donc à éviter le transport de sédiments lors des pluies, à capter les matières mises en suspension dans l'eau et à recouvrir les sols dénudés. Ces mesures visent aussi à protéger les écosystèmes aquatiques, notamment, les poissons et autres espèces en présence, à plus forte raison s'il s'agit d'un habitat potentiel pour des espèces en péril, menacées ou vulnérables.

La période de travaux doit également être cohérente avec la montaison des poissons, les périodes de frai et les différentes époques stratégiques pour le maintien de la qualité des écosystèmes. Afin d'éviter toute contamination par des huiles chimiques, il est également conseillé d'utiliser de l'huile végétale biodégradable dans la machinerie.

5.3.1.1 Mesures de contrôle de l'érosion en chantier

Avant de planifier les mesures de contrôle de l'érosion, il faut connaître le terrain : les pentes, les cours d'eau et les fossés, la direction de l'écoulement, le type de sol, la sensibilité du milieu récepteur, etc. Il faut ensuite évaluer comment éviter les impacts des travaux sur le milieu hydrique pour en arriver à l'utilisation de mesures de protection contre l'érosion. Une bonne méthode de travail diminue considérablement le besoin de mesures d'atténuation (ministère des Transports du Québec, 2008).

Les mesures à mettre en place dépendent ainsi de la nature des travaux et des caractéristiques du terrain. Selon le cahier des normes environnementales du MTQ (ministère des Transports du Québec, 2008), lorsqu'il s'agit de protection contre l'érosion, on propose les principes suivants :

- Conserver le couvert végétal sur les bandes riveraines jusqu'au moment des travaux dans le milieu hydrique;
- Limiter l'ampleur des surfaces sensibles à l'érosion;
- Limiter les périodes d'exposition des sols remaniés et non stabilisés;
- Contrôler les eaux (direction et vitesse);
- Intercepter et récupérer les sédiments;
- Procéder à la stabilisation permanente des sols et des cours d'eau au fur et à mesure de l'achèvement des travaux ou appliquer des mesures de stabilisation temporaires;
- Appliquer des mesures de protection particulières pour la suspension d'un chantier pour l'hiver;
- Prévoir un délai pour le démantèlement ou l'entretien de certains ouvrages de protection contre l'érosion à la fin d'un chantier, par exemple, des barrières à sédiments laissées en place jusqu'au printemps suivant et l'entretien postconstruction de bassins de sédimentation.

Plus particulièrement, les techniques suivantes peuvent être mises en place (Bioflia, 2010) :

- **Stabilisation des voies d'accès et des surfaces de travail** : il est souvent préférable de localiser les accès au chantier et les aires de manœuvre. Les endroits où la machinerie circule régulièrement devraient être stabilisés, et les voies d'accès devraient être remises à l'état naturel à la fin du chantier. La MRC est d'ailleurs tenue de remettre les lieux en état en vertu de l'article 7 de la LCM;
- **Gestion des déblais** : il est recommandé de prévoir un endroit sur le chantier pour entreposer les matériaux loin du cours d'eau ou d'un fossé de drainage;
- **Confinement des sédiments** : les amoncellements de déblais peuvent être recouverts d'une toile imperméable ou entourés de barrières à sédiments. Les barrières à sédiments sont en tissu géotextile, en boudin de rétention ou en ballots de paille. Dans les rivières ou les plans d'eau plus profonds, il est aussi possible d'utiliser un rideau de turbidité, souvent plus efficace et plus facile à mettre en place que des barrières à sédiments;
- **Collecte et filtration des eaux de ruissellement** : pour éviter que les eaux de ruissellement érodent les zones mises à nu et mobilisent les sédiments à l'extérieur du chantier, dans le réseau hydrographique, les eaux de ruissellement peuvent être dérivées à l'écart de la zone des travaux en aménageant des fossés temporaires au pourtour de la zone des travaux.

Les eaux de ruissellement souillées doivent être collectées et filtrées dans des bassins de sédimentation ou d'infiltration d'une dimension permettant un séjour de l'eau suffisamment long pour forcer la sédimentation des particules et les intercepter avant que les eaux soient évacuées à l'extérieur du chantier de construction;

- **Revégétalisation** : les endroits remaniés devraient être revégétalisés dès la fin des travaux. Au-delà de la période de croissance des végétaux, l'ensemencement peut être recouvert de paillis ou de matelas antiérosion;
- **Échéancier et exécution des travaux en phases** : lors de gros travaux, lorsque possible, il est préférable de réaliser les travaux en plusieurs phases, afin d'éviter de gérer les impacts liés à la mise à nu d'une grande superficie de sol;
- **Plan de gestion des eaux de ruissellement et de remaniement des sols** : pour les projets d'envergure, il est conseillé de préparer un plan de façon à prévoir et localiser les méthodes de contrôle de l'érosion durant les phases des travaux en fonction des caractéristiques et des éléments sensibles du site. Ce travail peut être effectué par un professionnel compétent en la matière.

Des fiches techniques du MTQ détaillent les principales techniques de contrôle de l'érosion, comme les bassins de sédimentation, les matelas antiérosion, l'ensemencement et autres. Il est aussi fortement recommandé d'effectuer un suivi étroit des mesures de mitigation prévues en regard des prévisions météorologiques, car malgré le meilleur plan de gestion, c'est parfois un aspect négligé par les entrepreneurs lors de l'exécution des travaux, et il y a souvent des ajustements à apporter tout au long des travaux (Gagné, 2009).

5.3.1.2 Période des travaux

Pour éviter un impact direct sur le frai des poissons, les travaux doivent être effectués préférentiellement en dehors de leur période de reproduction. Cette période varie beaucoup selon les espèces présentes dans le cours d'eau et la région. Il faut ainsi communiquer avec la direction régionale du MFFP pour déterminer la période où il est préférable que les travaux se réalisent.

Au Québec, il est difficile de cibler les meilleures périodes de travaux. Au printemps, les hauts niveaux d'eau compliquent les travaux et obligent souvent à travailler dans l'eau. Le printemps correspond également à la période de reproduction de nombreuses espèces de poissons. En été, particulièrement durant les périodes d'étiage, l'eau est plus chaude et moins chargée en oxygène. Les espèces aquatiques sont ainsi plus fragiles et disposent de moins d'endroits pour se réfugier. Travailler dans l'eau risque alors de perturber profondément les écosystèmes et de mettre en péril de nombreuses espèces déjà fragilisées. Si les cours d'eau intermittents sont à sec, l'impact est alors négligeable.

L'automne et le début de l'hiver constituent souvent la période de prédilection pour les travaux touchant au cours d'eau. Par contre, la situation est plus délicate lorsqu'il y a présence de salmonidés, puisqu'il s'agit de leur période de frai et de montaison; par exemple, c'est le cas de l'omble de fontaine. Si l'automne demeure l'une des meilleures périodes, il est recommandé de faire les travaux par temps sec afin d'éviter que les sols mis à nu s'érodent ou encore que le niveau du cours d'eau monte brutalement à la suite d'une crue pour cause de pluies estivales et automnales, parfois violentes, et ce, particulièrement pour les petits cours d'eau dont le bassin versant a un temps de concentration court.

Généralement, il faut considérer les périodes de frai des différents poissons, mais les travaux ne doivent pas nécessairement être interdits pendant celles-ci. Dans les faits, le choix des périodes de travaux n'a pas de règles précises et doit être traité au cas par cas, en fonction de la spécificité du projet.

5.3.1.3 Habitats fauniques particuliers

Lorsqu'il y a présence potentielle d'espèces en péril, menacées ou vulnérables sur le site des travaux, des exigences supplémentaires peuvent être requises par les autorités gouvernementales. Il s'agira d'éviter de causer leur mortalité directe, d'éviter de nuire à leur reproduction et essentiellement de recréer un habitat qui leur est propice après les travaux. Concrètement, il peut s'agir de recréer un lit de gravier ou un substrat similaire pour une frayère (si la morphologie du cours d'eau s'y prête), de reboiser le site des travaux ou encore de placer des pierres plates au fond du cours d'eau pour la reproduction des salamandres.

5.3.2 Tiers inférieur

La technique du tiers inférieur a été initialement développée pour l'entretien des fossés routiers, mais elle peut très souvent s'appliquer à l'entretien des cours d'eau agricoles.

La méthode du tiers inférieur « consiste à réduire le nettoyage des fossés au strict minimum en n'excavant que le tiers inférieur de la profondeur totale du fossé tout en conservant la végétation en place sur les talus et en effectuant le débroussaillage au-dessus des talus lorsque nécessaire » (MTQ, 2008).

Une étude d'une durée de 2 ans a permis de comparer trois méthodes d'entretien de fossés routiers, soit le tiers inférieur, le tiers inférieur avec seuils et la méthode traditionnelle, qui implique un reprofilage complet du fossé, sur 12 sections de fossés de 200 m de longueur avec 4 classes de pente (3 %, 5 %, 7 % et 10 %) (Monast Robineau, 2008). Cette étude démontre que l'entretien des fossés par la méthode du tiers inférieur s'effectue en deux fois moins de temps et génère environ 3 fois moins de volume de déblais que la méthode traditionnelle. De plus, après les travaux, il y a beaucoup moins d'érosion dans les sections de fossés entretenues avec les techniques du tiers inférieur (tableau 5.3.1).

Tableau 5.3.1

Volume de sédiments érodés (en m³) Sections de 200 m, till de Lennoxville, Estrie 2005-2006.

Pente moyenne	Tiers inférieur	Tiers inférieur avec seuils	Méthode traditionnelle
3 %	3	2,4	14
5 %	11	6,2	45
7 %	7	1,7	65
10 %	13	16	207

Source : Robineau, 2008.

Tableau 5.2.1

Moyenne annuelle des exportations de phosphore et de sédiments pour la période 2000-2003 selon l'utilisation du sol pour l'ensemble du bassin versant de la rivière aux Brochets.

	Méthode	
	Traditionnelle	Tiers inférieur
Nettoyage du fossé		
Temps moyen – Nettoyage	4 h 39 min	2 h 49 min
Taux horaire – Nettoyage ¹⁰	90,00 \$	90,00 \$
Coût total – Nettoyage – section de 200 m	418,50 \$	253,80 \$
Chargement du camion – camion de 15 tonnes – distance parcourue de 20 km		
Nombre moyen – Chargement	14,6	4,9
Quantité totale chargée	219 tonnes	73,5 tonnes
Coût unitaire – Chargement (/km) ¹¹	8,88 \$	8,88 \$
Coût total – Chargement	1 943,84 \$	652,39 \$
Coût total – Nettoyage et chargement – section de 200 m	2 362,34 \$	906,19 \$
Coût total par kilomètre de fossé nettoyé	11 811,72 \$	4 530,93 \$

Source : Données adaptées de Gagné, 2008

Note : Le débroussaillage peut être nécessaire avant de procéder au nettoyage. Dans le cas de la méthode du tiers inférieur, le débroussaillage peut être plus fréquent. En considérant un coût moyen de débroussaillage de 100 \$/h² et une vitesse moyenne de débroussailluse de 4 km/h, le coût du débroussaillage revient à 25 \$/km. Donc, même un rapport de deux passages (pour le tiers inférieur) pour un passage (pour la méthode traditionnelle) l'économie réalisée par la méthode du tiers inférieur) reste très notable.

Il est préférable d'entretenir les cours d'eau aménagés selon la méthode du tiers inférieur si les pentes des talus sont stables, si la largeur du cours d'eau au fond est adéquate et si l'accumulation de sédiments ne dépasse pas déjà le tiers de la profondeur du cours d'eau.

