

GUIDE



L'aménagement des **PONTS** et des **PONCEAUX**

dans le milieu forestier

Québec 

Diffusion :
Direction des relations publiques
Ministère des Ressources naturelles
5700, 4^e Avenue Ouest, 3^e étage
Charlesbourg (Québec), G1H 6R1

Tél. : (418) 627-8600 ou 1 (800) 463-4558
Télec. : (418) 644-7160

© Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec, 1997
ISBN : 2-550-31791-2
Code de diffusion : RN97-3061

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont collaboré de près ou de loin à la préparation de ce guide.

Coordination

M. Gaétan Potvin, ing.,
Direction de l'assistance technique (MRN)

Responsable de l'édition

Mme Élane Dupont, conseillère en communication,
Direction des relations publiques (MRN)

Recherche et rédaction

M. Martin Cloutier, ing. f.,
Direction des programmes forestiers (MRN)

Mme Maryse Dubé, agronome, MM. Renaud Dostie, tech. faune, et
Pierre-Martin Marotte, biologiste,
Direction de l'environnement forestier (MRN)

M. Michel Jean, agent de recherche et tech. faune, et
Mme Nicole Perreault, architecte de paysage, chef du Service des habitats,
Direction de la faune et de l'habitat (MEF)

MM. Jacques Boivin, tech. faune et Pierre Dulude, biologiste,
Direction régionale de Québec (MEF)

MM. Gaétan Potvin, ing., et Gilles Rhéaume, ing. f.,
Direction de l'assistance technique (MRN)

Révision linguistique

Mme Réjeanne Bissonnette, linguiste,
Direction des relations publiques (MRN)

Support technique

M. Laurent Bonnelly, t.a.a.g.,
Direction des programmes forestiers (MRN)

Mme Sylvie Delisle, tech. faune,
Direction de l'environnement forestier (MRN)

MM. Gaston Demers, t.a.a.g., et Clermont Gaucher, ing. f.,
Direction de l'assistance technique (MRN)

Secrétariat

Mmes Lyne Guay, Bibiane Angers et Francyne Hénaire,
Direction de l'assistance technique (MRN)

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	13
-------------------	----

Chapitre 1

LES CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES, FAUNIQUES ET AUTRES	15
--	----

1.1	Les objectifs à atteindre	15
1.2	La protection des poissons	16
1.2.1	Les frayères.....	16
1.2.2	La période de montaison	18
1.3	La protection des cours d'eau intermittents	21
1.4	Les autres considérations environnementales	22
1.4.1	La vitesse d'écoulement de l'eau	22
1.4.2	L'inclinaison de la structure.....	22
1.4.3	La profondeur de l'eau.....	23
1.4.4	L'enfouissement de la structure	23
1.4.5	La luminosité	24
1.4.6	La turbidité	24
1.4.7	La sédimentation	24
1.4.8	L'obstruction des ponceaux.....	24
1.4.9	Le rétrécissement du cours d'eau	25
1.4.10	La protection des rives.....	26
1.4.11	Le passage à gué.....	27
1.5	Les considérations socio-économiques.....	27
1.6	Les aspects juridiques	28

Chapitre 2

LES PONTS.....	29
----------------	----

2.1	La planification	30
2.2	La vérification sur le terrain	30
2.2.1	La planification de la visite sur le terrain	31
2.2.2	Les données à cueillir sur le terrain	31
2.2.3	Les éléments à considérer dans le dimensionnement de l'ouvrage.....	37
2.2.3.1	Les considérations hydrauliques.....	37
2.2.3.2	Les considérations structurales	37

2.2.3.3	Les considérations géotechniques.....	38
2.2.3.4	Les considérations environnementales et fauniques	40
2.2.4	Le calcul et le dimensionnement du pont.....	41
2.2.5	Le choix définitif du type de pont à construire	41
2.2.6	Le choix des matériaux.....	42
2.2.7	Les plans et devis	42
2.3	La construction du pont	43
2.3.1	Les ponts temporaires	43
2.3.2	L'excavation.....	43
2.3.3	L'assèchement de la zone de travail	44
2.3.4	Les fondations.....	45
2.3.4.1	La préparation du site.....	45
2.3.4.2	Les fondations en béton armé.....	45
2.3.4.3	Les fondations de caissons à claire-voie	45
2.3.4.4	La stabilisation des fondations	46
2.3.5	L'installation d'une pile dans un cours d'eau.....	46
2.4	L'entretien des ponts	47

Chapitre 3

LES PONCEAUX		49
3.1	La planification	50
3.2	La visite sur le terrain	51
3.3	La construction du ponceau	54
3.3.1	L'assèchement de la zone de travail	57
3.3.1.1	L'assèchement total	57
3.3.1.2	L'assèchement partiel	62
3.3.1.3	Les batardeaux	63
3.3.1.4	L'élimination des eaux d'infiltration	64
3.3.2	La préparation de la fondation.....	65
3.3.3	La mise en place du tuyau	68
3.3.4	Le remblayage	69
3.3.5	L'aménagement des extrémités	73
3.3.5.1	La stabilisation des remblais	74
3.3.5.2	La stabilisation du lit du cours d'eau	88
3.3.5.3	La stabilisation des rives et des berges	90
3.4	Les ponceaux à tuyaux parallèles	90
3.5	Les ponceaux de bois	91
3.6	La signalisation de l'ouvrage	93
3.7	L'entretien des ponceaux	94

Chapitre 4

LES AUTRES TYPES DE STRUCTURES	97
4.1 Les ponts de glace	97
4.1.1 Le choix du site	98
4.1.2 La construction d'un pont de glace complexe	99
4.1.3 Le balisage et l'utilisation du pont de glace	100
4.1.3.1 Le balisage de la voie carrossable	100
4.1.3.2 Les limites de vitesse	100
4.1.3.3 Les brusques variations de température	101
4.1.3.4 Le chargement vibratoire	101
4.1.4 L'entretien du pont de glace	101
4.2 Les ponts amovibles pontages	102
4.3 L'aménagement d'ouvrages dans les chemins d'hiver	105

Chapitre 5

PROBLÈMES ET SOLUTIONS	107
5.1 Les vitesses d'écoulement excessives	107
5.1.1 L'aménagement de bassins de repos	107
5.1.2 L'installation de déflecteurs	108
5.2 Les chutes ou ruptures de pente	108
5.2.1 Chute de moins de 30 cm	111
5.2.2 Chute de plus de 30 cm	111
5.3 La profondeur de l'eau	113
5.4 L'obstruction de l'ouvrage	113
5.5 Le gel des ponceaux	113
5.5.1 Les méthodes de déglçage	114
5.5.1.1 Les jets d'eau sous pression	114
5.5.1.2 Les jets de vapeur	114
5.5.1.3 La résistance électrique	114
5.6 L'apport de matériaux granulaires dans le cours d'eau	114
5.6.1 Les sédiments attribuables à l'érosion	114
5.6.2 Les sédiments charriés par les eaux d'infiltration et de ruissellement	115
5.6.3 Les sédiments attribuables à l'entretien inadéquat du chemin	118

5.7	Les défauts des matériaux	119
5.7.1	Les tuyaux de métal.....	120
5.7.2	Les tuyaux de plastique.....	120
5.7.3	Les critères de déformation des tuyaux circulaires en acier.....	121
5.8	Les problèmes liés aux castors	121
5.8.1	L'aménagement d'une amorce de barrage.....	123
5.8.2	Les autres solutions possibles.....	124
CONCLUSION		127
 ANNEXE 1		
LE CHOIX DES STRUCTURES POUR L'AMÉNAGEMENT DES PONCEAUX		128
 ANNEXE 2		
INFORMATIONS REQUISES DANS LES PLANS ET DEVIS		134
GLOSSAIRE		136
BIBLIOGRAPHIE		144

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	
Caractéristiques des frayères	18
Tableau 2	
Périodes de montaison des poissons	19
Tableau 3	
Étapes à suivre pour la construction d'un ouvrage d'art.....	29
Tableau 4	
Capacité portante admise du socle rocheux.....	39
Tableau 5	
Capacité portante admise des sols granulaires.....	39
Tableau 6	
Capacité portante admise des sols fins et des sols organiques	40
Tableau 7	
Épaisseur de la fondation requise selon le diamètre ou la portée du tuyau	66
Tableau 8	
Épaisseur minimale du remblai selon le diamètre ou la portée du tuyau	73
Tableau 9	
Principales espèces utilisées dans les mélanges de semences	84
Tableau 10	
Pierres requises pour l'enrochement	89
Tableau 11	
Vitesse critique (km / h) selon la profondeur de l'eau et l'épaisseur de la glace	101
Tableau 12	
Déformation des tuyaux et interventions requises	121
Tableau 13	
Avantages et inconvénients des structures à contour ouvert	129
Tableau 14	
Avantages et inconvénients des divers types de structures.....	130
Tableau 15	
Dimensions standard des structures en tôle ondulée	131
Tableau 16	
Avantages et inconvénients selon le matériel utilisé pour la confection des tuyaux	132

LISTE DES FIGURES

Figure 1

Distance à respecter entre une frayère et l'ouvrage
aménagé pour traverser un cours d'eau.....17

Figure 2

Vitesse d'écoulement et pente23

Figure 3

Sédimentation et émergence des alevins25

Figure 4

Divers modes de protection des rives26

Figure 5

Plan topographique32

Figure 6

Dégagement requis pour le passage des embarcations36

Figure 7

Forces exercées sur un caisson à claire-voie.....38

Figure 8

Rétrécissement d'un cours d'eau pour la construction d'un pont.....44

Figure 9

Installation d'une pile dans un cours d'eau47

Figure 10

Structures disponibles pour l'aménagement des ponceaux49

Figure 11

Délimitation de la ligne naturelle des hautes eaux52

Figure 12

Calcul de la pente naturelle du lit du cours d'eau.....53

Figure 13

Réduction maximale de la largeur du cours d'eau
sans calcul de débit54

Figure 14

Clé de prise de décision – Dimensionnement des ponceaux
et solutions en cas de pente excessive.....55

Figure 15

Calcul de la longueur de tuyau requise56

Figure 16

Assèchement total de la zone de travail, à l'aide d'une pompe.....58

Figure 17

Assèchement total de la zone de travail, à l'aide d'une buse59

Figure 18

Assèchement total de la zone de travail selon la technique
du rétrécissement du cours d'eau60

Figure 19

Lignes directrices pour l'aménagement d'un canal
de dérivation temporaire61

Figure 20

Assèchement partiel d'une zone de travail.....63

Figure 21

Préparation de la fondation lorsque le sol est adéquat
au fond de l'excavation65

Figure 22

Pourquoi enfouir le tuyau ?67

Figure 23

La membrane géotextile augmente la capacité
portante du sol de fondation68

Figure 24

Manutention des tuyaux en tôle ondulée69

Figure 25

Débit de conception et lessivage de la route70

Figure 26

Compaction du matériel de remblayage sous
les hanches du tuyau71

Figure 27

Fondation et remblayage du tuyau72

Figure 28

Quelques normes à respecter lors de l'aménagement
d'un ponceau.....74

Figure 29

Protection minimale d'une extrémité75

Figure 30

Stabilisation des extrémités d'un ponceau76

Figure 31

Installation de membranes géotextiles autour d'un tuyau78

Figure 32

Stabilisation végétale des remblais.....82

Figure 33

Stabilisation d'un talus au moyen de fagots et de fascines87

Figure 34

Stabilisation du lit d'un cours d'eau en amont et
en aval d'un ponceau.....89

Figure 35

Ponceau à tuyaux parallèles avec orienteur
à débris à l'amont.....91

Figure 36

Dimensionnement d'un ponceau de bois92

Figure 37

Coupe longitudinale d'un ponceau de bois.....93

Figure 38

Signalisation des ponceaux94

Figure 39

Coupe longitudinale d'un pont de glace simple.....98

Figure 40

Coupe transversale d'un pont de glace renforcé de billots100

Figure 41

Différents types de ponts amovibles.....103

Figure 42

Radiers de bois et de roches.....104

Figure 43

Aménagement d'un ponceau pour réduire
la vitesse d'écoulement.....108

Figure 44

Défecteurs en V pour ralentir le courant109

Figure 45

Chute trop haute.....110

Figure 46

L'eau tombe sur un obstacle et il n'y a pas
de bassin de repos.....110

Figure 47

Création de seuils en aval du ponceau112

Figure 48

Formation d'une fosse d'affouillement.....116

Figure 49

Infiltrations d'eau117

Figure 50

Forme à donner à la chaussée118

Figure 51

Déformation consécutive au tassement119

Figure 52

Stabilisation d'un tuyau en thermoplastique souple120

Figure 53

Méthode de calcul des déformations.....122

Figure 54

Amorce d'un barrage de castors123

Figure 55

Deux façons de contrôler le niveau d'eau à l'amont
d'un barrage de castors.....125

NOTE AU LECTEUR

Certains mots diffèrent de ceux utilisés dans le **Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public** (RNI) pour désigner les mêmes choses. C'est le cas, notamment, du terme "pont amovible", qui remplace "pontage", "ponceau à tuyaux parallèles" que nous utilisons en lieu et place de "ponceaux en parallèle" et "cours d'eau intermittent" qui tient lieu de "cours d'eau à écoulement intermittent". Notre seul but est d'améliorer la qualité de la langue et non de semer la confusion.