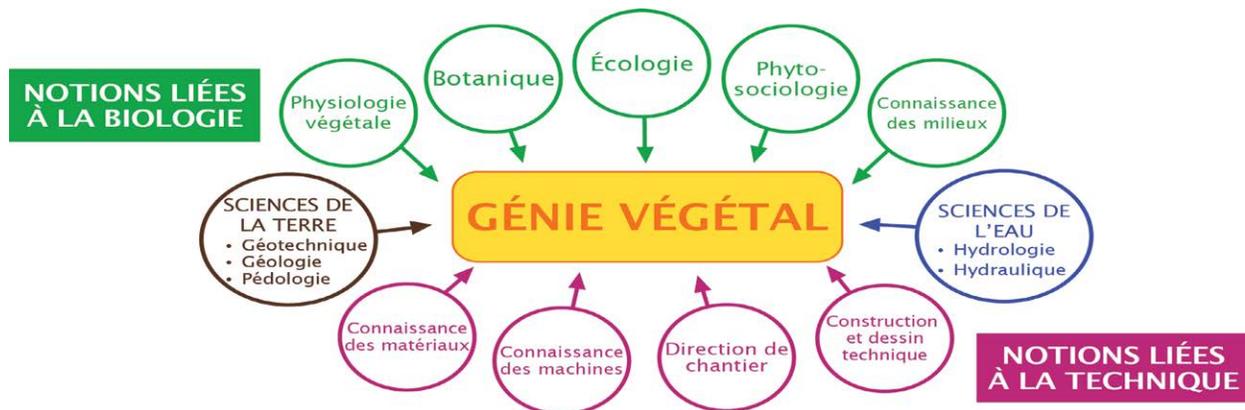
5.3.3 Les phytotechnologies

Les travaux dans les cours d'eau impliquent souvent la stabilisation des berges. Les phytotechnologies, ou le génie végétal, sont l'utilisation des végétaux en protection et stabilisation des sols (Lachat, 1999). Comme illustré à la figure 5.3.1, les phytotechnologies impliquent la mise en commun de diverses expertises.

Il faut avant tout connaître la source du problème. S'agit-il, par exemple, de la simple érosion de la berge externe d'un méandre, s'agit-il d'une érosion plus généralisée à la suite de l'incision du lit ou s'agit-il plutôt d'une érosion accrue à la suite d'interventions ailleurs dans le cours d'eau (dragage, redressement, etc.)?

Figure 5.3.1

Les fondements du génie végétal.



Il est important d'observer comment certaines formations végétales riveraines naturelles s'adaptent à des conditions précises d'écoulement. Le génie végétal vise à reproduire, au moyen de différentes techniques d'implantation, les capacités naturelles des végétaux pour résoudre des problèmes d'érosion du sol. Quelles que soient les techniques employées, il est essentiel de bien comprendre la dynamique du cours d'eau avant de les implanter et d'ainsi reproduire des modèles naturels présents et observables à d'autres endroits dans le cours d'eau ou sur des cours d'eau similaires.

Les grands principes à respecter sont :

- **Le confortement du pied de berge** : en choisissant la formule la mieux adaptée au site, au débit et aux vitesses d'écoulement des eaux (fascines de saules ou d'aulnes, fascines d'hélophytes, clé d'enrochement);
- **La végétalisation du talus** : par un enherbement et des implantations d'arbres et d'arbustes.

Les avantages sont :

- La résistance aux forces d'arrachement;
- La grande capacité d'adaptation due à la grande diversité des techniques;
- L'amélioration de l'autoépuration du cours d'eau au niveau des racines;
- L'apport au maintien et à la restauration d'une grande diversité botanique;
- La limitation des coûts.

Les inconvénients sont :

- La résistance de l'ouvrage à la crue de la première année est limitée, le temps que les végétaux prennent racine;
- L'ouvrage ne peut être généralement réalisé qu'en automne ou au printemps, saisons adaptées à la plantation et au bouturage. Des solutions existent néanmoins pour des travaux à d'autres saisons;
- L'entretien de cet ouvrage est capital, surtout les premières années.

Le génie végétal utilise plusieurs techniques, comme :

- L'ensemencement : dispersion de graines herbacées à la volée, par ensemencement pneumatique ou par hydroensemencement;
- La plantation : mise en terre des arbres ou des arbustes;
- La bouture : segment de branche d'un diamètre de 2 à 4 cm et d'une longueur de 40 à 100 cm ayant une forte capacité de rejet (saules, cornouiller, etc.) que l'on plante et qui, en poussant, forme un nouvel arbuste. Il s'agit d'une méthode économique et simple pour la stabilisation des talus et des berges soumises à une érosion faible. Elle permet aussi de maintenir en place facilement les géotextiles biodégradables souvent utilisés pour protéger temporairement la berge pendant que les végétaux s'enracinent;
- Le lit de plants et plançons : des branches d'arbustes ligneux capables de rejeter (saule, aulne, cornouiller) ainsi que des plants à racines nues sont disposés côte à côte, en rangs serrés, dans de petites tranchées étagées sur plusieurs niveaux. Chaque rangée de branches est recouverte avec la terre excavée de la rangée supérieure. Le résultat donne des cordons de végétation horizontaux et parallèles (photo 5.3.1). Les racines se développent et pénètrent rapidement et profondément le sol. Elles ont un effet drainant et stabilisent bien des fonds mouvants. Cette technique permet de reconstituer des berges, même hautes et pentues, après effondrement et est également souvent utilisée en complément d'un enrochement;

(Lachat, 1999)

Photo 5.3.1

Lit de plançons.



Source : Environnement XM Coop et Aubier Environnement Inc. (Deux-Montagnes, Québec, 2014).

- Les fascines d'arbustes ligneux : des fagots de branches vivantes de saule (un ballot de branches attachées ensemble avec du fil de fer) sont fixés par des pieux en pied de berge. Cette technique remplace une clé d'enrochement et permet une stabilisation efficace du pied de berge. On notera sur la photo 5.3.2 que l'arbre en rive opposée, qui créait l'érosion, est encore présent lors des travaux et a été retiré *a posteriori*. Ce retrait permet de laisser à la rivière une zone de liberté et ainsi de limiter les contraintes sur l'ouvrage végétal. Comme c'est le cas sur cette photo, les fascines sont souvent complétées sur le reste de la berge par des lits de branches à rejet;

Photos 5.3.2

Fascines de saules et lits de branches à rejet.



Source : Environnement XM Coop et Aubier Environnement Inc. (Saint-Césaire, Québec, 2012).



Source : www.aquaportail.com.

- Les fascines d'hélophytes : un boudin constitué de plusieurs couches de géotextiles biodégradables en fibre de noix de coco remplis de terre et fixés au pied de berge avec des pieux. Ce boudin est ensuite planté avec des végétaux hélophytes (quenouilles, iris, etc.). Cette technique réservée aux lacs et aux zones d'écoulement fluviales est néanmoins très efficace contre les vagues et esthétique, puisqu'elle permet d'implanter des végétaux peu hauts, ce qui permet de conserver une vue sur le plan d'eau. Cette technique favorise également l'implantation de nombreux habitats fauniques, notamment pour les reptiles, les batraciens et les odonates (libellules), ainsi que pour certaines espèces de poissons en créant des frayères au printemps lorsque ceux-ci sont complètement inondés

Photo 5.3.3

Fascines d'hélophytes (printemps 2014), lac du Moulin à Saint-Bruno-de-Montarville (SEPAQ).



Source : Environnement XM Coop.

- Le tressage : cette protection de pied de berge est réalisée avec des branches de saule vivantes entrelacées autour de pieux enfoncés mécaniquement. Le résultat donne un véritable « mur » végétal capable de résister à l'érosion du pied de talus. Les tressages réalisés avec une seule rangée de pieux peuvent se prendre dans les glaces et réserver certaines surprises lors de la débâcle. En effet, les glaces prises dans l'ouvrage montent en suivant la hausse du niveau d'eau au Québec et peuvent emporter avec elles les pieux et donc détruire l'ouvrage. Cette technique, plus économique que les fascines, doit donc être réalisée soigneusement et reste à éviter dans des zones où un tel phénomène est possible;

Photos 5.3.4

Tressage de saule et lits de branches à rejet. Gauche :



Source : www.genie-vegetal.eu.



Source : Environnement XM Coop, Rivière Richelieu, (printemps 2012).

- Le matelas de branches : le sol de la berge est couvert par des branches de saule alignées côte à côte, fixées, plaquées et maintenues par des pieux de saule et un treillis de fil de fer. Aujourd'hui, cette technique est souvent combinée à l'utilisation d'un géotextile biodégradable de fibre de noix de coco, qui permet de réaliser temporairement la stabilisation du talus et de limiter la circulation des sédiments le temps que les saules s'enracinent dans la berge;

Photo 5.3.5

Matelas de branches.



Source : www.genie-vegetal.eu.

Caissons végétalisés : cette structure est faite de rondins, de préférence en bois imputrescible, et des branches de saule y sont couchées en rangs serrés et recouvertes de terre. Cette solution permet la stabilisation de pentes raides, mais peut être soumise au pourrissement si les travaux ne sont pas correctement réalisés. Les troncs généralement utilisés au Québec sont ceux du cèdre et du mélèze, mais d'autres essences, comme le chêne, peuvent également être utilisées. Une fois la végétation bien implantée, le bois peut pourrir sans nécessairement que la berge soit déstabilisée.

Photos 5.3.6

Caisson végétalisé.



Source : www.sw-environnement.fr



Source : Environnement XM Coop et Aubier Environnement Inc. (Sainte-Adèle, Québec, 2013).

Comme souligné par les auteurs de la plupart des ouvrages de référence, toutes ces techniques nécessitent un entretien et chacune a ses limites. Le choix des végétaux est important, car certains peuvent être nuisibles. Il est inconcevable d'utiliser des essences exotiques, particulièrement si elles sont envahissantes.

Le génie végétal, en plus de résoudre des problèmes d'érosion, permet un retour à une rive naturelle pouvant occuper toutes les fonctions de filtration, d'abri faunique, d'ombrage etc. (voir section 2.3.5). Cela permet d'éviter de mettre en place des structures rocheuses à des endroits où il n'y en aurait pas naturellement.

5.3.4 Les techniques parallèles

Certaines techniques d'aménagement sont peu utilisées au Québec, même si elles ont fait leurs preuves ailleurs dans le monde. Elles pourraient être utilisées pour régler des problèmes comme solutions de recharge d'une façon durable. Par exemple, si l'érosion est causée par la vitesse excessive de la crue de l'eau, la solution traditionnellement apportée est de stabiliser les berges. Toutefois, si le contexte le permet, il est possible de réduire la vitesse de l'eau, et par le fait même sa force érosive, en aménageant des seuils ou des épis.

5.3.4.1 Seuils

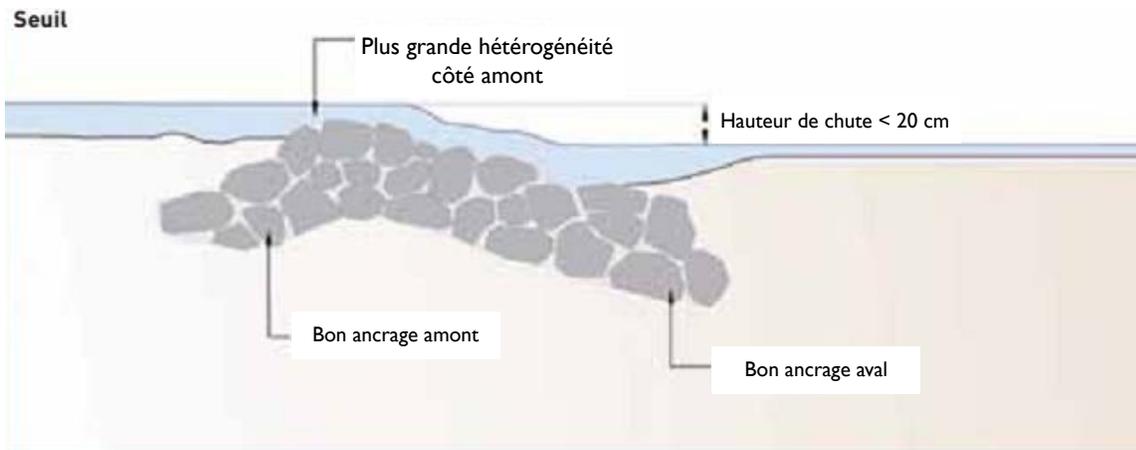
Les seuils sont des ouvrages qui obstruent une partie du lit d'un cours d'eau, ce qui crée une surélévation de la hauteur d'eau en amont. L'eau perd ensuite une partie de son énergie en s'écoulant sur le seuil dans une zone de rapides. Les seuils sont donc généralement suivis d'une zone de dissipation d'énergie.

Leur aménagement peut être une mesure appropriée, et même nécessaire, pour éviter ou limiter des phénomènes d'incision du lit, en particulier sur les cours d'eau des plus puissants qui ont été redressés ou approfondis (Malavoi, 2007). Sur des cours d'eau peu puissants, la réalisation de seuils peut aider à diversifier l'habitat et à « reconnecter » des milieux humides riverains. Ils peuvent être réalisés avec diverses formes de matériaux (blocs d'enrochement, rondins de bois, cages remplies de matériaux inertes, caissons, gabions, etc.).

Comme ils peuvent constituer des obstacles à la migration du poisson, les seuils doivent être conçus en fonction des espèces présentes et demeurer franchissables. En général, la hauteur de la chute doit être la plus faible possible (moins de 20 cm), la pente du seuil doit être faible, et il doit y avoir une succession de zones plus profondes propices au repos. Les ouvrages sont donc souvent constitués de plusieurs paliers ou d'une succession de seuils.

Figure 5.3.2

Seuil.



5.3.4.2 Épis

Les épis sont des ouvrages aménagés perpendiculairement à la berge pour freiner l'érosion ou créer des habitats piscicoles. Ils peuvent contribuer à recentrer et diversifier l'écoulement, les hauteurs d'eau et le substrat du lit du cours d'eau. Ils créent aussi des abris pour les poissons.

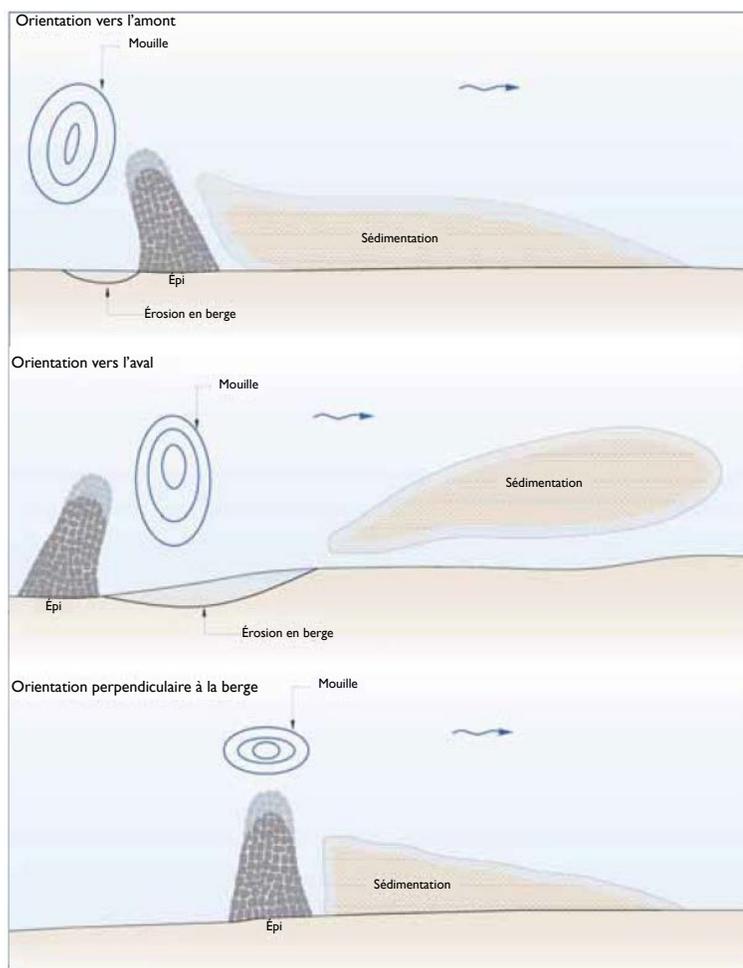
Il existe de très nombreux types d'épis, soit en roche, en troncs d'arbres, en pieux de bois, en caissons, en techniques de génie végétal, etc. Ils peuvent être submergés ou immergés, perpendiculaires ou obliques, selon l'effet que l'on souhaite créer dans la modification de l'écoulement de l'eau. Ils doivent toujours être réalisés en série pour être efficaces.

Les épis rétrécissent localement la largeur du cours d'eau, ce qui occasionne des turbulences qui permettent de créer un lit dont le substrat a une granulométrie diversifiée et une variété d'habitats pour la faune aquatique. Comme les seuils, ces ouvrages peuvent permettre de recréer des zones inondables et de revaloriser des annexes hydrauliques essentielles autant au contrôle des crues ou de l'érosion qu'au maintien de la biodiversité.

Ces ouvrages doivent être implantés avec soin, car ils peuvent augmenter le risque d'érosion et modifier les cotes de crue et la fréquence des inondations s'ils sont mal réalisés.

Figure 5.3.3

Effets produits sur la diversification des substrats ou des hauteurs d'eau liées à l'orientation des épis.



5.3.4.3 Suppression des contraintes latérales

La suppression des contraintes latérales consiste à enlever les ouvrages de stabilisation de berge pour rétablir la dynamique latérale du cours d'eau (Malavoi, 2007). Ainsi, en permettant à nouveau l'érosion des berges, il y a une reprise du transport solide, une création de zones d'érosion et de dépôt dans le cours d'eau et un retour à une dynamique naturelle. Ceci peut aussi permettre au cours d'eau de déborder à nouveau dans sa plaine inondable.

En permettant le retour des méandres en diversifiant la profondeur de l'eau, les vitesses et le substrat du lit du cours d'eau, une diversification des habitats et une augmentation de la biodiversité s'opèrent. En augmentant les interactions avec le milieu riverain et la plaine inondable, il y a également une épuration naturelle de la qualité de l'eau.

Une solution de rechange moins coûteuse que la suppression est la non-intervention. Il s'agit simplement de cesser d'entretenir les structures de stabilisation existantes et d'en éviter l'implantation.

5.3.4.4 Reméandrage

En redonnant à la rivière un parcours plus naturel avec des méandres, la vitesse de l'eau est ralentie. Elle prend ainsi plus de temps pour parcourir la même distance, s'oxygène davantage et favorise le développement des espèces et de la végétation.

Cette technique est adaptée aux cours naturellement sinueux qui ont été redressés sur de longues distances (Malavoi, 2007). Il s'agit de remettre le cours d'eau dans ses anciens méandres, si ceux-ci sont encore identifiables sur les cartes ou le terrain et mobilisables, ou de créer un nouveau cours d'eau sinueux.

Les lois morphologiques connues doivent être respectées pour reproduire l'état le plus naturel possible. Évidemment, ce type de projet implique des coûts énormes, notamment pour le processus d'expropriation des riverains touchés. Cependant, ces coûts peuvent être compensés par des économies d'entretien à long terme ou par une diminution importante des dégâts causés par les crues.

De plus, le reméandrage ne requiert pas systématiquement des travaux importants, puisqu'il peut être l'œuvre du cours d'eau lui-même si ce dernier dispose d'un espace de liberté suffisant ou si des travaux simples, comme des épis, l'aident à retrouver sa forme naturelle. Dans ce cas, les travaux peuvent être peu coûteux et faciles à réaliser.

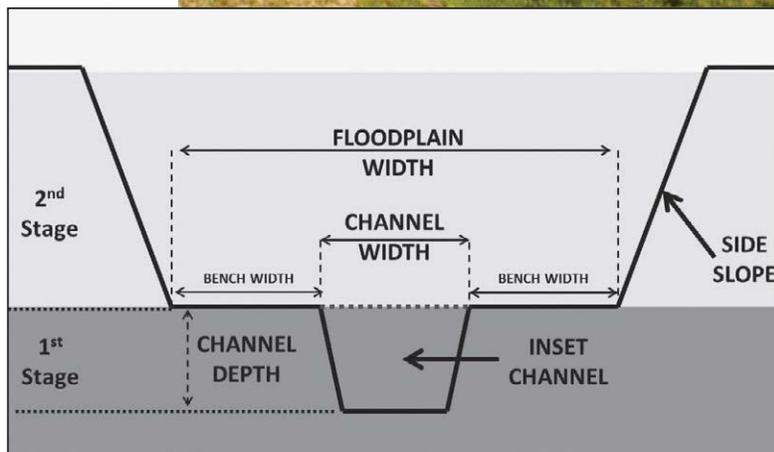
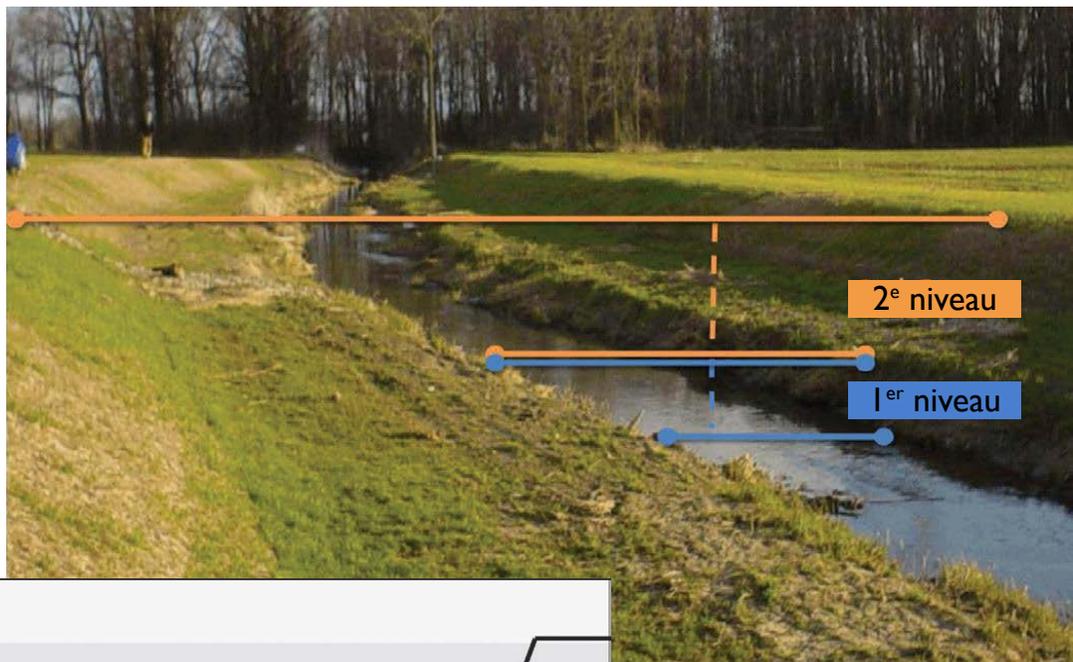
5.3.4.5 Chenaux à deux niveaux

Les cours d'eau agricoles ont été aménagés selon une forme trapézoïdale visant à évacuer un grand volume d'eau (pluie de récurrence de 10 ans) rapidement. Ces cours d'eau sont souvent propices à l'érosion, ne sont pratiquement plus reliés à une plaine inondable et accumulent beaucoup de sédiments.

Le chenal à deux niveaux est un concept d'aménagement de cours d'eau où un petit cours d'eau trapézoïdal est inclus dans un plus grand trapèze, ce qui aménage une plaine inondable. Le premier niveau permet d'évacuer les eaux de surface, alors que le deuxième niveau sert de plaine inondable. Les sorties de drains souterrains doivent être situées au deuxième niveau, ce qui peut représenter une contrainte importante. Le débit étant concentré dans le premier niveau, celui-ci est moins susceptible d'accumuler des sédiments. Lors de crues, l'eau se disperse dans le deuxième niveau, ce qui permet de ralentir l'eau, de limiter la pression sur l'érosion des berges et d'épurer l'eau (D'Ambrosio, 2011).