MISE EN GARDE

Ce guide ne peut en aucun cas se substituer aux exigences légales et réglementaires et, en cas de divergence, les seuls textes qui ont force de loi sont ceux parus dans la Gazette officielle du Québec de même que ceux préparés et publiés par la Direction de la refonte des lois et des règlements.



INTRODUCTION

Le Québec est parsemé de milliers de lacs et de rivières et nos réserves d'eau douce comptent parmi les plus importantes au monde. En fait, notre territoire et les vastes forêts qui en couvrent une large part ont l'allure d'une immense mosaïque de terre et d'eau.

La biodiversité du milieu forestier québécois et sa polyvalence ne seraient pas aussi grandes sans ces innombrables étendues d'eau qui abritent de multiples espèces fauniques et font la joie des amateurs de chasse, de pêche, de canot-camping, etc. Pourtant, si l'on considère la forêt seulement comme source de matière ligneuse, les rivières et les cours d'eau deviennent des obstacles à franchir pour aller chercher le bois et le transporter jusqu'aux usines.

Tous ceux qui ont voulu exploiter les multiples ressources des forêts du Québec ont dû consentir à construire des ponts et des ponceaux de plus ou moins grande envergure. Ceux qui veulent continuer de le faire doivent plus que jamais tenir compte de la qualité de l'environnement.

L'expérience nous a en effet appris que la construction d'un pont ou d'un ponceau peut endommager le milieu aquatique de façon parfois irréversible si elle n'est pas entourée de précautions. Nous avons donc jugé utile de préparer un guide pour permettre aux intéressés de construire les ouvrages voulus pour traverser nos cours d'eau tout en respectant le principe du développement durable qui est à la base de notre **Stratégie de protection des forêts**.

Ce document traite donc des facteurs dont il faut tenir compte pour choisir le type d'ouvrage à construire, des étapes à suivre pour réaliser un projet de cette nature, des matériaux à utiliser ainsi que des problèmes auxquels on peut être confronté et des solutions possibles.

Nous avons toutefois consacré le premier chapitre aux considérations environnementales, fauniques et autres, qui doivent orienter tout le travail, depuis la planification de l'ouvrage, jusqu'à son entretien. Nous tenions à souligner ainsi l'importance primordiale qu'on devrait accorder à ces préoccupations.



Chapitre I

LES CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES, FAUNIQUES ET AUTRES

Avant d'aborder les aspects fauniques à considérer lors de la construction des ponts et des ponceaux de toutes sortes, il serait bon de définir ce qu'est un « habitat du poisson ». Voyons donc ce qu'en disent le **Règlement sur les habitats fauniques** et le **Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public**, (RNI) : « habitat du poisson : lac, marais, marécage, plaine d'inondation ou cours d'eau fréquenté par des poissons. ». En d'autres termes, un habitat du poisson, est un plan d'eau ou cours d'eau fréquenté par des poissons.

Dans ce chapitre, nous traiterons de la libre circulation du poisson, des frayères, de la montaison et des cours d'eau intermittents, puis des considérations socio-économiques liées à la ressource faunique, afin de montrer la pertinence des mesures de protection à respecter. Nous énumérerons également les lois, règlements et politiques à respecter lorsqu'on construit un ouvrage d'art dans nos forêts.

Toutefois, il nous semble important d'énumérer d'abord les objectifs à atteindre lorsqu'on aménage un pont, un ponceau, etc.

I.1 Les objectifs à atteindre

Tous les ponts et ponceaux doivent :

- avoir une durée de vie utile au moins équivalente à celle des matériaux utilisés ;
- permettre l'écoulement de l'eau, même en période de crue ;
- laisser les poissons circuler librement ;
- préserver l'intégrité des écosystèmes aquatiques et riverains ;
- permettre la navigation sur le cours d'eau, s'il y a lieu.

¹ Les limites de la plaine d'inondation correspondent au niveau atteint par les plus hautes eaux, selon une moyenne établie compte tenu d'une récurrence de deux ans ; lorsqu'elles ne peuvent être établies ainsi, on considère qu'elles correspondent à la ligne des hautes eau.

1.2 La protection des poissons

Il est essentiel que le poisson puisse circuler librement pour satisfaire ses besoins vitaux en termes d'habitat, c'est-à-dire en aires d'alimentation et de reproduction. Or, la capacité natatoire d'un poisson dépend non seulement de l'espèce, mais aussi de la taille et de la condition physique des individus. Elle est également affectée par la température de l'eau ainsi que par les conditions hydrauliques et hydrologiques. **Lors de la conception des ponts et des ponceaux, on doit donc s'assurer que ces structures ne deviendront pas des obstacles pour les poissons.**

On doit d'abord tenir compte de la vitesse d'écoulement de l'eau. Rappelons que la vitesse à laquelle l'eau s'écoule dans un tuyau est fonction du diamètre de ce tuyau, des conditions qui prévalent à l'amont et à l'aval de la structure et, surtout, de son inclinaison. Or, l'installation d'un ponceau amène généralement un rétrécissement du cours d'eau qui se traduit par une augmentation de la vitesse d'écoulement dans le tuyau.

Par ailleurs, le lit des cours d'eau est habituellement jonché de roches, de tailles et de formes différentes, de même que de troncs d'arbres. Ces obstacles fractionnent le courant et créent des secteurs tranquilles où le poisson peut se reposer pendant ses migrations ou ses déplacements. Par contre, l'intérieur des tuyaux est souvent trop lisse pour ralentir l'eau et le poisson peut en être affecté.

En fait, les poissons peuvent avoir de la difficulté, voire être incapables de se déplacer dans le secteur du cours d'eau où l'on a installé le ponceau, surtout s'il est constitué d'un tuyau circulaire. Il faut donc prendre les moyens nécessaires pour minimiser l'écart entre les conditions naturelles d'écoulement du cours d'eau et celles qui règnent dans le tuyau et trouver un compromis qui permettra aux poissons de franchir la section du cours d'eau qui aura été modifiée.

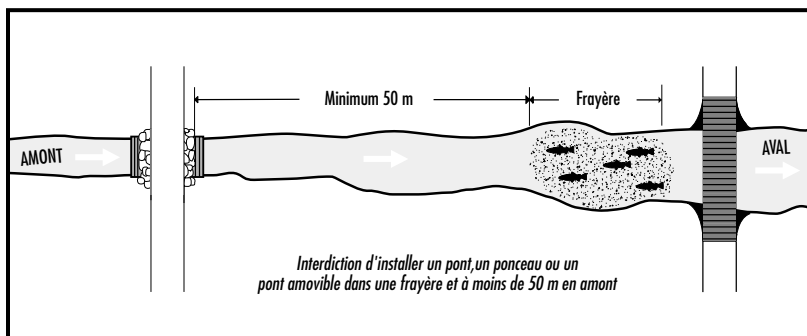
(Voir à la figure 10 les divers types de structures disponibles dont celles en arche, qui permettent de conserver le lit naturel du cours d'eau).

1.2.1 Les frayères

Les frayères sont des sites importants, puisque les poissons s'y reproduisent et y déposent leurs œufs afin de compléter leur cycle de vie et assurer la survie de l'espèce. **Pour les protéger, le RNI (article 39) interdit d'y construire ou d'y installer une structure pour traverser le cours d'eau. Cette interdiction s'applique aussi aux 50 mètres en amont de toute frayère qui figure dans le plan annuel d'intervention (figure 1).**

Figure 1

Distance à respecter entre une frayère et l'ouvrage aménagé pour traverser un cours d'eau



Dans la mesure du possible, les représentants du ministère de l'Environnement et de la Faune indiquent l'emplacement des frayères sur les plans annuels d'intervention soumis par les bénéficiaires d'un contrat d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF). Ces derniers sont ainsi plus en mesure de se plier aux exigences réglementaires lors de l'aménagement des chemins.

Comme on ne connaît pas l'emplacement de toutes les frayères, on devrait examiner soigneusement le site où l'on projette aménager le pont ou le ponceau et surveiller tous les indices associés à ces habitats. Ces indices varient selon les espèces (tableau 1).

TABLEAU 1**Caractéristiques des frayères**

Caractéristiques	Ombre de fontaine	Saumon atlantique	Doré
Vitesse du courant (mètre / seconde)	de 0,4 à 0,9	de 0,4 à 1	de 0,5 à 1,5
Température de l'eau (°C)	de 2 à 10	de 2 à 8	de 6 à 11
Profondeur (cm)	de 10 à 30	de 20 à 200	de 20 à 180
Substrat (diamètre en cm)	gravier de 0,9 à 5	gravier, gros gravier, roche de 1 à 10	du gravier aux galets de 0,5 à 25

En cas de doute, n'hésitez pas à consulter les spécialistes du MEF.

a) Le doré et les espèces d'eau fraîche

Ces poissons frayent parfois dans les « passes » qui relient deux lacs et où l'on trouve une eau vive et des matériaux dont la granulométrie va du gravier aux galets. Dans les rivières, ils préfèrent les secteurs où des eaux vives coulent sur un substrat graveleux ou rocheux.

b) Les salmonidés (ombles et saumons)

Dans les régions où ces espèces sont répertoriées, on devrait vérifier si le fond du cours d'eau est couvert de gravier et de roches dont la taille varie entre 0,9 cm et 30 cm. Si tel est le cas, cela indique généralement que les autres conditions hydrologiques nécessaires à leur maintien sont réunies.

1.2.2 La période de montaison

L'article 37 du RNI interdit tous les travaux qui visent à construire un pont ou un ponceau multiplaque dans un cours d'eau qui est un habitat du poisson, pendant la période de montaison, c'est-à-dire au moment où le poisson migre vers ses aires de reproduction ou, dans le cas de l'anguille, vers ses aires d'alimentation. Le tableau qui suit précise la période de montaison des principales espèces répertoriées selon les seize régions administratives du Québec.

TABLEAU 2**Périodes de montaison des poissons**

Régions administratives du Québec	Espèces	Dates
Bas-Saint-Laurent, Gaspésie-Îles-de-la- Madeleine (01 et 11)	Omble de fontaine	15 sept. - 5 nov.
	Saumon atlantique	1 ^{er} mai - 15 sept.
Saguenay-Lac-Saint-Jean (02)	Doré jaune	15 avril - 30 mai
	Grand brochet	15 avril - 30 mai
	Éperlan arc-en-ciel	15 avril - 30 juin
	Saumon atlantique	1 ^{er} mai - 31 août
	Ouananiche	20 mai - 15 oct.
	Omble de fontaine	1 ^{er} sept. - 15 oct.
	Omble chevalier	1 ^{er} oct. - 15 nov.
Québec, Chaudière- Appalaches (03 et 12)	Touladi	1 ^{er} oct. - 15 nov.
	Truite arc-en-ciel	1 ^{er} mars - 15 avril
	Éperlan arc-en-ciel	1 ^{er} mai - 15 mai
	Anguille d'amérique	1 ^{er} juin - 30 sept.
	Omble de fontaine	1 ^{er} sept. - 10 oct.
Mauricie-Bois-Francs (04)	Saumon atlantique	15 mai - 10 oct.
	Doré jaune	1 ^{er} avril - 30 mai
	Achigan à petite bouche	1 ^{er} mai - 30 mai
	Ouananiche	15 sept. - 15 nov.
Estrie (05)	Omble de fontaine	1 ^{er} sept. - 15 oct.
	Perchaude	15 mars - 15 avril
	Truite arc-en-ciel	15 mars - 15 avril
	Grand brochet	15 mars - 30 avril
	Doré jaune	15 mars - 30 avril
	Achigan à petite bouche	1 ^{er} avril - 15 mai
	Omble de fontaine	1 ^{er} sept. - 30 sept.
	Truite brune	1 ^{er} oct. - 31 oct.

Montréal (06), Montréal (16), Laval (13)	Doré jaune	15 mars - 30 avril
	Perchaude	15 mars - 15 mai
	Grand brochet	15 mars - 31 mai
	Achigan à grande bouche	15 avril - 31 mai
	Achigan à petite bouche	15 avril - 31 mai
Outaouais (07)	Doré jaune	15 mars - 15 mai
	Achigan à petite bouche	15 mars - 30 juin
	Omble de fontaine	15 sept. - 15 déc.
	Grand brochet	15 mars - 31 mai
Abitibi-Témiscamingue (08)	Doré jaune	15 avril - 15 juin
	Grand brochet	15 avril - 15 juin
	Esturgeon jaune	1 ^{er} mai - 30 juin
	Omble de fontaine	1 ^{er} oct. - 15 nov.
	Touladi	1 ^{er} oct. - 15 nov.
Côte-Nord (09)	Éperlan arc-en-ciel	15 mai - 30 juin
	Saumon atlantique	1 ^{er} mai - 15 sept.
	Anguille d'amérique	1 ^{er} juin - 15 oct.
	Omble de fontaine	1 ^{er} août - 30 sept.
Nord-du-Québec (10)	Meuniers	15 avril - 15 juin
	Doré jaune	15 avril - 15 juin
	Doré noir	15 avril - 15 juin
	Esturgeon jaune	15 avril - 30 juin
	Grand brochet	15 avril - 15 juin
	Laquaiches	15 avril - 15 juin
	Omble chevalier	15 juillet - 15 sept.
	Saumon atlantique	15 juillet - 15 sept.
	Cisco de lac	15 sept. - 31 oct.
	Grand corégone	15 sept. - 31 oct.
	Omble de fontaine	1 ^{er} sept. - 31 oct.
	Ouananiche	15 juillet - 15 sept.
	Touladi	1 ^{er} sept. - 31 oct.

Lanaudière (14)	Doré jaune	15 mars - 20 mai
	Grand brochet	1 ^{er} avril - 15 mai
	Achigan à petite bouche	1 ^{er} mai - 30 juin
	Ouananiche	15 août - 15 nov.
	Omble de fontaine	15 sept. - 30 oct.
	Touladi	1 ^{er} oct. - 30 oct.
Laurentides (15)	Doré jaune	15 mars - 31 mai
	Grand brochet	1 ^{er} avril - 15 mai
	Esturgeon jaune	15 mai - 15 juin
	Achigan à petite bouche	15 mai - 30 juin
	Ouananiche	15 août - 15 nov.
	Omble de fontaine	15 sept. - 30 oct.
	Touladi	1 ^{er} oct. - 30 oct.

Source : Enquête effectuée par le MEF dans ses directions régionales.

ATTENTION !

Les informations renfermées dans ce tableau sont données à titre indicatif. Par ailleurs, certaines régions ont découpé leur territoire et précisé les périodes de montaison dans chaque secteur. Il se peut donc que les périodes où la construction d'un ouvrage est interdite y soient moins longues. Conséquemment, nous vous invitons à contacter les représentants régionaux du MEF afin de connaître les espèces susceptibles d'être présentes dans le secteur où vous envisagez construire un pont ou un ponceau multiplaque et les périodes où vous seriez autorisé à le faire.

1.3 La protection des cours d'eau intermittents

Malgré les apparences, les cours d'eau intermittents sont importants pour la faune, car ils peuvent servir de voies de migration entre deux habitats (entre un marais et un cours d'eau permanent, par exemple) et de sites de reproduction pour certaines espèces de poissons qui se reproduisent au printemps (cyprins, truite arc-en-ciel, etc.). De plus, ils conduisent les eaux de fonte des neiges et de précipitation vers les cours d'eau permanents. Si l'on modifie les conditions de ruissellement, d'écoulement et d'infiltration des eaux, les cours d'eau intermittents réagissent de façon plus ou moins

importante. En cas de crue, par exemple, leur lit peut changer et ils peuvent alors charrier des quantités importantes de sédiments vers les frayères, avec toutes les répercussions négatives que cela peut entraîner.

On trouve, dans certains cours d'eau intermittents, des bassins où il y a de l'eau en permanence et qui servent d'habitats pour plusieurs espèces de batraciens et d'invertébrés dont les poissons sont friands. De plus, des plantes aquatiques dont d'autres espèces se nourrissent s'y développent. Nous recommandons donc de ne pas faire tomber les arbres abattus en direction des cours d'eau intermittents afin de préserver ces habitats. Si des arbres tombent dans l'eau, en tout ou en partie, on doit les en retirer (RNI, article 18).

1.4 Les autres considérations environnementales

1.4.1 La vitesse d'écoulement de l'eau

Pour éviter de gêner la montaison des poissons, la vitesse d'écoulement de l'eau ne devrait généralement pas dépasser les valeurs suivantes :

- **1,2 m / s pour un tuyau de moins de 25 mètres de longueur,**
- **0,9 m / s pour un tuyau de plus de 25 mètres de longueur.**

Si la vitesse d'écoulement perturbe les déplacements des poissons, soit parce qu'elle est excessive, soit parce que les espèces en cause ne sont pas tolérantes, on devra avoir recours à des mesures correctives dont l'importance sera proportionnelle aux impacts appréhendés (section 5.1). Pour obtenir de plus amples informations, n'hésitez pas à consulter le représentant du MEF dans votre région.

1.4.2 L'inclinaison de la structure

On doit éviter de créer une chute ou une rupture de pente à la sortie du ponceau, car les poissons ne peuvent sauter à plus d'une certaine hauteur. Dans le cas des salmonidés, par exemple, la hauteur maximale est d'environ 30 cm. Sur les sites où la chute excède les capacités du poisson, on doit prévoir un ou des bassin(s) de repos (section 5.2).

Selon l'article 28 du RNI, les ponceaux aménagés avec des tuyaux, ou structures à contour fermé, doivent toujours suivre la pente naturelle du lit du cours d'eau (figure 2). De plus, quand on utilise plusieurs sections de tuyaux, on doit les installer selon une pente constante. Si le cours d'eau est un habitat du poisson et que la structure le rétrécit de 20 % à 50 %, la pente maximale à respecter, conformément à l'article 29 du RNI, sera de :

- 0,5 % si le tuyau mesure plus de 25 m de longueur ;
- 1 % s'il mesure 25 m ou moins (figure 14).

Lorsque les caractéristiques physiques du site ne permettent pas de respecter ces exigences et que l'inclinaison de la structure engendre des vitesses d'écoulement supérieures à la capacité natatoire des poissons, on doit appliquer des mesures préventives ou correctives (section 5.1).

1.4.3 La profondeur de l'eau

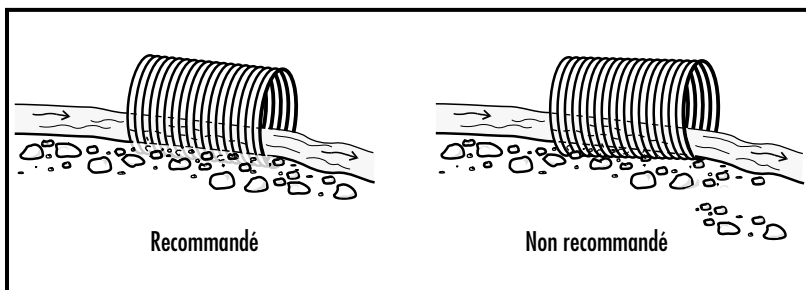
Normalement, la profondeur ou lame d'eau dans le tuyau doit être suffisante pour permettre aux plus gros poissons de franchir l'ouvrage. Si le cours d'eau est fréquenté par de gros poissons, elle devrait être d'au moins 20 cm sinon égale à celle qu'on trouve dans la section du cours d'eau située à l'aval du tuyau.

1.4.4 L'enfouissement de la structure

On doit enfouir le radier du tuyau sous le lit du cours d'eau afin d'en permettre la reconstitution. Les matériaux charriés par l'eau pourront se déposer dans le fond du tuyau pour en augmenter la rugosité et ainsi réduire la vitesse du courant, d'une part, et assurer la stabilité de l'ouvrage, d'autre part.

Figure 2

Vitesse d'écoulement et pente



1.4.5 La luminosité

Le manque de lumière à l'intérieur des ponceaux peut constituer un obstacle aux déplacements de certaines espèces, comme le grand brochet. Ici encore, on peut être amené à appliquer des mesures préventives ou correctives, comme l'installation d'une structure plus courte ou l'aménagement d'un pont, par exemple.

1.4.6 La turbidité

La turbidité est liée à la quantité de matières en suspension dans un cours d'eau. L'eau trouble semble sale. Elle peut agir comme répulsif et même affecter la santé des poissons et la quantité de nourriture disponible (ex. : insectes). De plus, les matières en suspension qu'elle contient peuvent colmater les aires de reproduction en se déposant.

1.4.7 La sédimentation

La sédimentation est le dépôt de particules fines (sable et vase) sur le lit d'un cours d'eau. Elle réduit la circulation de l'eau entre les graviers et, conséquemment, la quantité d'oxygène disponible. Si elle se produit avant l'éclosion des œufs, elle peut les tuer et, si elle survient plus tard dans le cycle de reproduction des poissons, elle peut empêcher les alevins de sortir du gravier où ils passent leur période d'incubation, qui dure jusqu'à 200 jours pour certaines espèces.

Le taux d'émergence des alevins diminue considérablement quand le gravier renferme de 10 % à 20 % de sédiments fins. Lorsque ce taux dépasse 20 %, la situation s'aggrave et, s'il atteint 50 %, il n'y a plus aucun interstice dans le gravier (figure 3). Conséquemment, le pourcentage d'alevins qui pourront émerger du gravier sera presque nul et l'on perdra évidemment des reproducteurs pour les années à venir.

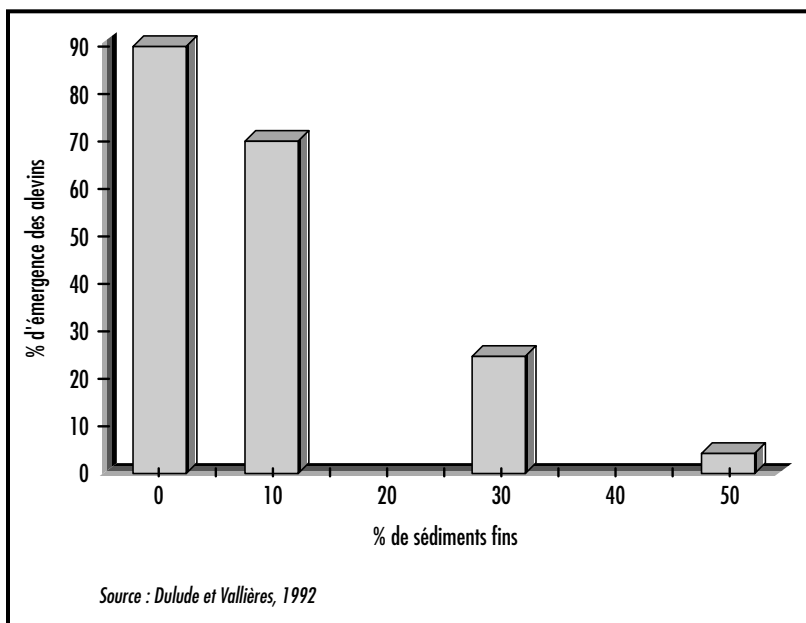
La sédimentation affecte la reproduction à court et à long terme, car les frayères endommagées peuvent rester inutilisables pendant des années.

1.4.8 L'obstruction des ponceaux

Les débris qui s'accumulent à l'entrée d'un ponceau peuvent entraver, parfois totalement, la circulation des poissons. Si l'entrée du ponceau est complètement colmatée, le niveau d'eau augmentera à l'amont de l'ouvrage et le chemin pourrait être sérieusement endommagé par des inondations. De plus, la structure pourrait elle-même être emportée ou détruite par le courant.