Figure 5.3.4

Chenal à deux niveaux.



Source : http://agditches.osu.edu/sites/d6-agdrainage.web/files/imce/Tri-state_regional_curve.pdf (adaptation).

Selon le suivi effectué par l'Université Notre-Dame, aux États-Unis (Carrie Vollmer-Sanders, 2012), les avantages sont :

- La diminution des charges de nutriments et de sédiments;
- L'augmentation de la capacité de stockage du cours d'eau lors des crues;
- La diminution des inondations en aval;
- L'amélioration de la stabilité des berges;
- L'amélioration des habitats aquatiques.

Les chenaux à deux niveaux sont particulièrement appropriés en milieu agricole lorsque le bassin versant a une superficie de 2,6 à 26 km², lorsque la pente est faible (moins de 0,5 %) et quand le cours d'eau doit rester rectiligne. Des guides techniques ont été créés, notamment par le ministère de l'Agriculture américain (USDA-NRCS, 2007), et peuvent être consultés avant de concevoir un tel aménagement au Québec.

5.3.4.6 Espace de liberté des cours d'eau

La façon traditionnelle de gérer les cours d'eau implique l'endiguement, le redressement et l'enrochement. On constate aujourd'hui que cela a modifié et perturbé l'équilibre naturel des cours d'eau et que la rentabilité de plusieurs interventions est discutable. Plusieurs situations problématiques liées aux cours d'eau sont vécues un peu partout dans le monde : régression du lit, déstabilisation de ponts ou de ponceaux et impacts écologiques importants (pertes d'habitats et de biodiversité, détérioration de la qualité de l'eau) (Malavoi, 1998).

Les cours d'eau ne sont pas statiques (voir chapitre 3). Ce sont plutôt des systèmes en équilibre dynamique qui s'ajustent constamment dans le temps et l'espace. L'espace de liberté est un concept qui permet de définir un corridor riverain que le cours d'eau peut inonder librement et à l'intérieur duquel il peut méandrer librement. La préservation d'un espace de liberté, qui inclut un espace de mobilité et d'inondabilité des cours d'eau, est un concept de gestion des cours d'eau relativement récent, utilisé notamment par des gestionnaires au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, en Espagne, en France, au Vermont (Kline, et coll., 2010), en Iowa et en Ontario.

Plusieurs méthodes ont été développées pour déterminer l'espace de liberté des cours d'eau maximal, fonctionnel et minimal (Malavoi, 1998). Au Québec, l'équipe de Thomas Buffin-Bélanger, de l'Université du Québec à Rimouski, a développé une méthode de cartographie des risques de crue et d'érosion avec la collaboration du Centre d'expertise hydrique du Québec, selon une méthode géomorphologique (Demers, 2014). L'équipe de recherche pilotée par Pascale Biron (Biron, 2014) a aussi fait l'exercice de déterminer l'espace de liberté de trois cours d'eau au Québec; l'analyse avantage-coût de cette étude a démontré l'intérêt d'implanter cette approche au Québec (Buffin-Bélanger, 2015).

Cette approche concerne plus particulièrement l'aménagement du territoire, mais elle peut être très utile au gestionnaire de cours d'eau pour identifier des endroits bâtis pouvant être menacés par l'érosion et pour mieux prévoir l'implantation d'infrastructures sur le territoire.

5.4 Analyse économique : chiffrer les différentes approches d'intervention

Bien que les MRC réalisent de menus travaux qui consistent à enlever des obstructions, la réalisation de ceux-ci est généralement déléguée aux municipalités par l'entremise d'ententes. Dans ce cas, les coûts sont habituellement absorbés par ces dernières ou répartis selon la volonté de la municipalité concernée.

Les principaux travaux réalisés par les MRC, en réponse aux obligations décrites à l'intérieur de la LCM, sont les travaux d'entretien et d'aménagement. Lorsqu'une MRC décide de donner suite à une demande d'intervention et de procéder à des travaux d'entretien, d'aménagement ou de création en conformité avec l'article 106 de la LCM, la gestion financière de ces travaux devient un aspect important du projet. Les travaux doivent atteindre des objectifs durables sur les plans environnemental et économique. De plus, ils doivent apporter un réel correctif et une solution au problème rencontré.

Le gestionnaire doit être en mesure de justifier les dépenses reliées aux travaux à l'égard de l'administration, des élus et des citoyens touchés ou non par l'intervention. L'un des aspects cruciaux de la gestion financière des travaux d'entretien ou d'aménagement des cours d'eau est l'interprétation de la finalité des travaux : qui en bénéficiera et quels sont les éléments responsables de la situation? Cette analyse permet de mieux conseiller la municipalité concernée relativement à la répartition des coûts des travaux. Cette dernière demeure souveraine dans le choix du mode de répartition des coûts, mais il revient au gestionnaire, dans son analyse économique, de cerner les besoins, de chiffrer les dépenses reliées aux travaux nécessaires et d'établir une prévision des coûts afin d'en planifier la répartition en conformité avec le mode préconisé par la municipalité.

5.4.1 Coûts actuels des travaux d'entretien des cours d'eau agricoles

Les travaux d'entretien de cours d'eau consistent principalement à retirer les sédiments qui s'y sont accumulés. Dans plusieurs régions du Québec, la plupart des cours d'eau agricoles ont déjà été aménagés afin d'améliorer le drainage des terres : les travaux d'entretien sont donc plus répandus dans les zones agricole et périurbaine.

Les travaux d'aménagement étant de nature variable, ils sont plus difficilement catégorisables. En effet, la modification d'un cours d'eau dans sa géométrie, son parcours ou ses composantes est une réponse à une situation particulière. De ce fait, il n'y a jamais eu d'exercice pour comptabiliser les différents travaux possibles en matière d'aménagement. En règle générale, les travaux d'aménagement comportent une modification du prisme du cours d'eau, ce qui implique plus de temps de conception, de surveillance, de matériaux et de main-d'œuvre. Ils sont généralement plus dispendieux que les travaux d'entretien.

Néanmoins, pour tous travaux d'entretien, d'aménagement ou de création, il y a principalement trois (3) types de dépenses admissibles, soit : les frais d'analyse pour services professionnels, les frais d'entrepreneur et les frais administratifs :

- **Les frais d'analyse technique et de service professionnel** : les frais d'analyse technique incluent les dépenses relatives à l'embauche de personnel compétent pour gérer la conception des travaux, les documents d'appel d'offres, ainsi que la supervision et la surveillance des travaux. Actuellement, ces frais comportent des variations en raison du fait que certaines MRC mandatent des consultants externes ou embauchent leur propre ingénieur. Il y a lieu de préciser que la Procédure relative à l'entretien de cours d'eau en milieu agricole (2012, révisée en 2016) n'exige pas formellement de plans signés et scellés par un membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ). Un cahier des charges doit néanmoins être produit pour décrire les travaux à réaliser, les mesures de protection de l'environnement et les clauses administratives. La MRC doit également respecter sa Politique de gestion contractuelle lorsque vient le temps d'octroyer un contrat concernant des travaux d'entretien ou d'aménagement de cours d'eau.
- Le mode de soumission peut aussi influencer le coût des travaux. Plusieurs modes de soumission existent et comportent des avantages et des inconvénients. La soumission selon un taux horaire est normalement la moins dispendieuse, mais elle implique des dépenses plus grandes en surveillance de chantier. La soumission selon un taux unitaire est légèrement plus dispendieuse; toutefois, elle implique moins de dépenses pour la surveillance de chantier. La soumission forfaitaire est normalement la plus dispendieuse, mais elle implique des dépenses limitées en surveillance de chantier, surtout si des plans conformes à l'exécution sont exigés.
- **Les frais d'entrepreneur** : les frais d'entrepreneur incluent l'ensemble des frais engendrés par l'entrepreneur pour réaliser les travaux demandés à l'intérieur des documents d'appel d'offres, notamment : la mobilisation et la démobilitation des équipements, les fosses et les barrières à sédiments temporaires, le profilage du cours d'eau (excavation des sédiments), l'ensemencement, les traverses temporaires, le nettoyage des ponceaux conformes, l'enlèvement des ponceaux non conformes, le transport et le régilage des déblais, les empierrements, l'installation de paillis antiérosion, etc. Lorsque la MRC possède de la machinerie, elle peut procéder elle-même aux travaux en régie interne sans recourir à un contractant.
- La qualité des documents d'appel d'offres et du cahier des charges influencera directement la gestion des travaux sur le terrain ainsi que l'ampleur des coûts d'exécution des travaux. Dans le but d'éviter des coûts supplémentaires, il appartient au personnel technique de la MRC et au consultant, s'il y a lieu, de prévoir l'ensemble des opérations et de les inclure dans les documents d'appel d'offres.
- **Les frais administratifs et les frais d'intérêt** : les frais administratifs sont des frais connexes qui servent à compenser l'ensemble des opérations administratives effectuées par la MRC qui ne sont pas directement reliées aux travaux. Ces frais se justifient en fonction du temps que le personnel administratif consacre à un dossier et peuvent inclure notamment les tâches suivantes :

- La coordination du dossier d'intervention;
- La rédaction de résolution ou de règlement;
- La gestion des documents d'appel d'offres et des frais de publication;
- Le paiement et la gestion des factures, retenues, etc.

Il appartient à la MRC de déterminer, par un règlement général de quote-part ou par un règlement de tarification, la façon dont elle facturera ses frais administratifs aux municipalités concernées, que ce soit en pourcentage, en taux horaire ou de toute autre façon qu'elle juge appropriée et qui est prévue par la loi. Initialement, la MRC assume l'ensemble des coûts définis précédemment. Une fois l'objet du contrat signé avec l'entrepreneur réalisé et conforme, la MRC répartit les coûts sous forme de quote-part aux municipalités concernées, selon la répartition qu'elle a elle-même prédéterminée à l'intérieur d'un règlement de quote-part général ou particulier. Certaines MRC prennent ces coûts à leur compte pendant une longue période. Dans certains cas, elles doivent acquitter des frais d'intérêt qui sont dès lors ajoutés à la quote-part définitive envoyée aux municipalités concernées.

Les données financières disponibles, exemple de la Montérégie

En réponse à l'introduction de la Procédure relative à l'entretien de cours d'eau en milieu agricole (2012), les gestionnaires de cours d'eau de la Montérégie ont voulu connaître l'impact des mesures de protection environnementale demandées lors des travaux d'entretien. Bien que les données recueillies n'aient pas confirmé ni infirmé l'hypothèse selon laquelle les bonnes pratiques environnementales augmentent le coût des travaux d'entretien, elles ont néanmoins permis d'amorcer une réflexion.

De 2007 à 2012, les statistiques relatives aux travaux d'entretien de cours d'eau en Montérégie ont été compilées, ce qui a permis d'observer certaines tendances. Il est important de les considérer pour ce qu'elles sont, soit des exemples réels de coûts pour une région donnée; les données sont brutes et n'ont pas été soumises à des analyses statistiques. Le tableau 5.4.1 présente ces coûts, qui peuvent varier d'une région administrative à l'autre.

Tableau 5.4.1

Frais relatifs aux travaux d'entretien de cours d'eau agricoles.

Coût par mètre linéaire

Type de dépense	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Services professionnels	5,98 \$	5,27 \$	6,80 \$	7,72 \$	4,56 \$	4,36 \$
Entrepreneurs	8,42 \$	9,48 \$	14,28 \$	10,49 \$	12,93 \$	15,13 \$
Frais administratifs	0,66 \$	0,52 \$	0,87 \$	0,92 \$	0,60 \$	0,55 \$
TOTAL	15,06 \$	15,27 \$	21,95 \$	19,13 \$	18,08 \$	20,04 \$

Source : Données provenant des MRC de la Montérégie. À titre d'exemple seulement.