Figure 3

Sédimentation et émergence des alevins



On voit donc qu'il est important d'enlever les débris qui pourraient s'accumuler à l'entrée du ponceau. L'entretien permet à la fois de laisser les poissons circuler librement et de protéger la structure (section 3.7).

1.4.9 Le rétrécissement du cours d'eau

On ne doit pas diminuer la largeur d'un cours d'eau de plus des deux tiers lorsqu'on aménage une structure de détournement de l'eau en vue de la construction ou de l'amélioration d'un pont (RNI, article 36). De plus, les matériaux utilisés ne doivent pas dégager de particules dans le cours d'eau et la vitesse du courant ne doit ni être source d'érosion ni entraver la libre circulation du poisson, dans la section restante du cours d'eau.

Comme il faut plus de temps pour construire un pont ou un ponceau multiplaque que pour installer un ponceau monolithique, c'est-à-dire d'une seule pièce, on doit faire les travaux en dehors de la période de montaison des poissons (section 1.2.2). Pour obtenir de plus amples informations, s'adresser aux bureaux régionaux du MEF.

1.4.10 La protection des rives

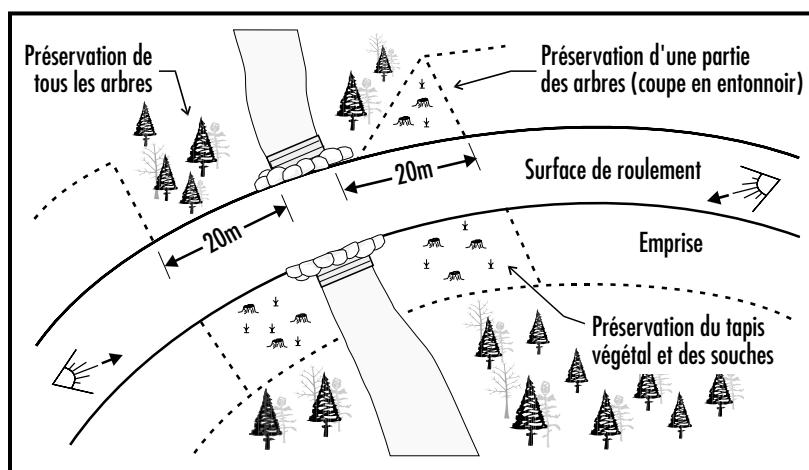
Conformément au RNI, article 18, on doit préserver le tapis végétal et les souches sur une distance de vingt mètres, de part et d'autre d'un cours d'eau, lorsqu'on aménage ou répare un pont ou un ponceau. Cette norme vise à prévenir l'érosion qui pourrait accroître l'apport de sédiments dans le milieu aquatique. Le titulaire du permis d'intervention a tout intérêt à la respecter, car il réduira ainsi ses coûts de stabilisation des remblais, tout en protégeant l'environnement.

Idéalement, on devrait récolter aussi peu de tiges que possible dans l'emprise du chemin qui coïncide avec la bande de 20 mètres le long des cours d'eau (figure 4). En laissant les arbres debout, on réduit évidemment la circulation de la machinerie et le dépôt de matériel d'excavation sur les rives, faute d'espace. Conséquemment, on n'est pas forcé de revégétaliser le site et l'on évite ainsi des travaux qui s'avèrent généralement fort coûteux. Par contre, on réduit ainsi la visibilité pour les chauffeurs qui doivent circuler sur le chemin, surtout s'il y a une courbe à proximité de l'ouvrage. Cette pratique ne peut donc être recommandée dans tous les cas, mais on doit néanmoins en considérer la pertinence lorsqu'on planifie le réseau routier.

Quand il détermine le tracé que suivra le chemin, l'industriel devrait bien indiquer les arbres à conserver sur les rives du cours d'eau, de part et d'autre de l'ouvrage.

Figure 4

Divers modes de protection des rives



1.4.11 Le passage à gué

La **Loi sur les forêts** interdit de circuler dans le lit d'un lac ou d'un cours d'eau avec une machine utilisée pour l'aménagement forestier, sauf pour y installer un pont, un ponceau ou un pont amovible et, même alors, on doit respecter les règles énoncées ci-après :

- 1° Lorsqu'on traverse un cours d'eau à gué, on doit s'efforcer de préserver le couvert végétal sur les rives et de réduire au minimum l'apport de sédiments dans l'eau.
- 2° Les passages à gué doivent être clairement signalisés.
- 3° On doit éviter de traverser un cours d'eau à gué dans un secteur où les berges sont fortement inclinées.
- 4° Pour éviter de troubler l'eau lorsqu'on traverse à gué, on doit s'en tenir aux secteurs où le lit du cours d'eau est rocailleux.
- 5° On doit nettoyer soigneusement les parties de la machinerie qui sont immergées lors du passage à gué. L'aire de nettoyage doit être à plus de 60 m du cours d'eau.
- 6° La machinerie avec laquelle on traverse le cours d'eau doit être en bon état. On doit s'assurer qu'il n'y a aucune fuite d'huile ou d'essence.
- 7° On doit bloquer l'accès aux gués de part et d'autre du cours d'eau afin d'empêcher les véhicules tout terrain de l'emprunter.
- 8° Si les berges s'érodent facilement, on doit les stabiliser.
- 9° On doit traverser les cours d'eau à angle droit.
- 10° On devrait se contenter d'emprunter les gués pendant la période la plus sèche de l'année.

Source : Adapté de MTQ, 1992.

1.5 Les considérations socio-économiques

La protection des habitats fauniques n'est pas seulement liée à des enjeux écologiques et environnementaux, mais aussi à des enjeux socio-économiques importants. Toute perte d'habitat réduit la productivité des écosystèmes aquatiques et, conséquemment, les populations de poissons. La pêche est donc affectée. Or, une enquête menée en 1992 (MEF, 1994)

révèle que cette activité sportive a d'importantes retombées économiques pour le Québec :

- **1,2 million de Québécois s'adonnent à la pêche, soit 1 Québécois sur 5 ;**
- **1,5 milliard de dollars de retombées économiques directes et indirectes ;**
- **près de 20 000 emplois sont générés annuellement par cette activité.**

1.6 Les aspects juridiques

Les législateurs sont conscients de l'importance de nos cours d'eau sur les plans environnemental, sociologique et économique. Conséquemment, nos règlements et politiques renferment de nombreuses dispositions qui visent à assurer que les ouvrages d'art aménagés dans le milieu forestier répondent vraiment aux besoins, sans affecter la qualité de l'environnement.

Toute personne qui aménage un pont, un ponceau ou un autre type d'ouvrage dans le milieu forestier doit respecter les lois, règlements et politiques en vigueur, dont :

- la **Loi sur les terres du domaine public**,
- la **Loi sur les forêts**,
- le **Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public**,
- la **Loi sur la santé et la sécurité au travail**,
- la **Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune**,
- le **Règlement sur les habitats fauniques**,
- la **Loi des ingénieurs**,
- la **Loi des ingénieurs forestiers**,
- la **Loi sur la protection des eaux navigables**,
- la **Loi sur les pêches**,
- la **Loi sur la qualité de l'environnement**,
- le **Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement**,
- la **Loi sur le régime des eaux**,
- le **Règlement sur le domaine hydrique public**,
- la **Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables**.



Chapitre 2

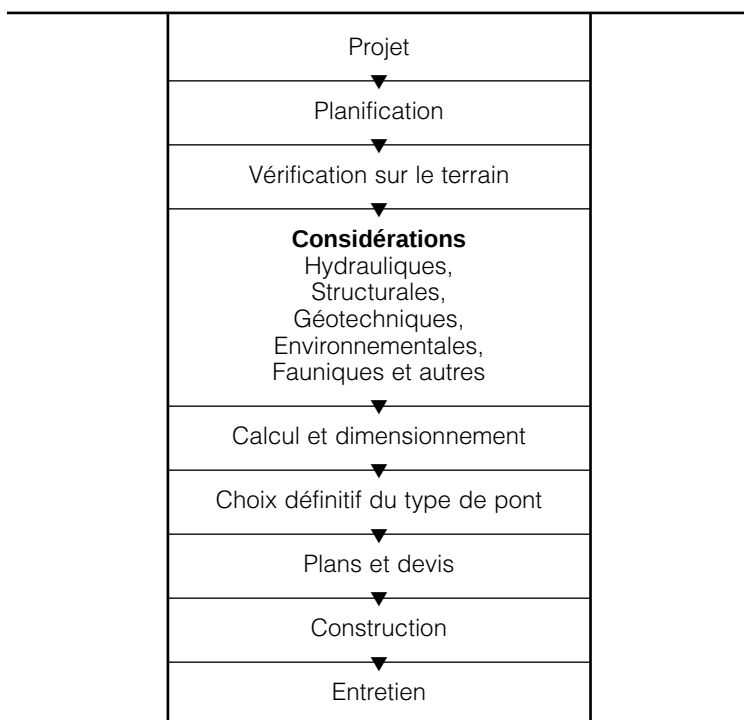
LES PONTS

Les ponts et les ponceaux sont des ouvrages d'art aménagés pour franchir un cours d'eau ou un obstacle. Toutefois, les ponts sont généralement des ouvrages de portée supérieure, qui reposent sur des culées et peuvent comporter plus d'une travée, ce qui nécessite alors la construction d'une ou de plusieurs piles.

Ce deuxième chapitre décrit les différentes étapes à suivre pour construire un pont (tableau 3) et il traite des facteurs à considérer ainsi que des précautions à prendre à chacune de ces étapes. On y indique enfin comment entretenir ces ouvrages d'art.

Tableau 3

Étapes à suivre pour la construction d'un ouvrage d'art



2.1 La planification

À cette étape, on s'efforce surtout de rassembler toutes les données qui pourraient s'avérer utiles au concepteur. Ces informations tirées, notamment, des cartes topographiques et forestières, des photographies aériennes et des cartes d'affectation permettront de faire les calculs hydrauliques et le dimensionnement préliminaire du pont. Il importe, en effet, d'évaluer, dès le point de départ, le débit de conception au site où l'on veut construire le pont. Ce débit devra être ajusté afin de tenir compte à la fois d'une période de récurrence des crues, qui varie selon l'envergure du bassin versant, et de l'importance de l'ouvrage projeté. On suggère fortement de considérer une période de 25 ans.

Par la suite, on positionne la structure sur une carte topographique du site, en tenant compte du débit de conception, de l'ouverture à laisser entre les unités de fondation et du niveau des hautes eaux de conception.

2.2 La vérification sur le terrain

La conception du pont dépend, en bonne partie, des résultats de la visite sur le terrain, car c'est à ce moment que le responsable obtient les données nécessaires pour faire ses calculs et cerner les problèmes actuels et éventuels dont il devra tenir compte. Elle lui permet aussi de valider le positionnement de la structure, en tenant compte du niveau des plus hautes eaux observé, de la navigabilité du cours d'eau ainsi que des glaces et des débris charriés, le cas échéant. La visite sur le terrain est donc toujours essentielle.

Les données cueillies sur le terrain peuvent être utilisées pour vérifier :

- les débits, si les résultats obtenus par les méthodes habituelles ne sont pas probants ;
- l'évaluation des débits de crue ;
- les dimensions proposées ;
- si l'emplacement retenu est adéquat et l'alignement prévu optimal.

C'est également lors de la visite sur le terrain qu'on peut :

- évaluer les risques de dégradation du lit du cours d'eau et d'érosion latérale ;
- vérifier la présence de castors ou de débris ;
- cerner les caractéristiques du bassin versant et du site qui peuvent influencer l'écoulement des eaux ;
- déterminer la période la plus propice pour construire l'infrastructure sans affecter l'environnement et la faune.

2.2.1 La planification de la visite sur le terrain

Si la visite sur le terrain est soigneusement préparée, elle sera moins longue et l'on risque moins d'oublier des données importantes. Le travail préparatoire consiste à rassembler et à examiner toutes les données disponibles : cartes topographiques, plan de localisation et photographies aériennes du site, cartes du risque d'inondation, qualité de l'eau, présence de poissons, etc. On devrait également reporter le tracé de la route proposée sur une photographie aérienne ou sur un plan.