Environ 25 % du coût total d'un projet est destiné au consultant ou au personnel technique en place pour l'analyse du dossier et la surveillance de chantier, et près de 71,5 % de l'argent dépensé est destiné au paiement de l'entrepreneur pour la réalisation des travaux d'entretien en conformité avec les exigences ministérielles. On note une certaine fluctuation du coût total des travaux entre 2007 et 2012. Annuellement, le coût des interventions variera en fonction du coût de la vie, du prix du carburant et des divers frais afférents.

L'exemple de la Montérégie est pertinent, puisque les travaux d'entretien y sont fréquents. En effet, la prédominance de l'agriculture, la pression urbaine sur des cours d'eau aménagés selon des critères agricoles, les milieux naturels peu nombreux et l'augmentation des événements de précipitation sont des facteurs qui favorisent le maintien, si ce n'est l'augmentation des interventions décrétées par les MRC sur les cours d'eau. De plus, la densification de la population québécoise en Montérégie laisse présager un conflit d'usage à court terme en fonction de la diminution grandissante des milieux naturels.

Perspectives économiques, exemple de la Montérégie

La perception selon laquelle les travaux d'entretien de cours d'eau agricoles constituent une pratique courante, banale et efficace contre les pertes de sols dans un bassin versant donné est répandue. En réalité, les travaux d'entretien sont une solution de dernier recours pour rétablir l'écoulement fluide d'un cours d'eau.

La moyenne des frais augmente généralement année après année. Dans un cas typique mais fictif, il y a une hausse annuelle de 0,75 \$ le mètre linéaire des travaux d'entretien. La longueur des travaux d'entretien est estimée à 1000 m linéaires dans un bassin versant composé de 90 % de terres agricoles, 9 % de zones résidentielles et 1 % de surface boisée. La forte occupation agricole ajoute une variable à l'équation, soit celle de l'argent remboursé par l'État par l'entremise des taxes foncières. En effet, le MAPAQ procède aux remboursements des interventions dans les cours d'eau pour tous les producteurs enregistrés. Ce remboursement est effectué généralement au même taux de remboursement que les taxes foncières agricoles.

La politique du MAPAQ est de rembourser les travaux de cours d'eau portés au compte des taxes municipales, pour lesquels un règlement de taxation a été adopté par la municipalité préférablement avant leur tenue. Le producteur doit satisfaire les [conditions d'admissibilité](#) pour obtenir ce crédit de taxes foncières, notamment : être enregistré auprès du MAPAQ, avoir acquitté sa cotisation à l'UPA, respecter le critère d'écoconditionnalité, avoir généré un revenu agricole brut minimal de 5000 \$ et avoir généré un revenu agricole brut annuel d'au moins 8 \$ par 100 \$ de valeur foncière admissible.

Sans remettre en cause ce financement, mais puisqu'il y a un prix collectif aux interventions dans les cours d'eau, il y a lieu de s'attarder au fait qu'une partie du financement provenant de l'État pourrait être investi dans des mesures préventives et dans l'aménagement ou le maintien de bonnes pratiques agricoles conformes aux principes d'écoconditionnalité, décrites à la section 5.3.

La pérennité estimée des travaux d'entretien de cours d'eau agricoles est de 10 à 30 ans, en fonction de facteurs propres aux caractéristiques du cours d'eau : son tracé, sa pente longitudinale, ses débits de pointe, son gabarit. D'autres facteurs, comme le type de sol, l'intensité des usages, la qualité des travaux d'entretien réalisés précédemment et la gestion des obstructions (obstructions ponctuelles, traverses, ponts) entrent aussi en considération.

Les coûts d'intervention pour un même cours d'eau sont plus élevés si l'intervention est répétée tous les 10 ans comparativement à si elle est espacée de 20 ou 25 ans. Il devient donc intéressant de miser sur les facteurs qui permettent d'espacer les travaux dans le temps.

D'un point de vue économique, l'argent investi dans les mesures préventives permet de réduire les dépenses des producteurs agricoles, de l'État et de l'ensemble des citoyens touchés par les travaux. Ce principe peut sembler fort simple et évident, mais les incitatifs financiers sont nettement insuffisants pour permettre la mise en œuvre, à grande échelle, de mesures préventives de conservation des sols, d'aménagements d'ouvrages hydroagricoles ou pour favoriser les bonnes pratiques culturales.

5.5 Barrages de castor

De toutes les espèces animales, le castor est celui qui, par l'aménagement de barrages en milieu aquatique, modifie le plus son environnement. La diminution du piégeage et l'augmentation de l'exploitation forestière ont largement favorisé l'accroissement des populations de castors au Québec. De nombreuses régions sont ainsi aux prises avec des situations problématiques reliées à l'aménagement de l'habitat par le castor.

La gestion des cours d'eau nécessite de nombreuses interventions relatives à l'obstruction d'un cours d'eau par un barrage de castor, qui peut entraîner l'inondation d'infrastructures de transport ou de propriétés, la baisse du niveau d'eau en aval, la modification de la géomorphologie et de l'hydrologie des cours d'eau et la création de milieux humides. La rupture d'un tel barrage peut entraîner une succession de graves problèmes. La jurisprudence atteste des situations qui ont causé des sinistres ayant parfois mis en péril la sécurité des biens ou des personnes (voir section 1.7.1).

5.5.1 Écologie du castor

Le castor est le plus gros rongeur en Amérique du Nord. Il est présent partout au Québec, à l'exception de l'extrême nord, surtout dans les régions boisées, mais aussi en terrains découverts où les cours d'eau sont bordés d'arbres et d'arbustes feuillus.

Les castors s'accouplent pour la vie. Une portée comporte en moyenne trois ou quatre petits, qui naissent en mai ou juin. Les jeunes restent avec leurs parents jusqu'à l'âge de deux ou trois ans, avant de migrer pour fonder une nouvelle colonie. Cette migration peut s'étendre sur jusqu'à 250 km.

Comme c'est une espèce essentiellement aquatique, le castor bénéficie d'une certaine protection de son milieu. Cependant, lors de la recherche de nourriture, il peut être la proie

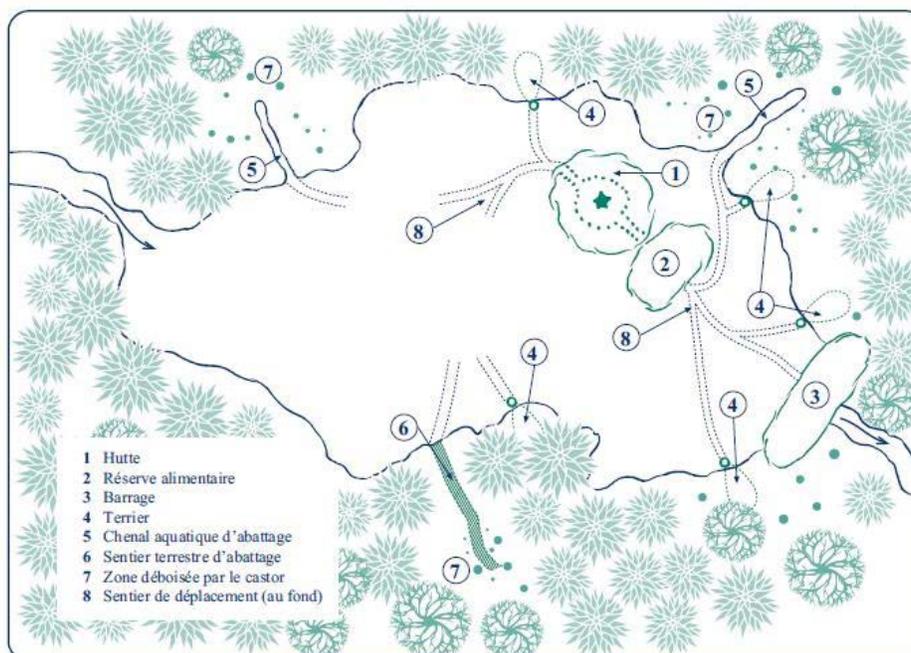
des loups, coyotes, ours, lynx ou carcajous. Les loutres peuvent également s'attaquer aux petits en entrant dans la hutte.

Le régime alimentaire du castor varie en fonction des saisons. Les plantes ligneuses seront consommées durant l'hiver, tandis que l'été, les plantes graminées, les herbes, les feuilles de plantes ligneuses, les fruits et les plantes aquatiques sont la base de son alimentation.

Constitué de branches, de boue, d'herbes et de pierre, le barrage, principal aménagement de son habitat (figure 5.5.1), permet à l'animal de hausser le niveau d'un cours d'eau. Les étangs habituellement créés permettent au castor de circuler sous la glace et d'emmagasiner sa nourriture pour la période hivernale. Du même coup, la hausse du niveau de l'eau augmente son domaine aquatique et lui permet d'accéder à de la nourriture (espèces ligneuses et herbacées) en toute sécurité, tout en lui permettant un accès facile à sa hutte. Le castor étant très vulnérable sur la terre ferme, la qualité et la superficie de l'habitat aquatique créé auront un impact direct sur la vigueur et la survie de la colonie, qui peut compter de 2 à 12 individus (Fortin, et coll., 2001).

Une famille de cinq ou six castors peut avoir besoin d'un demi-hectare densément boisé de peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*) pour constituer sa réserve de nourriture hivernale. En commençant par la berge, ils peuvent s'éloigner à plus de 125 m de l'étang pour couper des arbres et des arbrisseaux.

Son abri peut être un simple terrier creusé dans la berge ou une hutte construite dans un étang ou sur une berge. Les entrées de cette hutte sont situées sous l'eau. Normalement, une réserve alimentaire constituée d'aliments ligneux, communément appelée amas, est aménagée près de la hutte, sous l'eau, afin de permettre son accès durant l'hiver (Service canadien de la faune, 1993).



Source : Fortin, et coll. (2001).

Figure 5.5.1

L'habitat du castor.

5.5.2 Aspects légaux

Au Québec, le castor, comme toute espèce faunique, bénéficie d'une protection dans le cadre de lois et de règlements. La Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune protège, entre autres, le castor. Or, certaines clauses encadrent des interventions possibles afin de régulariser des situations problématiques. Le castor est considéré comme un animal à fourrure pouvant être piégé selon des méthodes précises et des dates déterminées par des règlements (voir section 1.3.3).

Le règlement relatif à l'application de la LQE (RLRQ, c. Q-2, r. 3) précise des interventions permises sans l'obtention d'un certificat d'autorisation. Les différents aménagements de contrôle du niveau de l'eau, l'aménagement de prébarrage et le démantèlement de barrages sont quelques exemples relatifs à la gestion du castor (voir section 1.3.2).

5.5.3 Gestion de la déprédation du castor

La déprédation concerne l'action de l'animal qui cause des dégâts à des propriétés ou à des biens. La gestion de la déprédation vise à empêcher le castor de causer de tels dommages et nécessite souvent la capture de l'animal, quoiqu'il y ait des solutions de rechange lorsque la cohabitation est possible.

La capture du castor est permise, mais il est obligatoire d'obtenir préalablement un permis à cette fin. Deux types d'autorisations sont possibles : le permis de piégeage professionnel, délivré aux détenteurs du certificat de piégeur, et le permis scientifique, d'éducation et de gestion de la faune (SEG). Ce permis n'est pas une solution automatique, car le ministre se réserve le droit de le délivrer. Le demandeur doit préalablement tenter d'empêcher l'animal de causer des dégâts ou de l'effaroucher. Advenant que cela ne donne pas les résultats escomptés, un permis pourra être délivré par le MFFP.

Le permis de piégeage professionnel est encadré par des [périodes déterminées](#).

En dehors de ces plages, on ne peut pas piéger le castor. De plus, les méthodes et le type d'engins sont aussi soumis à des obligations réglementaires.