2.2.2 Les données à cueillir sur le terrain

a) La route projetée

Les concepteurs et les autres personnes concernées ont intérêt à suivre le tracé de la route proposée sur le terrain et à examiner tous les sites où l'on pourrait avoir à construire un pont, en notant tous les éléments qui pourraient leur être utiles : drainage, type de sol, etc.

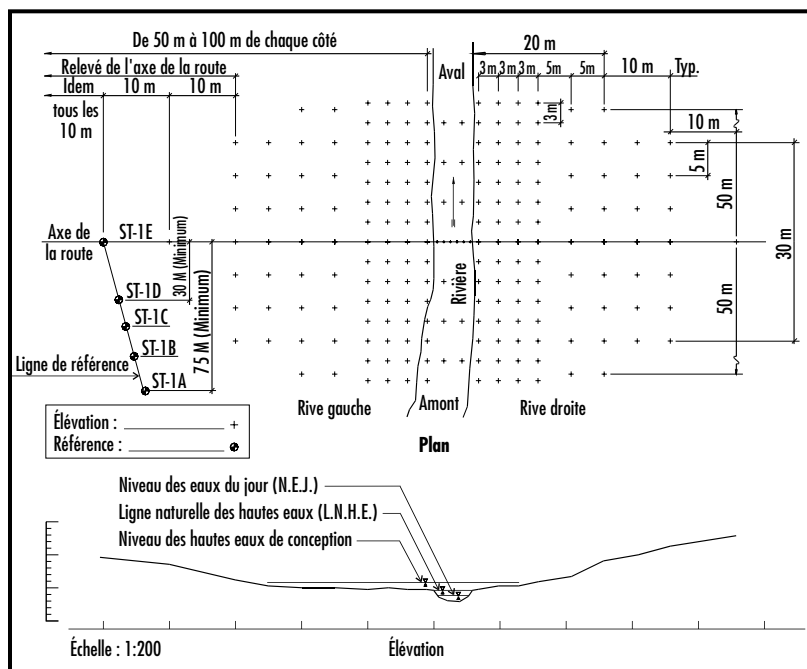
b) La topographie du site

Les données relatives à la topographie du site sont précieuses, car elles permettent à l'arpenteur d'élaborer le plan topographique qui, utilisé conjointement avec les photographies aériennes, facilite la conception du pont et valide le choix du site retenu.

Lors de la visite sur le terrain, on doit notamment faire le relevé topographique de la ligne de centre de la route projetée sur une distance minimale de 50 m, de part et d'autre du cours d'eau, et, transversalement, sur une distance de 15 m de chaque côté de cette ligne. On doit également relever les élévations du terrain, le long du cours d'eau, sur une distance minimale de 50 m, tant en amont qu'en aval de la ligne de centre projetée et, transversalement, sur une distance minimale de 20 m à partir des berges. Selon la topographie et la configuration du site, on doit parfois faire des relevés sur de plus grandes distances afin d'obtenir toute l'information nécessaire (figure 5).

c) L'environnement et la faune

Les préoccupations des spécialistes de l'environnement et de la faune rejoignent souvent celles des ingénieurs. Par exemple, quel que soit le point de vue où l'on se place, il faut éviter l'affouillement et la dégradation excessive du lit du cours d'eau à proximité de la structure. Néanmoins, ces considérations peuvent augmenter les coûts d'un projet en imposant la période, l'endroit et la méthode de construction.

Figure 5**Plan topographique**

La visite sur le terrain permet de cueillir ou de vérifier les données requises pour évaluer l'impact éventuel de l'ouvrage sur l'environnement et la faune :

- qualité de l'eau,
- direction de l'écoulement,
- espèces fauniques présentes (poissons, sauvagine, etc.),
- périodes de migration et de fraie des poissons,
- emplacement des frayères ainsi que des aires d'alimentation et d'alevinage,
- berges et rives (substrat et végétation),
- zones sujettes à l'érosion,
- date moyenne de la crue annuelle,
- utilisation du secteur (tourisme, récréation, prise d'eau, etc.).

N.B. Certaines de ces informations sont disponibles au ministère de l'Environnement et de la Faune.

d) Les conditions d'écoulement

Des indices relevés sur le terrain permettent d'estimer, de mesurer ou de vérifier le niveau d'eau du jour (N.E.J.), le niveau des hautes eaux de conception ainsi que le débit de crue. On peut déterminer le niveau des hautes eaux de conception à partir des indices suivants :

- débris fins, tels que les branches et les herbes, sur les structures et les talus (c'est souvent l'indice le plus fiable en cas de crue récente) ;
- débris grossiers, tels que troncs d'arbres, branches, etc., abandonnés par l'eau dans la plaine inondable ou accrochés au tablier d'un pont à remplacer ;
- lignes de lavage ou marques laissées sur les berges dépouillées de végétation ;
- boue ou limon déposé sur la végétation, les structures, etc. ;
- lignes laissées sur la neige par un haut niveau d'eau récent ;
- blessures que les glaces ont infligées aux arbres.

La vitesse d'écoulement est un paramètre particulièrement utile pour estimer et vérifier les débits de conception. On la mesure assez facilement, quoique de façon approximative, par la méthode du flotteur. Pour ce faire, on note à plusieurs reprises le temps mis par des objets flottants, tels des morceaux de glace ou de bois, pour franchir une distance assez longue sur le cours d'eau. Une méthode de calcul est proposée à la section 5.1. du guide.

e) Les caractéristiques du lit du cours d'eau

Un cours d'eau peut être rectiligne, sinueux, divisé en de multiples canaux, etc. Or, ces traits morphologiques peuvent avoir une incidence sur les mouvements du lit et l'érosion des berges. Il importe donc de les analyser soigneusement dans le secteur où l'on compte installer le pont.

Les observations faites sur le terrain permettent d'évaluer la stabilité actuelle et future du cours d'eau, donnée essentielle pour choisir le site et l'alignement de la structure ainsi que pour prévoir les mesures de protection à mettre en place, au besoin. Lors de la visite, on doit noter la pente du cours d'eau et la nature des matériaux qui en constituent le lit. Soulignons que le lit d'un cours d'eau se dégrade ou s'abaisse lorsque sa capacité de transporter des sédiments augmente, soit à cause d'une hausse du débit de crue, soit parce que la pente du cours d'eau devient plus abrupte. Lors de la conception du pont, on devra tenir compte de cette dégradation puisqu'en l'espace de quelques années à peine, le lit peut s'abaisser de quelques centimètres à quelques mètres et, si la structure n'est pas conçue en conséquence, elle peut être minée et, éventuellement, s'affaisser.

f) La glace

La glace peut affecter les ponts de différentes façons, particulièrement au printemps, lorsque des embâcles se forment. Il est donc important de savoir si elle peut créer des problèmes sur le site envisagé pour l'aménagement du pont. Si tel est le cas, on doit préciser les effets qu'un embâcle aurait éventuellement sur l'ouvrage et les propriétés riveraines situées à proximité. En fait, le temps consacré à cueillir des données relatives à la glace doit être proportionnel à l'importance de la structure et à la gravité des problèmes observés.

Les embâcles se forment généralement à l'embouchure des cours d'eau, dans les secteurs sinueux, aux endroits où les eaux sont peu profondes et dans les zones où la pente du cours d'eau est faible. Ils peuvent parfois provoquer de fortes inondations. Malheureusement, il est difficile de détecter les sites où des embâcles se sont formés dans le passé. On doit généralement se fier à des témoins oculaires, comme les usagers du réseau routier et les responsables des ministères concernés, par exemple.

Lors de la visite sur le terrain, on devrait noter :

- la hauteur des cicatrices laissées par les glaces sur les arbres ;
- les indices de forte inondation : traces d'érosion, jeunes arbres couchés, etc. ;
- les signes de poussée des glaces sur les berges ou dans la plaine inondable ;
- s'il y a un barrage ou un lac en amont de l'ouvrage, la longueur du cours d'eau qui pourrait contribuer à l'embâcle, puisque la quantité de glace qui passe en un point donné est proportionnelle à la longueur du cours d'eau en amont ;
- les secteurs où il y a risque d'embâcle, comme les courbes, les étranglements et les structures en place, de même que la possibilité de corriger la situation.

Au besoin, on peut consulter les spécialistes du ministère de l'Environnement et de la Faune dans la région.

g) Les débris

Les débris, qui proviennent surtout de l'érosion, peuvent entraver sérieusement l'écoulement de l'eau. Or, la capacité qu'a un cours d'eau de charroyer des débris peut influencer le type de pont à construire, sa hauteur ainsi que le nombre de travées. Il est donc important de l'estimer (fort, moyen, faible), lors de la visite sur le terrain, à partir de la quantité de débris observée sur les rives (arbres morts, débris susceptibles d'être emportés par les crues ou les glaces, etc.), de la pente du cours d'eau ainsi que des risques d'érosion et de chablis le long des berges.

h) Les castors

Les barrages de castors modifient les conditions hydrauliques locales. De plus, lorsqu'ils se rompent ou qu'ils sont démolis par des personnes autorisées, ils peuvent causer des inondations assez fortes pour éroder gravement le lit des cours d'eau et endommager les routes et les ponts.

Lors de la visite sur le terrain, il est bon de noter s'il y a des barrages de castors à moins d'une centaine de mètres en amont et immédiatement en aval du site où l'on veut aménager l'ouvrage et, si tel est le cas, leur emplacement et leur hauteur approximative. On pourra ainsi évaluer l'importance des problèmes et en tenir compte dans la conception de la nouvelle structure et de ses approches.

i) Les barrages

S'il y a un barrage en aval d'un pont ou d'un ponceau, cela peut affecter les niveaux d'eau et, par conséquent, l'affouillement et les remous qui se produiront à proximité de l'ouvrage. Par ailleurs, s'il y a un barrage très proche, à l'amont, on risque de connaître de sérieux problèmes d'érosion qui pourraient même aller jusqu'à la destruction de la structure si le barrage était emporté par les eaux. Si l'on connaît la charge hydraulique qui s'exerce sur le barrage lors des crues importantes, on peut calculer le débit de crue à partir des dimensions du déversoir et vérifier ainsi le débit de conception. Si le barrage est géré par une entreprise qui enregistre les débits, il n'est pas nécessaire de connaître les dimensions du déversoir.

Les informations à noter lors de la visite sur le terrain sont donc :

- l'emplacement du barrage, le cas échéant, et la distance approximative qui le séparerait de la structure projetée, tant en amont qu'en aval ;
- l'état du barrage et de ses approches.

j) Les témoins

On a intérêt à interroger le personnel du ministère des Ressources naturelles et du ministère de l'Environnement et de la Faune ainsi que les responsables municipaux et les représentants de divers organismes locaux, puisqu'ils sont généralement en mesure de nous donner des renseignements qu'on ne saurait obtenir ailleurs.

Ces témoins sont particulièrement bien placés pour vérifier le niveau des hautes eaux de conception et confirmer les données cueillies lors de l'inspection du site ainsi que les résultats des calculs hydrologiques et hydrauliques.

k) La navigabilité du cours d'eau

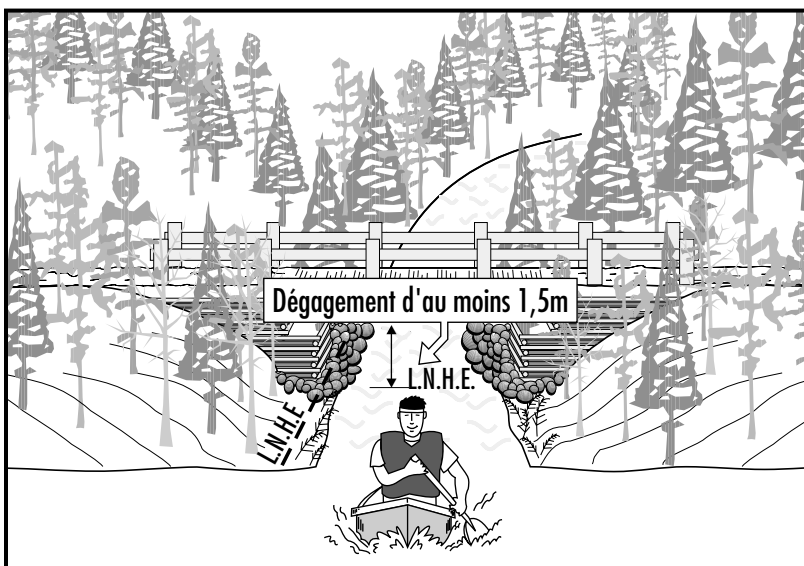
La navigabilité du cours d'eau est une autre information utile qu'on peut obtenir de l'agent responsable de l'application de la **Loi sur la protection des eaux navigables**, à la Garde côtière canadienne (Pêches et Océans Canada). Si le cours d'eau est navigable, on doit s'enquérir des exigences à respecter.

Par ailleurs, si le cours d'eau fait partie d'un parcours de canot-camping ou de descente de rivière ou, encore, s'il mène à des terrains de piégeage, on doit s'assurer qu'il y a au moins 1,50 mètre entre la ligne naturelle des hautes eaux et la partie inférieure de l'ouvrage (figure 6 - RNI, article 33).

Il faut également vérifier si le site considéré pour l'installation de l'ouvrage d'art fait partie d'une zone de plaines inondables¹, car ces territoires relèvent de la compétence du ministère de l'Environnement et de la Faune.

Figure 6

Dégagement requis pour le passage des embarcations



¹ Les plaines inondables sont délimitées conformément à la **Convention entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec relativement à la cartographie et à la protection des plaines d'inondation et au développement durable des ressources en eau**.

2.2.3 Les éléments à considérer dans le dimensionnement de l'ouvrage

2.2.3.1 Les considérations hydrauliques

La construction d'un pont, permanent ou temporaire, modifie généralement le régime d'écoulement d'un cours d'eau et amène la création d'un nouvel équilibre que le concepteur doit prévoir pour assurer la stabilité de l'ouvrage. Par exemple, si l'ouverture est insuffisante, les terrains et les résidences situés en amont du pont pourraient être inondés et, si la granularité des matériaux utilisés n'est pas adéquate, l'ouvrage pourrait provoquer l'affouillement du lit et des berges du cours d'eau.

Les informations recueillies lors de la planification et de la vérification sur le terrain permettent de bien connaître les caractéristiques et le comportement du cours d'eau. On est alors plus en mesure de choisir le type d'ouvrage indiqué et de concevoir la structure qui convient le mieux, compte tenu du site. Les données relatives à la morphologie du sol, la pente, la section type du cours d'eau de même que la composition de son lit et de ses berges servent de base aux équations d'écoulement.

Les données relatives à la pente du cours d'eau ont une influence directe sur la conception du pont. Elles sont saisies lors du relevé topographique du site ou estimées à partir des cartes topographiques. L'analyse du profil longitudinal du cours d'eau peut permettre de déceler d'éventuels problèmes. On sait, par exemple, qu'une pente très forte se traduit habituellement par des vitesses d'écoulement élevées et qu'elle augmente les possibilités d'affouillement et d'érosion. Par contre, si l'ouvrage est aménagé dans un secteur où la pente est faible et où l'eau s'écoule lentement, on pourrait être confronté à des problèmes de sédimentation. Pour évaluer l'impact de l'ouvrage sur l'écoulement du cours d'eau, on doit choisir, sur le plan topographique, une section représentative du cours d'eau dans le secteur considéré pour l'aménagement de l'ouvrage.

2.2.3.2 Les considérations structurales

Tout pont doit être conçu en fonction des charges et des forces qu'il devra supporter. Les charges permanentes sont le poids des composantes du pont et de tous les éléments permanents qu'on peut lui ajouter au cours de sa vie utile ainsi que les surcharges routières, que l'on évalue en se basant sur un camion de conception, c'est-à-dire sur un véhicule d'une configuration donnée. On doit aussi considérer d'autres charges, dont la force de freinage, la vélocité des vents (charges de vent), les efforts thermiques, la force du courant et la pression hydrostatique. Dans le cas d'un pont acier-bois, on n'a pas à considérer toutes ces charges, en raison de la flexibilité de la structure, mais on doit tenir compte de la poussée des terres, qui tend

à renverser les caissons ou à les déplacer latéralement. Soulignons toutefois que le poids des caissons et les forces verticales du tablier jouent un rôle stabilisateur (figure 7).

2.2.3.3 Les considérations géotechniques

Avant de construire un pont, on doit analyser la nature et la capacité portante du sol en place, qui guideront le choix du type de structure et des méthodes de construction de l'ouvrage. Cette étude sera plus ou moins élaborée selon l'importance de l'ouvrage et la hauteur des remblais.

La capacité portante du sol varie considérablement selon sa nature : socle rocheux, matériaux granulaires (sable et gravier) ou matériaux fins, tels les argiles, les silts, les tills et les sols organiques. Les tableaux 4, 5 et 6, tirés du **Manuel canadien d'ingénierie des fondations**, indiquent la capacité portante des différents types de sols.

Figure 7

Forces exercées sur un caisson à claire-voie

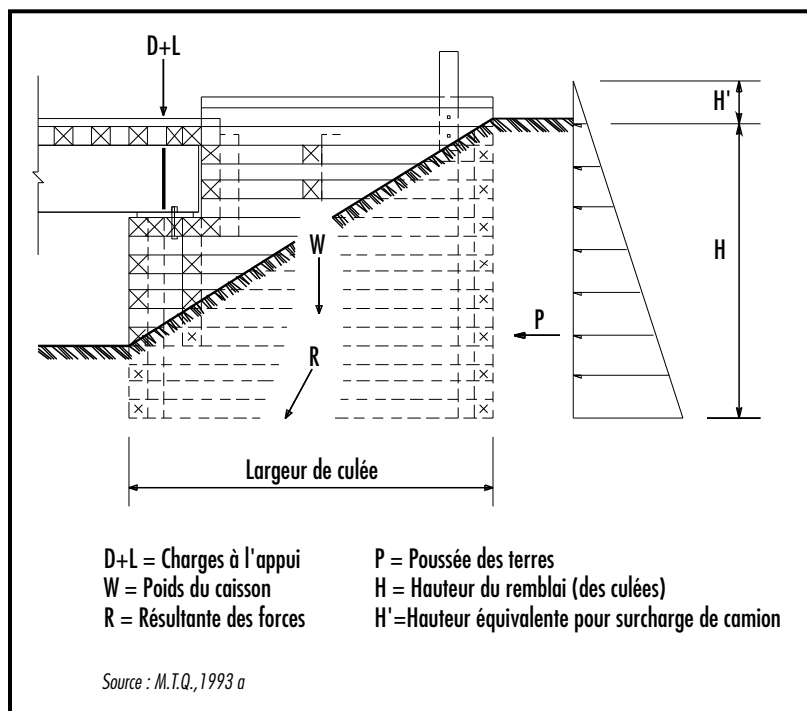


TABLEAU 4**Capacité portante admise du socle rocheux**

TYPE DE ROC	CAPACITÉ PORTANTE ADMISE (kPa)
Roches ignées et métamorphiques saines, telles les roches granitiques	de 3 000 à 10 000
Roches sédimentaires saines, tels les grès, les calcaires et les conglomérats	de 1 000 à 3 000
Schistes et shales argileux sains	500

Les rocs très fracturés et altérés, comme les shales et les schistes, n'ont pas une capacité portante uniforme. Il faut donc écailler et nettoyer la surface du socle rocheux pour corriger la situation avant de construire l'ouvrage d'art. Les roches calcaires posent aussi des difficultés, car elles peuvent renfermer des cavités (karst). On règle ce problème de la même façon que pour les shales et les schistes. Un sol constitué d'alluvions très lâches, récemment déposées aux abords des cours d'eau, présente aussi des difficultés.

TABLEAU 5**Capacité portante admise des sols granulaires**

TYPE DE SOL	CAPACITÉ PORTANTE ADMISE (kPa)¹
Gravier dense ² Sable graveleux dense	300 min.
Gravier compact Sable graveleux compact	de 100 à 300
Gravier lâche Sable graveleux lâche	100 max.
Sable dense	150 min.
Sable compact	150 max.
Sable lâche	50 max.

1 Ces valeurs tiennent compte de la nappe phréatique.

2 La densité ou compacité des sols est généralement déterminée par un essai de pénétration standard.

TABLEAU 6**Capacité portante admise des sols fins et des sols organiques**

TYPE DE SOL	CAPACITÉ PORTANTE ADMISE (kPa)¹
Till (mélange hétérogène) ²	de 300 à 600
Argile raide ³	de 150 à 300
Argile ferme	de 75 à 150
Argile molle Silt	75 max.
Argile très molle Silt très mou Sol organique	à évaluer
1 Les sols argileux et organiques posent des problèmes de stabilité et de tassement sous charge et les sols silteux, de capacité portante. 2 Les tills sont composés d'un mélange d'argile, de silt, de sable et de gravier, en proportions variables. Néanmoins, les particules fines (silt et argile) constituent souvent la fraction dominante. 3 La consistance de l'argile est généralement déterminée à l'aide d'un scissomètre de chantier.	

Enfin, lorsqu'on aménage un ouvrage d'art dans un sol fin ou organique, on est souvent confronté à des problèmes de fondation, de stabilité et de tassement. La capacité portante de ces sols varie généralement de faible à très faible. Or, si l'ouvrage excède cette capacité, il y a manifestement risque de rupture de la fondation. On devra donc prendre des précautions additionnelles. Ainsi, si la capacité portante du sol de fondation est insuffisante pour supporter le poids du remblai, on peut rallonger la structure pour réduire l'importance du remblai requis. On fera de même si l'on doit installer un caisson à claire-voie dans un sol dont la capacité portante est très réduite, à cause de sa teneur en argile molle ou en silt.

2.2.3.4 Les considérations environnementales et fauniques

Quand on construit un pont, on doit s'efforcer de le faire aussi rapidement que possible afin de réduire les incidences environnementales et fauniques. On doit aussi effectuer les travaux pendant les périodes où l'on risque moins de déranger la faune aquatique et en s'efforçant de réduire le bruit et l'impact visuel de l'ouvrage au minimum. Ainsi, il est interdit de perturber le cours d'eau pendant les périodes de montaison du poisson définies par le ministère de l'Environnement et de la Faune (tableau 2 et RNI, article 37). On doit également tenir compte de la période d'étiage, qui correspond habituellement aux mois de juillet et d'août, et qui est la plus propice pour la construction d'un ouvrage d'art.

Les matériaux d'emprunt utilisés pour la construction de l'ouvrage ne doivent pas provenir du cours d'eau, sauf si l'on creuse pour en améliorer le lit. Par ailleurs, l'équipement et les matériaux utilisés pour les travaux doivent être rangés à une bonne distance du cours d'eau. De plus, l'entretien et le ravitaillement de la machinerie en carburant doivent être effectués à plus de 60 m du cours d'eau.

2.2.4 Le calcul et le dimensionnement du pont

C'est à cette étape qu'on effectue la plupart des calculs et des vérifications liés au dimensionnement du pont. Les exigences relatives à ces calculs sont décrites dans la norme de l'Association canadienne de normalisation : CAN/CSA-S6-88, **Calcul des ponts-routes**.

2.2.5 Le choix définitif du type de pont à construire

On choisit le type de pont en fonction de la portée que l'ouvrage devra avoir et de la capacité portante du sol qui servira d'appui aux unités de fondation. Si plusieurs types de ponts sont envisageables, le concepteur doit effectuer une analyse coûts-bénéfices et se fier à son expérience pour trancher la question.

Tous les ponts doivent satisfaire à deux exigences fondamentales : être suffisamment résistants pour ne pas s'effondrer et permettre l'usage prévu. Leur conception doit donc tenir compte des états limites ultimes, qui déterminent la sécurité de l'ouvrage, et des états limites d'utilisation, qui reflètent le comportement du pont en service. À cet effet, on doit respecter la norme CAN/CSA-S6-88.

Les états limites ultimes correspondent à la rupture totale ou partielle du pont, qui n'entraîne pas nécessairement sa dislocation et son effondrement, mais réduit la capacité portante de l'ouvrage ainsi que sa durée de vie. On les détermine en comparant la résistance des éléments structuraux et la combinaison de charges la plus critique.

La norme CAN/CSA-S6-88 détermine les états limites d'utilisation à respecter pour l'ensemble des ouvrages. Cependant, dans le cas des ponts acier-bois, on peut se satisfaire d'une flèche attribuable à la surcharge et à l'impact qui soit plus petite ou égale à la portée divisée par 600.