Le permis SEG peut être obtenu à des fins de gestion de la faune. Ce permis autorise une personne ou un organisme travaillant dans ce domaine à déroger, sous certaines conditions, à un ensemble d'interdictions légales ou réglementaires. Le titulaire d'un permis SEG est tenu de respecter les conditions de son permis. Tout manquement à l'une de ces conditions peut entraîner des poursuites judiciaires pouvant mener à une condamnation et à une amende (MFFP, 2014). Dans le cas de la gestion des cours d'eau, l'obtention de ce type de permis, sous le volet de la gestion de la faune, encadre la capture d'animaux inopportuns, permet un prélèvement en dehors des périodes édictées par règlement et définit la méthode à suivre pouvant différer du règlement.

Cette autorisation est nécessaire au bon processus de gestion de la déprédation du castor, qui s'avère essentiel lorsqu'un barrage menace la sécurité des biens ou des personnes. La capture, que ce soit avec un permis de piégeage professionnel ou un permis SEG, peut amener les résultats

escomptés, selon la période de la saison. L'embauche de trappeurs professionnels peut être une solution efficace et rapide. Lorsque l'enlèvement d'un barrage est envisagé, la capture des castors doit être réalisée au préalable. Advenant la seule destruction du barrage, les animaux le reconstruiront sur le cours d'eau ou sur un autre. De ce fait, la solution ne serait que temporaire. Toutefois, les impacts relatifs à un tel démantèlement doivent demeurer raisonnables, c'est-à-dire qu'aucun dragage ou redressement du cours d'eau ne peuvent avoir lieu.

Le castor peut être capturé vivant à l'aide de pièges conçus à cette fin (piège Hancock, cage artisanale, etc.), mais il faut s'assurer que l'habitat dans lequel il sera déplacé se prête à ce type de pratique. En plus de la capacité de support du milieu, les aménagements créés par le castor ne doivent pas causer d'autres problèmes mettant en péril la sécurité des biens ou des personnes.

(voir annexe 5)

5.5.4 Ouvrages de contrôle du niveau de l'eau en présence du castor

L'abondance de castors sur le territoire peut entraîner des coûts de démantèlement et de capture considérables et répétés. Lorsque la situation s'y prête, on peut installer un ouvrage de contrôle du niveau de l'eau. Cet ouvrage consiste à conserver le barrage et la colonie de castors tout en aménageant un système qui permet l'écoulement de l'eau et la protection des infrastructures. Ce type d'installation peut minimiser les interventions lorsqu'il permet une certaine circulation de l'eau tout en conservant la quantité suffisante d'eau pour assurer la survie de l'animal. Certaines installations ont pour seul objectif de protéger les infrastructures (ponceaux, routes, etc.) en favorisant l'aménagement du barrage de castor à un autre endroit ou simplement en limitant le niveau d'eau, soit le volume d'eau susceptible de causer des dommages en aval advenant une rupture du barrage.

L'aménagement de tels équipements a cependant un impact direct sur le cours d'eau : son écoulement sera affecté par un ralentissement marqué de son débit, et le niveau en amont pourrait être plus élevé, ne laissant pas une grande marge de manœuvre lors de pluies diluviennes ou d'un « coup d'eau » rapide. Il faut aussi considérer en tout temps l'occupation de l'habitat. Advenant son abandon, la structure devrait être enlevée et le barrage démantelé afin d'éviter toute rupture soudaine qui pourrait causer de graves dommages en aval. Le *Guide d'aménagement et de gestion du territoire utilisé par le castor au Québec* (Fortin, et coll., 2001) est un ouvrage qui présente plusieurs aménagements de contrôle du niveau de l'eau en présence du castor. Plusieurs ouvrages peuvent être réalisés, mais certains seront efficaces à un endroit précis et s'avéreront inefficaces à d'autres. De plus, ils nécessitent un suivi ponctuel afin d'assurer leur entretien et leur bon fonctionnement. Certaines améliorations ou modifications pourront faire la différence entre le succès ou l'échec de l'aménagement. Il faut tenir compte de la durée de vie des aménagements et du fait qu'ils seront soumis aux aléas de la nature, au niveau d'eau, au courant, aux glaces et aux débris, sans négliger les dommages potentiellement causés par le castor lui-même. Il est donc très important de ne pas lésiner sur la construction d'un tel ouvrage, sa solidité, les matériaux utilisés ainsi que son entretien, car, laissé à l'abandon, il pourrait devenir une obstruction.

5.6 Les bonnes pratiques en matière d'aménagements fauniques

Les cours d'eau et leurs bandes riveraines sont l'habitat de nombreuses espèces animales terrestres, aquatiques ou aviaires (voir section 4.2). Outre la préservation d'espèces sensibles ou dont la présence est représentative de la bonne santé d'un cours d'eau, certains aménagements spécifiques peuvent limiter la prolifération d'espèces déprédatrices (pouvant causer des dommages). L'équilibre entre ces espèces est aussi garant de la compatibilité des écosystèmes avec les activités anthropiques comme l'agriculture ou l'urbanisation. Les aménagements du lit, des berges ou encore de la végétation rivulaire ont un impact direct sur cet équilibre. À bien des égards, il est par conséquent essentiel de prendre en considération la dynamique des écosystèmes riverains et aquatiques dans la réalisation d'aménagements de cours d'eau.

Bien que les MRC et les municipalités n'aient aucune obligation reliée à la mise en place d'aménagements fauniques aquatiques ou riverains, ces derniers peuvent aisément être insérés dans des projets réalisés à l'échelle d'un bassin versant ou d'un sous-bassin versant, par exemple. Cette intégration peut aussi faciliter les échanges entre les MRC et les ministères afin que le projet puisse cadrer avec les grands concepts de la Loi sur la qualité de l'environnement et la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune, notamment. Le partenariat avec les OBV peut aussi être un atout afin de mettre en commun les connaissances. Par ailleurs, ces aménagements sont, pour la plupart, très simples et peu coûteux et peuvent contribuer à l'amélioration de l'habitat des espèces animales présentes sur les rives et dans nos cours d'eau.

La direction de la gestion de la faune du MFFP possède toute l'expertise requise et peut être consultée dans les premières étapes du projet afin d'assurer qu'il correspond aux orientations gouvernementales et que rien n'a été omis.

5.6.1 Aménagements pour la faune terrestre

5.6.1.1 Les grands concepts gagnants

Une bande riveraine en santé

La diversité des espèces végétales herbacées et ligneuses est la clé du maintien ou de l'amélioration de la biodiversité de la faune terrestre en bordure de cours d'eau. La dégradation ou la banalisation des habitats riverains peuvent, par exemple, favoriser des espèces déprédatrices. À l'inverse, ces mêmes espèces peuvent être régulées par des espèces compétitrices ou prédatrices qui dépendent de la qualité et de la diversité des habitats présents en bordure des cours d'eau.

Maintien d'un corridor écologique

Les corridors écologiques sont des liens entre différents habitats d'espèces animales nécessaires à l'accomplissement de leur cycle biologique. Les points d'eau et les cours d'eau sont essentiels à toutes les espèces animales et constituent donc des lieux de passage et d'habitat privilégiés. Le morcellement et la banalisation des habitats peuvent être un frein au maintien de certaines espèces. Il est par conséquent essentiel de bien localiser ces corridors écologiques, de les maintenir, de les améliorer, ou même, en cas de morcellement, de les recréer. En localisant les écosystèmes exceptionnels (milieux humides, écosystème forestier exceptionnel, etc.) à l'aide de cartes écoforestières, de la cartographie des milieux humides obtenue par photo-interprétation ou identifiés dans le cadre d'autres études sur certaines espèces animales, on peut aisément localiser les secteurs où les échanges peuvent être préservés ou améliorés.

Laisser des arbres morts en place

Les arbres morts sont souvent considérés comme un élément disgracieux et inutile, dans les boisés privés notamment. Pourtant, ils sont des habitats privilégiés pour de nombreuses espèces animales. Des insectes décomposeurs y résident, offrant de la nourriture à une multitude d'espèces, et les cavités présentes dans les chicots peuvent aussi servir d'habitat pour de petits mammifères, des oiseaux ou même des chauves-souris.

5.6.1.2 Exemples concrets

Corridors boisés

L'implantation de corridors boisés permet de favoriser le déplacement des espèces animales. La présence de prédateurs permet de réguler les espèces déprédatrices. Afin de reproduire efficacement un écosystème boisé, les arbres de plus grande taille, comme les conifères (pins rouges, épinette noire, épinette blanche, etc.), doivent être plantés au centre, alors que les arbres et arbustes feuillus (tilleul d'Amérique, frêne blanc, amélanchier, sureau rouge, etc.) sont disposés de chaque côté, le plus petit à l'extérieur, afin de recréer une lisière. Bien évidemment, il est essentiel de maintenir les corridors boisés existants avant d'en aménager de nouveaux. L'implantation de corridors boisés est tout indiquée dans la rive d'un cours d'eau. Elle permet ainsi la mixité des espèces et limite l'implantation de végétaux et d'espèces animales invasives. En milieu agricole, le corridor boisé permet également de limiter les ravages par les insectes, leurs prédateurs directs et leurs compétiteurs y trouvant également leur compte.

Implantation d'espaces nourriciers

L'implantation d'espaces nourriciers à proximité des champs agricoles permet de limiter les ravages du cerf de Virginie et d'en favoriser la récolte pendant la période de chasse. Des bandes d'espèces fourragères comme le trèfle et la luzerne combinées avec l'aménagement d'un boisé composé de pommiers, de chênes, d'érables et d'autres arbustes fruitiers permettent d'y concentrer les cerfs. Ces espaces peuvent être rentabilisés par le producteur agricole, qui peut ainsi tirer un revenu de la chasse.

Installation de nichoirs et de perchoirs pour les oiseaux ou les chauves-souris

En l'absence d'arbres morts ou qui dépérissent, certaines espèces d'oiseaux peinent à trouver un lieu de nidification adéquat. L'ajout de nichoirs adaptés peut permettre de favoriser la nidification des passereaux, de rapaces, de canards et même de chauves-souris. Bien entendu, le type d'aménagement (diamètre du trou, localisation) est primordial afin de cibler les espèces recherchées et d'éviter la présence d'espèces indésirables, notamment l'étourneau sansonnet.

Entente de trappage

Bien que le trappage ne soit pas un aménagement faunique en soit, le développement d'ententes entre les propriétaires fonciers et les trappeurs, pouvant être facilité par les MRC ou les municipalités, peut s'avérer une solution pérenne afin de réguler certaines espèces comme le castor ou le rat musqué. Ces ententes permettent aux trappeurs d'accéder à de nouveaux espaces de même qu'aux municipalités de diminuer les frais associés à la gestion du castor, qui peuvent être importants pour les petites municipalités. La Fédération des trappeurs gestionnaires du Québec, en partenariat avec la Fondation de la faune du Québec, a développé un modèle d'entente qui peut servir de modèle exportable à l'ensemble du Québec.

5.6.2 Aménagements pour la faune aquatique

5.6.2.1 Les grands concepts

Variété des faciès d'écoulement et de substrats

Le principe de base pour maintenir le bon état écologique d'un cours d'eau est d'en conserver la diversité des faciès d'écoulement. La succession de rapides, de radiers et de mouilles permet de retrouver différents types de substrats (roches, graviers, sable) qui sont prépondérants dans l'accomplissement du cycle biologique de nombreuses espèces piscicoles. Les berges érodées et creuses forment aussi des habitats de choix pour les poissons qui peuvent s'y réfugier pour se protéger des prédateurs.

Végétation aquatique

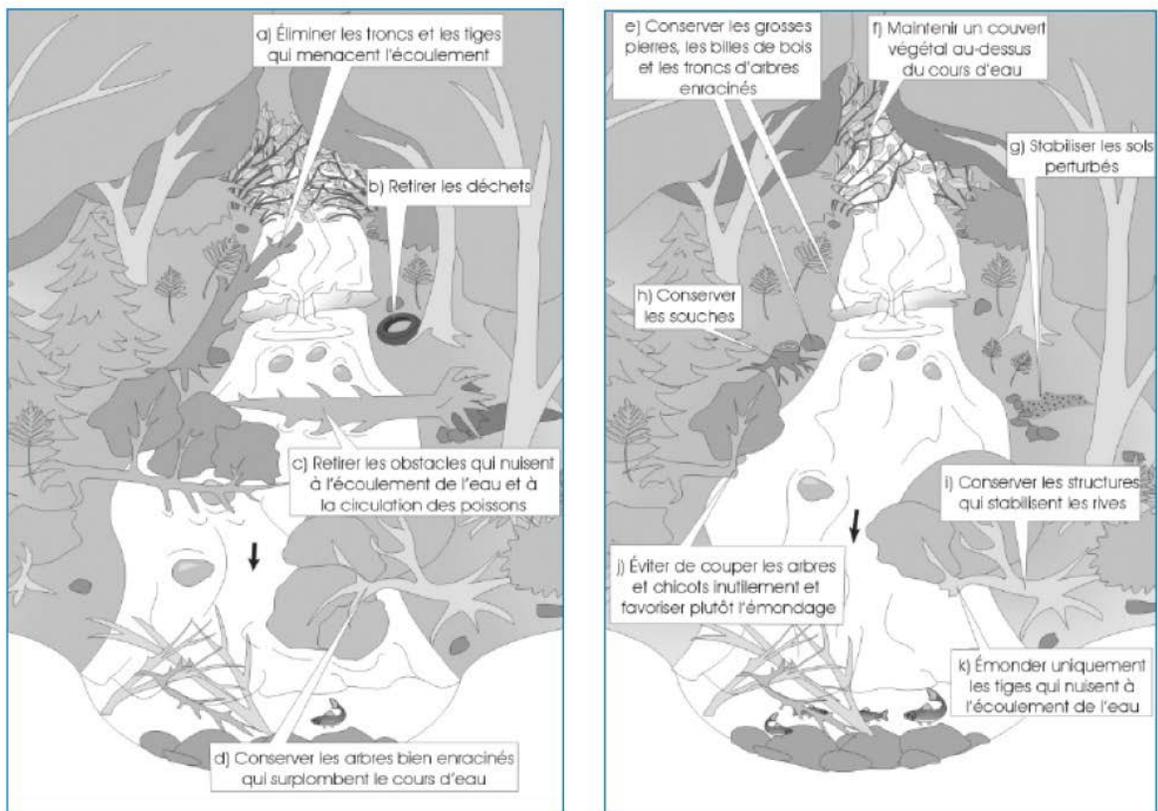
La végétation aquatique sert souvent de support pour la ponte de nombreuses espèces piscicoles, comme les ésofidés et les cyprinidés. Elle peut aussi servir de refuge pour les alevins, afin que ces derniers puissent se développer en profitant des insectes et de la sécurité qu'elle leur offre en les cachant des prédateurs. Son maintien ou son intégration lors d'aménagements est facilement réalisable.

Les branches et les arbres tombés dans le cours d'eau

Cette notion peut sembler contraire à l'obligation pour les MRC de rétablir l'écoulement lorsqu'il y a connaissance d'une obstruction qui menace la sécurité des personnes ou des biens, mais la présence d'embâcles formés d'arbres et de branches a des fonctions essentielles, à la fois pour ralentir l'écoulement, mais aussi comme habitat de reproduction et de croissance de nombreuses espèces, la perchaude notamment. Le retrait des embâcles doit être justifié et répondre exclusivement à l'objectif de rétablir la sécurité des personnes ou des biens.

Figure 5.6.1

Gestion des embâcles de bois.



Source : *Gestion des embâcles de bois mort et analyse du potentiel récréatif de la rivière Neigette, mars 2013 (adapté de la Société de la faune et des parcs du Québec, 2003).*

La figure 5.6.1 illustre le nettoyage des débris ligneux dans un cours d'eau, dans une perspective de gestion intégrée des cours d'eau.

Libre circulation du poisson

La présence d'obstacles le long des cours d'eau (ponceaux, barrage, etc.) limite les déplacements essentiels à l'accomplissement des besoins vitaux des espèces piscicoles (reproduction, alimentation). Ces déplacements sont plus ou moins longs selon les espèces, la saison ou le type d'habitat. Ce paramètre doit être intégré directement dans la phase de conception du projet, ce qui permet d'éviter un réaménagement ultérieur plus coûteux.

L'importance des annexes hydrauliques

Les annexes hydrauliques représentent l'ensemble des milieux humides, bras mort ou anciens méandres dont le lien avec le cours d'eau se fait la plupart du temps en période de hautes eaux. De nombreuses espèces animales dépendent directement de la présence de ces annexes, qui sont de véritables pouponnières pour des poissons comme le brochet, la perchaude, les cyprinidés, mais aussi pour les batraciens, les reptiles et certains oiseaux. Le maintien ou l'amélioration de leur lien avec le cours d'eau est donc une solution simple afin de maintenir la biodiversité de nos cours d'eau.

5.6.2.2 Exemples concrets

Les activités anthropiques ont fortement bouleversé les habitats des différentes espèces aquatiques. Le redressement des cours d'eau, leur élargissement, les endiguements réalisés à l'aide de murs de soutènement ou la mauvaise gestion des fossés sont autant de facteurs limitants qui ont eu un impact direct sur la faune aquatique et ses habitats. Les aménagements suivants, destinés à reproduire certaines fonctions écologiques des cours d'eau potentiellement perdues, doivent se faire avec des efforts soutenus afin de conserver les habitats existants, de maintenir une bande riveraine en santé, d'améliorer la qualité de l'eau et de limiter le transport massif de sédiments ou, plus généralement, d'intrants dans le cours d'eau.

Amélioration des habitats de l'omble de fontaine

Seuils-frayères

L'installation de seuils-frayères pour l'omble de fontaine est effectuée couramment dans les zones d'exploitation contrôlée (ZEC) et les réserves fauniques. Elle est simple et ne nécessite pas de machinerie lourde. Le principe de base est de favoriser ou de recréer l'habitat de reproduction de l'omble de fontaine. Le seuil doit permettre la création d'une retenue d'eau sur une distance d'environ trois à quatre fois la largeur du cours d'eau. En période d'étiage, le rehaussement du niveau d'eau causé par le seuil ne doit pas dépasser le tiers de la hauteur du débit de plein bord du cours d'eau (Fleury et Boula, 2012). En modifiant ainsi les caractéristiques hydrauliques du cours d'eau, le seuil permet notamment d'agencer les faciès d'écoulement propices à la création de frayères et d'alevinage, de diversifier les habitats, de maintenir le matériel (gravier) propice à la fraie et d'améliorer les conditions physicochimiques du cours d'eau au fil des saisons. Les figures 5.6.2 et 5.6.3 illustrent ces aménagements.

Figure 5.6.2

Planification et conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine – vue générale.



Figure 1. Vue générale d'un cours d'eau aménagé à l'aide de seuils pour améliorer l'habitat de l'omble de fontaine.

Source : Fleury et Boula (2012).

Figure 5.6.3

Planification et conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine – conception d'un seuil en roches avec aménagement de frayères.

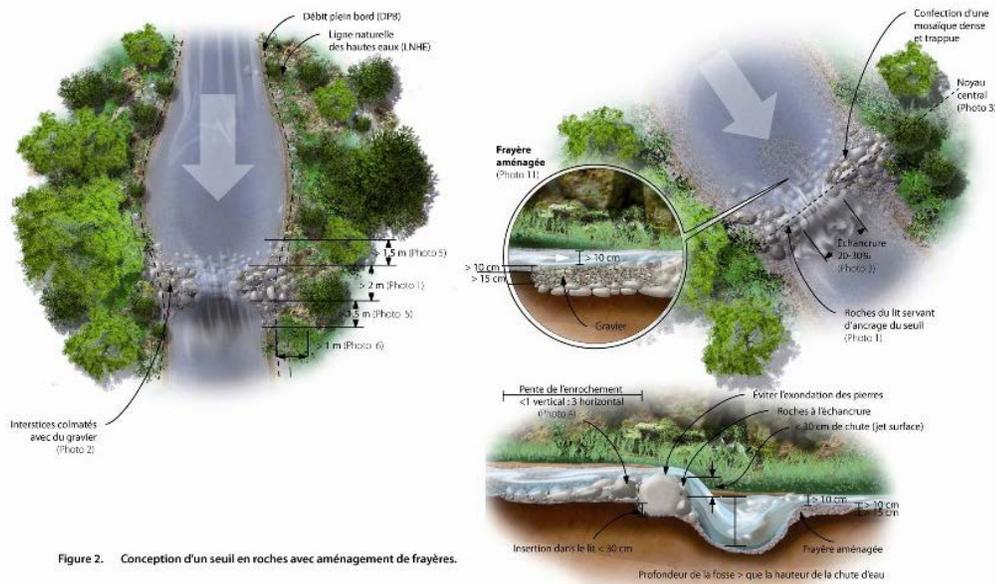


Figure 2. Conception d'un seuil en roches avec aménagement de frayères.

Source : Fleury et Boula (2012).

Aménagement de ponceaux et libre circulation du poisson

Les ponceaux sont souvent liés au cloisonnement de portions de petits tributaires qui font office de lieu de reproduction pour de nombreuses espèces piscicoles. Leur aménagement adéquat permet de limiter leurs impacts sur la circulation des poissons. Il est important de tenir compte du fait que la capacité de franchissement peut varier selon les espèces. Le concept général est d'éviter la formation d'une chute à l'aval du ponceau et le faible tirant d'eau dans ce dernier.

La forme du ponceau détermine les paramètres hydrauliques (vitesse, lame d'eau) qui conditionnent le franchissement par les espèces piscicoles. Les ponceaux carrés ou en arche permettent de conserver une grande section d'écoulement, qui permet de se rapprocher des conditions naturelles du lit du cours d'eau.

Si le ponceau est déjà installé et qu'il ne peut être changé, il est possible d'aménager un seuil à l'aval afin d'y augmenter la lame d'eau et d'en favoriser le franchissement.

Photo 5.6.1

Exemple de ponceau correctement aménagé et permettant la libre circulation du poisson avec une fosse de repos à l'aval.



Source : MTQ, 2014.

Autres aménagements piscicoles

Les petits aménagements piscicoles de diverses natures sont destinés à recréer ou favoriser les habitats de reproduction à l'intention d'une ou de plusieurs espèces.

Ces interventions peuvent être facilement intégrées, par exemple, à un projet d'aménagement de cours d'eau et compenser certaines pertes d'habitats occasionnées par des travaux nécessaires à la sécurité des personnes ou des biens. Souvent, le simple fait d'adoucir la pente des berges dans des cours d'eau aménagés permet de recréer une zone propice au développement de la végétation aquatique servant d'abri et de nourriture à de nombreuses espèces.

En fonction des espèces ciblées, des types d'aménagements simples et peu coûteux permettent d'améliorer l'habitat de reproduction de certaines espèces piscicoles fréquemment rencontrées dans les cours d'eau du Québec (source des illustrations : MFFP).

Perchaude et grand brochet



Ces deux espèces affectionnent particulièrement les annexes hydrauliques de cours d'eau (fossé, délaissés de méandres). L'amélioration des liens entre ces annexes, en plus de jouer un rôle tampon en matière de crues, peut leur permettre de trouver un lieu de reproduction idéal. L'ajout ou le maintien de branches et d'arbres morts sont tout indiqués pour la perchaude, notamment, tandis que le brochet peut frayer dans la végétation submergée lors des crues.

Photo 5.6.2

Rivière Bleury, affluent du Richelieu. Un habitat typique de reproduction du brochet.



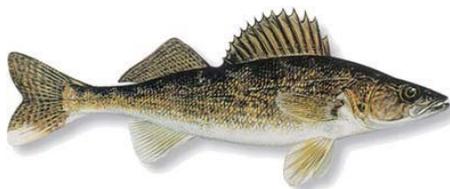
Source : CIME Haut-Richelieu.