Avant d'arrêter son choix définitif, le concepteur doit tenir compte à la fois des types de structures possibles, compte tenu des considérations mentionnées précédemment, et des facteurs économiques (coûts de construction, d'entretien, etc.).

2.2.6 Le choix des matériaux

Les deux principaux facteurs qui influencent le choix de l'acier pour construire la charpente sont la disponibilité des matériaux et les risques de corrosion inhérents au milieu aquatique. On doit toujours respecter la norme CAN/CSA G40.21M, **Aciers de construction**.

On recommande généralement d'avoir recours à un acier résistant à la corrosion atmosphérique, de type AT. L'acier de nuance 350AT, de catégorie 2, est le plus couramment utilisé pour les poutres, sauf à proximité d'une étendue d'eau salée. On considère l'acier galvanisé de nuance 350WT, de catégorie 2, comme un équivalent acceptable. Cependant, ces produits et, particulièrement, les profilés laminés, sont difficiles à trouver au Canada.

Lorsqu'un ouvrage a une portée inférieure à 15 m et que l'utilisation de profilés laminés W est justifiable économiquement, le concepteur devrait opter pour un acier de nuance 300W. Si la portée du pont est supérieure à 15 m et que le recours à des profilés soudés WWF est justifiable, il devrait exiger un acier de nuance 350AT.

Pour les diaphragmes, les contreventements et les plaques d'appui, on utilise généralement de l'acier galvanisé de nuance 300W. Toutefois, les aciers galvanisés de nuance 350AT, 350A ou 350WT sont considérés comme des équivalents acceptables.

2.2.7 Les plans et devis

Lorsqu'on projette de construire un pont, on doit notamment dresser le plan complet de la structure et préparer un devis dans lequel on précisera les exigences à respecter (annexe 2).

Le plan doit regrouper les éléments suivants :

- une vue de l'ouvrage en plan, de profil et en élévation ainsi qu'une coupe ou une section du tablier et toute figure utile pour comprendre la géométrie et la structure du pont ;
- la largeur et la longueur de la structure ;
- les dégagements ;
- les élévations ;
- les chaînages, angles et points de référence de l'ouvrage par rapport à la topographie.

À ce document, on joint généralement, le plan de localisation, la liste des feuillets, la description générale du futur ouvrage, le plan d'ensemble, la géométrie du pont, les plans des détails de la structure, l'étude géotechnique ainsi que le plan topographique du site. En fait, on doit joindre au plan

tous les renseignements dont l'entrepreneur pourrait avoir besoin pour préparer sa soumission et construire l'ouvrage, y compris les matériaux à utiliser et la façon de les disposer.

Le devis spécial renferme les exigences à respecter lors de la réalisation d'un projet. Ce document, qui doit être aussi clair que précis, complète le cahier des charges et devis généraux du MTQ.

2.3 La construction du pont

Quel que soit le type de pont à mettre en place, on doit suivre certaines étapes déterminantes pour la durée de vie de l'ouvrage : excavation, préparation du site, aménagement des approches, détournement du cours d'eau, si nécessaire, préparation de la fondation et remblayage de la structure. Dans tous les cas, on devrait respecter les règles de l'art et se référer au **Cahier des charges et devis généraux du ministère des Transports du Québec (C.C.D.G.)**.

2.3.1 Les ponts temporaires

On aménage généralement un pont temporaire pour donner accès à un site où l'on construit un pont permanent de grande envergure et on doit l'éliminer quand il n'est plus utile, car il n'est pas fait pour un usage prolongé. Même si cet ouvrage n'est conçu que pour la durée de la construction du pont permanent, il doit avoir une ouverture suffisante pour ne pas entraver l'écoulement de l'eau. La construction des ouvrages temporaires est d'ailleurs soumise aux mêmes normes que celle des ponts permanents.

Le pont temporaire a plus d'envergure que le pont amovible et, contrairement à ce dernier, il repose généralement sur des culées. On ne construit pas de ponts temporaires dans les sentiers de débardage, ni dans les chemins d'hiver.

Quand on élimine les ponts temporaires, on doit redonner au cours d'eau son allure originale et débarrasser le site de tous les débris et déchets qui y sont accumulés.

2.3.2 L'excavation

- Lors de l'excavation, on doit respecter les normes relatives à la sécurité sur les chantiers.
- Dans un sol très perméable, comme le sable, le gravier ou un roc très fracturé, on doit contrôler les infiltrations d'eaux souterraines et de surface.

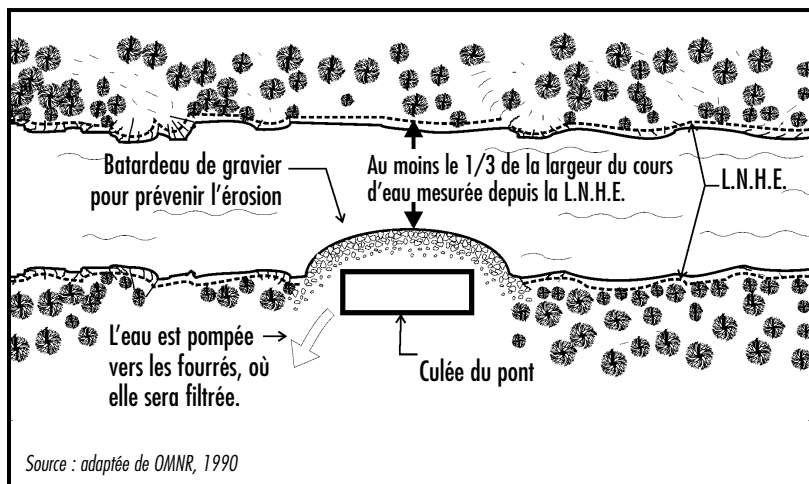
2.3.3 L'assèchement de la zone de travail

Lorsqu'on doit creuser le lit d'une rivière pour aménager les culées et les fondations du pont, on ne peut le faire en eau vive. On est forcé d'isoler le chantier en construisant un batardeau ou en creusant un canal de dérivation des eaux afin de réduire au minimum le déversement de terre dans le cours d'eau et installer l'ouvrage en terrain sec, comme il se doit. Comme il est habituellement impossible de détourner toutes les eaux à la fois, on aménage des canaux de dérivation partielle à l'aide de batardeaux qui encerclent les aires de travail.

Si les considérations environnementales et fauniques l'exigent, particulièrement à proximité des milieux sensibles, comme les frayères, par exemple, on devrait installer des batardeaux métalliques plutôt que d'en aménager avec des matériaux granulaires ou par enrochement. Rappelons qu'il faut toujours s'assurer que les batardeaux n'obstruent pas plus des deux tiers de la largeur du cours d'eau (figure 8 - RNI, article 36).

Figure 8

Rétrécissement d'un cours d'eau pour la construction d'un pont



De plus, quand on doit pomper l'eau qui s'accumule dans un batardeau, on doit la déverser dans une zone de végétation, à 20 m au moins du cours d'eau. On peut également la filtrer dans des ballots de foin ou la déverser dans un bassin de sédimentation, afin de permettre aux particules en suspension de se déposer avant de retourner l'eau à son point de départ.

Les matériaux utilisés pour construire des batardeaux de terre ne doivent pas renfermer plus de 10 % de matières assez fines pour échapper à un tamis de 80 microns, car les particules de cette taille demeurent en suspension dans l'eau. Si le pourcentage de matières fines est supérieur à 10 %, on devra installer une toile filtrante ou un filtre granulaire dans le batardeau, afin de les y retenir.

2.3.4 Les fondations

2.3.4.1 La préparation du site

- Pour minimiser les tassements différentiels, on doit s'assurer que le sol a une capacité portante uniforme au fond de l'excavation et, au besoin, remplacer les matériaux de plus faible capacité.
- La fondation de l'ouvrage ne doit renfermer ni pierres de diamètre supérieur à 100 mm, ni sol gelé ou organique.
- Si l'ouvrage doit être aménagé sur du roc, on peut être obligé d'installer un coussin de régalage en béton ou en matériaux granulaires de calibre 20-0, pour uniformiser la fondation.
- L'assise du pont permet de distribuer uniformément les forces que le sol exerce sur la fondation de l'ouvrage. Le remblayage des unités de fondation est une étape importante lors de la mise en place du pont.

2.3.4.2 Les fondations en béton armé

Si la surface rocheuse est jugée saine, on peut couler le radier directement dessus. On devra néanmoins prévoir certains ancrages que l'on choisira en fonction de la qualité du roc (fissuration) et de son angle d'inclinaison. Si l'ouvrage est aménagé dans un sol granulaire, de capacité portante élevée, le radier est coulé sur le sol densifié, conformément aux recommandations formulées dans le C.C.D.G. On installe généralement des pieux de support pour donner plus de stabilité à l'ouvrage.

Soulignons qu'on doit éviter de construire un pont aux fondations de béton armé dans les sols fins ou organiques.

2.3.4.3 Les fondations de caissons à claire-voie

Si le pont est construit sur le roc, on peut déposer les caissons à claire-voie directement sur la surface rocheuse, en comblant les dénivellations avec un

coussin de matériel granulaire. Dans un sol granulaire de capacité portante élevée, on les place aussi directement sur le sol densifié, conformément aux spécifications du C.C.D.G. Par contre, quand le sol est constitué de matériaux fins (silt, argile), donc sujet au tassement, on installe les caissons sur un coussin de support, toujours conformément aux recommandations du C.C.D.G.

On doit éviter de construire un pont avec fondations à caissons dans un sol organique.

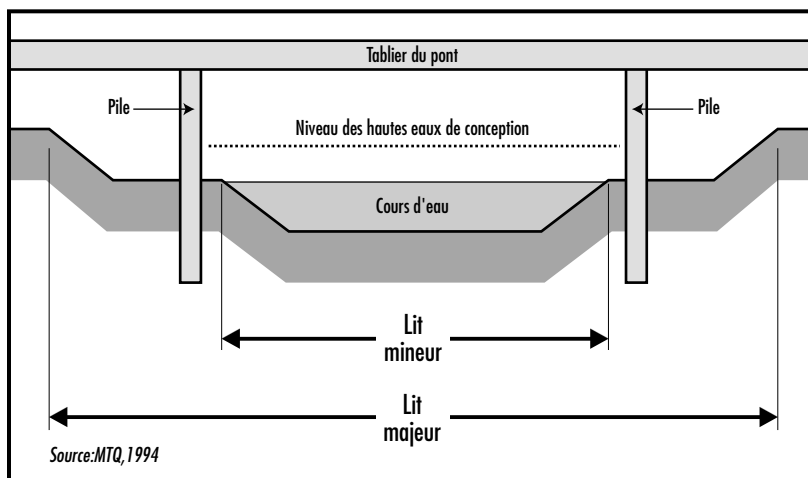
2.3.4.4 La stabilisation des fondations

Lorsque la vitesse d'écoulement des eaux autour des unités de fondation dépasse celle que les matériaux du lit du cours d'eau peuvent supporter, en raison de leur granulométrie, on doit prévoir des mesures de protection. L'enrochement est une méthode efficace, du moins si les vitesses d'écoulement sont modérées : on incorpore au lit des pierres d'un diamètre suffisant pour résister à la force de l'eau. Il comporte aussi d'autres avantages appréciables : les roches sont généralement disponibles sur place ; elles se tassent bien et l'affouillement est modéré. De plus, il est facile de le rectifier s'il s'avère instable. Si l'on a du mal à trouver la pierre requise, on peut obtenir une protection équivalente en consolidant les unités de fondation avec des sacs de sable et de ciment, des blocs de béton préfabriqués, des gabions, etc. Si le sol s'érode très facilement, on doit disposer les pierres ou tout autre matériau utilisé sur une membrane géotextile, pour empêcher les particules fines d'être emportées par le courant.

On doit protéger les unités de fondation du pont contre l'action érosive des courants qui s'exerce jusqu'au niveau des hautes eaux de conception. Les matériaux choisis pour ce faire doivent être placés avec soin, à l'aide d'une machinerie adéquate, plutôt que déversés dans l'eau. La granulométrie des matériaux choisis (tableau 10, page 89) et la façon de les disposer sont déterminantes pour l'intégrité et la stabilité du pont.