Achigan à petite bouche



Les achigans à petite bouche fraient généralement sur les substrats graveleux. Ils construisent un nid, qui peut atteindre 2 m de diamètre à des profondeurs variant de 0,6 à 6 m, généralement protégé par des roches, des billots ou des structures anthropiques comme des piliers de pont (Scott et Crossman, 1974). La vitesse du courant est généralement faible ($< 0,3$ m/s), puisque le nid est construit à l'abri de ces structures. Le gravier, le sable et les cailloux seraient privilégiés pour le dépôt des œufs (Coble, 1975), mais leur diamètre doit rester faible pour que l'aération par le mâle soit efficace (Inslee, 1975). Le frai se produit surtout à des températures autour de 15 °C (Edwards et coll., 1983).

Doré jaune



L'aval de rapides est un habitat tout désigné pour le frai du doré jaune, qui aime les eaux courantes et peu profondes pour y déposer ses œufs. Les tributaires sont souvent des endroits privilégiés pour le frai. Le principe de l'aménagement d'une frayère à doré consiste à disposer des roches à l'aval de rapides ou d'une chute existante où la vitesse de l'eau est comprise entre 0,5 et 1 m/s. Les roches, d'un diamètre de 5 à 20 cm, sont disposées sur une hauteur de 60 cm environ, dans 60 cm à 1,8 m de profondeur, comme illustré dans la figure 5.6.4.

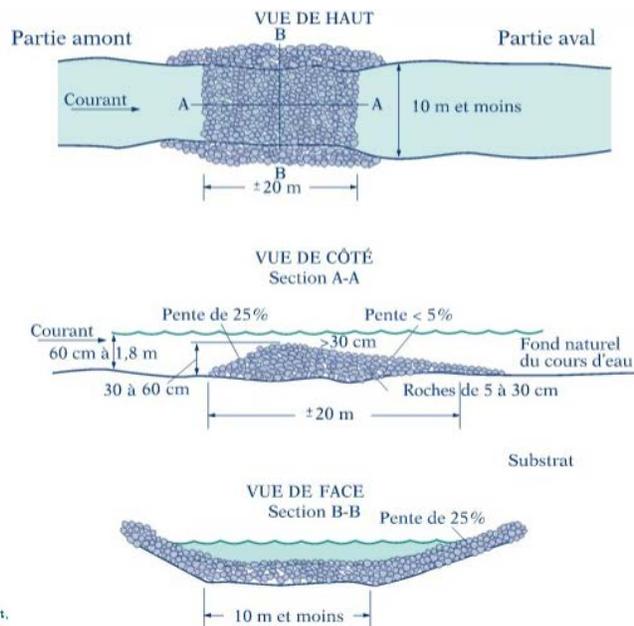


Figure 5.6.4

Aménagement d'une frayère.

Figure adaptée de Raquet, 1990.

Source : Fondation de la faune du Québec, *Guide de planification et d'aménagement pour le doré jaune*.

Références

- Beaudin, I., et coll. 2006. Variabilité spatio-temporelle des exportations de sédiments et de phosphore dans le bassin versant de la rivière aux Brochets au sud-ouest du Québec. Partie I : paramétrage, calibrage et validation du modèle SWAT, .Agrosolutions. Vol. 17, 1, pp. 4-20.
- Biofilia. 2010. Recommandations environnementales liées à la gestion durable des eaux de pluie et au contrôle de l'érosion et de la sédimentation. Québec : Communauté métropolitaine de Québec.
- Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C.-A., Ouellet, M.-A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C. and Eyquem, J. 2014. Freedom space for rivers: a sustainable management approach to enhance river resilience. *Environmental Management*. Vol. 54, 5, pp. 1056-1073.
- Breune, I. 2013. Limitation de zones tampons en milieu agricole. https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Fiche%20Zones%20Tampons_V20130916_WEB.pdf. [En ligne] 2013.
- Buffin-Bélanger, T., Biron, P.M., Larocque, M., Demers, S., Olsen, T., Choné, G., Ouellet, M.-A., Cloutier, C.-A., Desjarlais, C., Eyquem, J. 2015. Freedom space for rivers: an economically viable river management concept in a changing climate. *Geomorphology*. 15 décembre 2015, Vol. 251, pp. 137-148.
- Burns, R.M. et Honkala, B. H. 1990. *Silvics of North America, Agric. Handbook*. Washington : USDA Forest Service, 1990. p. 675. Vol. 1: Conifers.
- D'Ambrosio, J.D., Witter, A.D., Ward. 2011. *Building Better Ditches*. s.l. : Madison: Great Lakes Regional Water Program.
- Demers, S., Olsen, T., Buffin-Bélanger, T., Marchand, J.-P., Biron, P.M. et Morneau, F. 2014. L'hydrogéomorphologie appliquée à la gestion de l'aléa d'inondation en climat tempéré froid : l'exemple de la rivière Matane (Québec). *Physio-Géo*. Vol. 8, pp. 67-68.
- Deslandes et coll. 2007. Influence of landscape and cropping system on phosphorus mobility in the Pike River watershed of Southwestern Quebec: Model parametrization and validation. *Canadian Water Resources Journal*. 2007, Vol. 32, 1, pp. 21-42.
- Éditeur officiel du Québec. 2014. Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune. Publications du Québec. [En ligne] 01 10 2014. [Citation : 21 10 2014.] http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/C_61_1/C61_1.html.
- . Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement. Publications du Québec. [En ligne] [Citation : 23 10 2014.] http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R3.HTM.
- . Règlement sur les réserves de castor. Publications du Québec. [En ligne] [Citation : 23 10 2014.] http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/C_61_1/C61_1R28.HTM.
- Fleury, M. et Boula, D. 2012. Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Mont-Joli (Québec) : ministère des Pêches et des Océans du Canada.
- Fortin, C., Laliberté, M. et Ouzilleau, J. 2001. Guide d'aménagement et de gestion du territoire utilisé par le castor au Québec. Ste-Foy : Fondation de la faune du Québec.
- Kline, M. et Cahoon, B. 2010. Protecting River Corridors In Vermont. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, Vol. 46, 2, pp. 227-236.

- Lachat, B. 1999. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. s.l. : ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DIREN Rhone Alpes.
- Le contrôle de l'érosion et des sédiments en chantier. Conférence de Gagné, J. 2009. Cowansville : s.n..
- Malavoi, J.-R. et Adam, P. 2007. Les interventions humaines et leurs impacts hydromorphologiques sur les cours d'eau. Ingénieries, 50, p. p. 35 à 48.
- Malavoi, J.-R. 1998. Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. Guide technique 2. s.l. : Bassin Rhone Méditerranée Corse.
- . 2007. Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. s.l. : Agence de l'eau Seine-Normandie.
- Michaud, A. R., Deslandes, J., Desjardins, J. et Grenier, M. 2009. Réseau d'actions concertées en bassins versants agricoles : rapport final. s.l. : IRDA. 155 pages.
- Michaud, A., et coll. 2009. Gestion raisonnée et intégrée des sols et de l'eau (GRISE) : rapport final., s.l. : Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA). 87 pages.
- Michaud, A., et coll. 2006. Variabilité spatio-temporelle des flux de sédiments et de phosphore dans le bassin versant de la rivière aux Brochets, au sud du Québec. Partie II : évaluation de l'effet de scénarios agroenvironnementaux alternatifs à l'aide de SWAT. Agrosolutions. 2006, Vol. 17, 1, pp. 21-32.
- ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, janvier 2012, Directives techniques de la modification des cours d'eau et des terres humides, Direction de développement durable, planification et évaluation des impacts.
- ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs du Québec. 2014. Permis et autorisations. Forêt, Faune et Parcs Québec. [En ligne] 2014. [Citation : 21 10 2014.] <http://www.mffp.gouv.qc.ca/guichet/permis/permis-information-faune.jsp?ID=5454>.
- ministère des Transports du Québec. 2008. L'environnement dans les projets routiers du ministère des Transports du Québec. s.l. : Publications du Québec.
- ministère des Transports, Direction des structures. 2004. Manuel de conception des ponceaux. Québec : s.n..
- Monast Robineau, Pascal. 2008. Évaluation environnementale et économique de la méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés routiers. Sherbrooke : Université de Sherbrooke.
- Parent, V. (supervision : Buffin-Bélanger, T.; cosupervision : Nozais, C.), 2013, Trajectoire morphologique de la rivière Bonhomme-Morency, maîtrise en géographie, UQAM-UQAR.
- Service canadien de la faune. 1993. La faune de l'arrière pays - Le Castor. s.l. : Environnement Canada.
- UPA St-Hyacinthe, IRDA, Agence géomatique montréalaise GéoMont, MAPAQ Montérégie-Est, Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est, du Canada, Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska, Université de Sherbrooke (géomatique appliquée) . 2007. Diagnostic de l'érosion dans deux bassins versants situés au Québec et au Nouveau-Brunswick et transfert d'expertise technique pour accélérer l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques, volet Aide technique régionale du Programme de couverture végétale. Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- USDA-NRCS. 2007. National Engineering Handbook. Part 654. Stream Restoration Design. Chapter 10. Two-Stage Channel Design.
- Vollmer-Sanders, C., Tank, J. et Williams, M. 2012. Environmental Protection Agency (EPA). [En ligne] 2012. <http://www.epa.gov/region5/agriculture/pdfs/nutrient2012/ag-nutrient-20121031.pdf>.
- Wischmeier, W. H. et Smith, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. s.l. : U.S. Department of Agriculture, 58 pages. Vol. Agriculture Handbook No. 537.



Liste des acronymes

AAC	Agriculture et agroalimentaire Canada	LEP	Loi sur les espèces en péril
ARBJ	Administration régionale Baie-James	LHE	Ligne des hautes eaux
BSE	Biens et services environnementaux	LOTM	Loi sur l'organisation territoriale municipale
CCA	Comité consultatif agricole	LPN	Loi sur la protection de la navigation
CCAE	Club conseil en agro-environnement	LPTAA	Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles
CCU	Comité consultatif d'urbanisme	LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec	MAMOT (MAMROT)	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
CM	Code municipal	MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail	MDDELCC (MDDEP)	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada	MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
CRAAQ	Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec	MPO	Pêches et Océans Canada
CRE	Conseil régional en environnement	MRC	Municipalité régionale de comté
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail	MSP	Ministère de la Sécurité publique
DEH	Direction de l'expertise hydrique	MTQ	Ministère des Transports du Québec
DGBE	Direction générale des barrages de l'État	OBNL	Organisme à but non lucratif
DGDHE	Direction de la gestion du domaine hydrique de l'État	OBV	Organisme de bassin versant
DSB	Direction de la sécurité des barrages	OIQ	Ordre des ingénieurs du Québec
EC	Environnement Canada	OSCQ	Organisation de la sécurité civile du Québec
EFE	Écosystème forestier exceptionnel	PDE	Plan directeur de l'eau
EPA	Environmental Protection Agency (États-Unis)	PNE	Politique nationale de l'eau
FIOHQ	Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec	PPRLPI	Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables
FQM	Fédération de municipalités du Québec	RCI	Règlement de contrôle intérimaire
IDF	Courbes d'intensité, de durée et de fréquence	RHF	Règlement sur les habitats fauniques
IRDA	Institut de recherche et de développement en agroenvironnement	RUSLE	Équation universelle des pertes en sol révisée pour application au Canada
LADTF	Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier	SAD	Schéma d'aménagement et de développement
LAU	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme	SEG	Permis scientifique, d'éducation et de gestion de la faune
LCEE	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale	SFI	Sites fauniques d'intérêt
LCM	Loi sur les compétences municipales	SQP	Société québécoise de phytotechnologie
LCMVF	Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune	TNO	Territoire non organisé
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement	UMQ	Union des municipalités du Québec
LCV	Loi sur les cités et villes	UPA	Union des producteurs agricoles
LEMV	Loi sur les espèces menacées ou vulnérables	USLE	L'équation universelle des pertes en sol
		ZEC	Zone d'exploitation contrôlée
		ZIP	Zone d'intervention prioritaire