2.3.5 L'installation d'une pile dans un cours d'eau

Idéalement, on ne devrait dresser aucune pile dans le lit mineur d'un cours d'eau (figure 9). Toutefois, lorsque cela s'impose, on doit respecter la **Loi sur la protection des eaux navigables** et les règlements afférents en ce qui a trait à leur espacement et leur emplacement. On doit aussi tenir compte des contraintes posées par le déplacement des glaces et les risques d'embâcles. On devrait habituellement laisser, entre les piles, une distance d'une fois et demie à deux fois supérieure à la dimension des plus grosses glaces susceptibles d'être emportées par le courant.

Figure 9*Installation d'une pile dans un cours d'eau*

La pile doit être orientée dans le sens du courant et, si sa déviation par rapport à cet axe dépasse 15° , elle doit être circulaire ou elliptique. Lorsque le courant est fort et que le cours d'eau charrie des quantités importantes de glaces, l'avant-bec de la pile doit être triangulaire, ogival ou semi-circulaire. On doit également le couvrir d'une plaque d'acier de 10 mm d'épaisseur.

2.4 L'entretien des ponts

Les ponts sont les points névralgiques du réseau de chemins, car toute défaillance ou fermeture à la circulation a des conséquences fâcheuses, sinon graves. On doit donc tout mettre en œuvre pour éviter qu'ils ne se détériorent au point de compromettre la sécurité des usagers ou de nécessiter un détournement de la circulation, car cela implique toujours des inconvénients (pertes de temps, coûts inutiles, accidents, etc.).

Dès qu'elle est mise en service, une structure commence à se détériorer à cause de la circulation, des charges excessives, du courant, des glaces et des rigueurs du climat. Il est donc important d'établir un programme d'entretien efficace qui prévoit des inspections régulières pour détecter les problèmes qui pourraient en affecter l'intégrité.

En fait, les problèmes possibles sont aussi nombreux que variés :

- accumulation de débris ou de glaces dans le lit ou sur les rives du cours d'eau,
- disparition graduelle des matériaux de remblai,
- perte de matériaux sous les caissons,
- dommages subis par les caissons,
- poutres endommagées par les glaces ou à la suite d'un accident,
- platelage défoncé ou incapable de supporter certaines charges,
- affaissement important des abords du pont,
- déplacement des chasse-roues,
- accumulation de sable ou de débris sur la surface de roulement,
- panneaux de signalisation manquants.



Chapitre 3

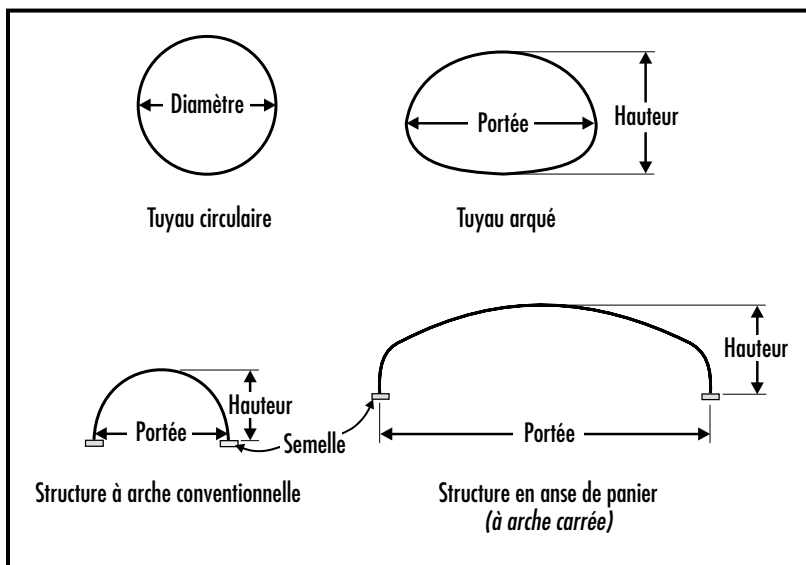
LES PONCEAUX

Les ponceaux sont des ouvrages constitués d'une structure de métal, de thermoplastique ou, parfois, de bois entourée d'un certain volume de sol dont le rôle est fondamental pour la solidité et la durée de vie de l'ouvrage. Plusieurs types de structures sont disponibles sur le marché (annexe 1).

Dans le milieu forestier québécois, on utilise surtout deux types de structures à contour fermé, le tuyau circulaire et le tuyau arqué, ainsi que deux types de structures à contour ouvert, la structure à arche conventionnelle et la structure en anse de panier, que plusieurs manufacturiers québécois appellent la structure «à arche carrée» (figure 10). Ces ouvrages sont généralement flexibles.

Figure 10

Structures disponibles pour l'aménagement des ponceaux



Ce chapitre comporte quatre sous-sections qui correspondent aux étapes habituelles d'un projet : la planification, la visite sur le terrain, la construction et, finalement, l'entretien. Les intéressés pourront visionner la vidéo qui traite de ce sujet (FFQ et *al.*, 1996).

3.1 La planification

La planification est cruciale lorsqu'on veut aménager un ponceau. C'est en effet à cette étape qu'on effectue les recherches requises pour déterminer les caractéristiques du site considéré et les contraintes qu'il peut poser. C'est aussi lors de la planification que le concepteur consulte les cartes ainsi que les photographies aériennes disponibles, qu'il rassemble toute l'information susceptible d'influencer la structure de l'ouvrage et son emplacement et qu'il s'assure que le tracé du chemin est le moins contraignant possible des points de vue physique (types de dépôts de surface, crans rocheux, tourbières, pentes, etc.), environnemental et social (mode d'occupation du territoire, zonage, etc.). Lors de la planification, le concepteur doit également :

- déterminer le dimensionnement du ponceau (RNI, article 26) en fonction, notamment, du débit de pointe calculé selon les méthodes prescrites et, éventuellement, à l'aide du logiciel « Système de dimensionnement des ponceaux dans les forêts du domaine public » (disponible dans les bureaux régionaux du MEF et du MRN), de la largeur du cours d'eau, de la navigation, des caractéristiques du site et de tout ce qui peut réduire la capacité hydraulique de l'ouvrage (ex. : déflecteurs). Soulignons que les tuyaux utilisés pour aménager les ponceaux doivent avoir au moins 45 cm de diamètre ou de portée.
- Repérer les habitats fauniques et, notamment, les frayères indiquées par le MEF sur les plans annuels d'intervention.
- S'efforcer de choisir un site aussi éloigné que possible de l'embouchure du cours d'eau ou du point où il se décharge dans un lac, le cas échéant, car ces zones sont souvent celles où les poissons préfèrent frayer et se nourrir. À cet égard, l'article 39 du RNI stipule qu'il est interdit de construire un pont, un ponceau ou un pont amovible dans une frayère ou dans les 50 mètres en amont d'une frayère indiquée sur le plan annuel d'intervention (figure 1).
- Si le cours d'eau comporte un obstacle naturel infranchissable pour la faune aquatique, il devrait choisir un site à l'amont de cet obstacle pour l'aménagement du ponceau.

- Réduire le nombre d'ouvrages au strict minimum.
- Tracer les chemins à angle droit par rapport aux cours d'eau.
- Donner au ponceau la même orientation que le cours d'eau et l'aménager dans un segment rectiligne d'au moins 30 mètres, pour prévenir la déstabilisation des berges à ses extrémités.
- Tenir compte des périodes de montaison des poissons quand il établit le calendrier de travail (tableau 2).
- Consulter la Garde côtière canadienne, de Pêches et Océans Canada, pour vérifier si le cours d'eau sur lequel on doit aménager le ponceau est navigable et se renseigner sur les normes à respecter, le cas échéant (**Loi sur la protection des eaux navigables**). Si le cours d'eau fait partie d'un parcours aménagé de canot-camping ou de descente de rivière ou qu'on doit l'emprunter pour avoir accès à des terrains de piégeage, conformément à l'article 33 du RNI, il doit laisser au moins 1,5 mètre entre la partie supérieure du tuyau ou de la structure à arche et la ligne naturelle des hautes eaux.
- Repérer les sites où l'on pourra prélever le matériel nécessaire pour la construction (roches et gravier). Ainsi, on pourrait accumuler les roches éliminées lors de la construction du chemin en vue de les utiliser, éventuellement, pour stabiliser l'ouvrage.

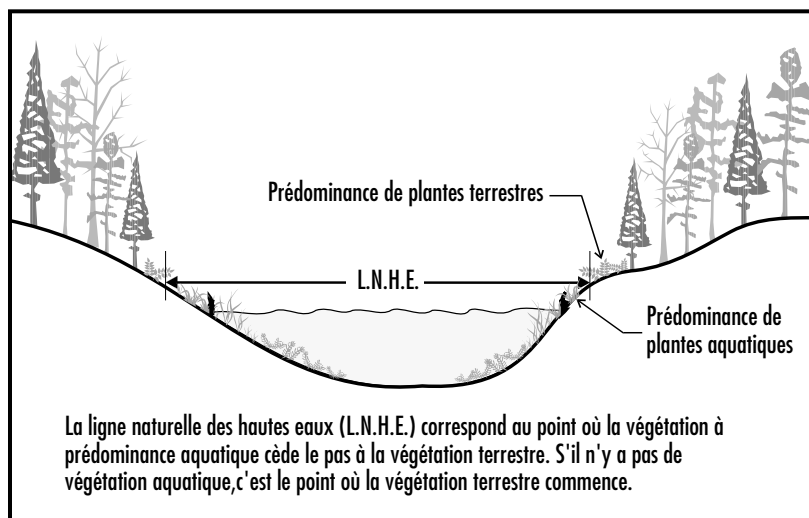
3.2 La visite sur le terrain

La visite sur le terrain permet de valider l'information disponible et de recueillir certains renseignements qu'on ne peut obtenir autrement. Lors de cette visite, le concepteur doit relever les données requises pour valider ses calculs de dimensionnement : profondeur et vitesse de l'eau au site retenu, largeur du cours d'eau mesurée à partir de la ligne naturelle des hautes eaux (figure 11), pente naturelle du lit (figure 12) et indices qui laissent croire que le débit réel du cours d'eau est supérieur à celui calculé. Il est très important de s'assurer alors que la structure ne gênera pas la circulation des poissons. À cet effet, le RNI propose deux façons de faire : limiter le rétrécissement de la largeur du cours d'eau à 20 % (figure 13) ou, encore, faire le calcul du débit. Cette dernière méthode, qui comporte des contraintes illustrées à la figure 14, permet, selon les résultats obtenus, de réduire la largeur du cours d'eau jusqu'à un maximum de 50 %.

La visite sur le terrain permet également au concepteur de vérifier s'il y a une ou plusieurs frayères non répertoriées près du site considéré pour la construction de l'ouvrage. Cette vérification est faite à l'aide des indices présentés à la section 1.2.1 et résumés au tableau 1.

Figure 11

Délimitation de la ligne naturelle des hautes eaux



Au moment de la visite, on devrait aussi noter si le cours d'eau renferme des obstacles naturels infranchissables par le poisson et s'il y a des castors dans les parages. On doit aussi évaluer la stabilité des berges du cours d'eau à franchir. Rappelons qu'on doit aménager le ponceau dans un secteur où les berges sont stables, car les risques d'érosion et d'apport de sédiments y sont moindres. Par ailleurs, on devrait choisir un site où le cours d'eau est plus étroit, pour réduire les travaux de remblayage requis, à condition toutefois que l'aménagement du ponceau n'augmente pas la vitesse d'écoulement au point d'entraver la circulation du poisson (section 1.4.1).

La visite sur le terrain est évidemment le moment idéal pour déterminer la longueur du tuyau dont on aura besoin (figure 15). Pour ce faire, on doit tenir compte de la pente, de l'épaisseur du remblai et du dépassement du tuyau à la base du remblai. Rappelons que ce dépassement, doit être inférieur à 30 cm après la stabilisation des remblais (RNI, article 31) ; s'il est supérieur, le rendement du tuyau en sera réduit. On doit aussi tenir compte de l'orientation du tuyau sous le chemin.

On profitera enfin de la visite sur le terrain pour vérifier les sources de matériel de remblayage repérées sur les photographies aériennes. Pour faciliter la tâche des opérateurs de machinerie lourde, on marquera le site de

Figure 12

Calcul de la pente naturelle du lit du cours d'eau

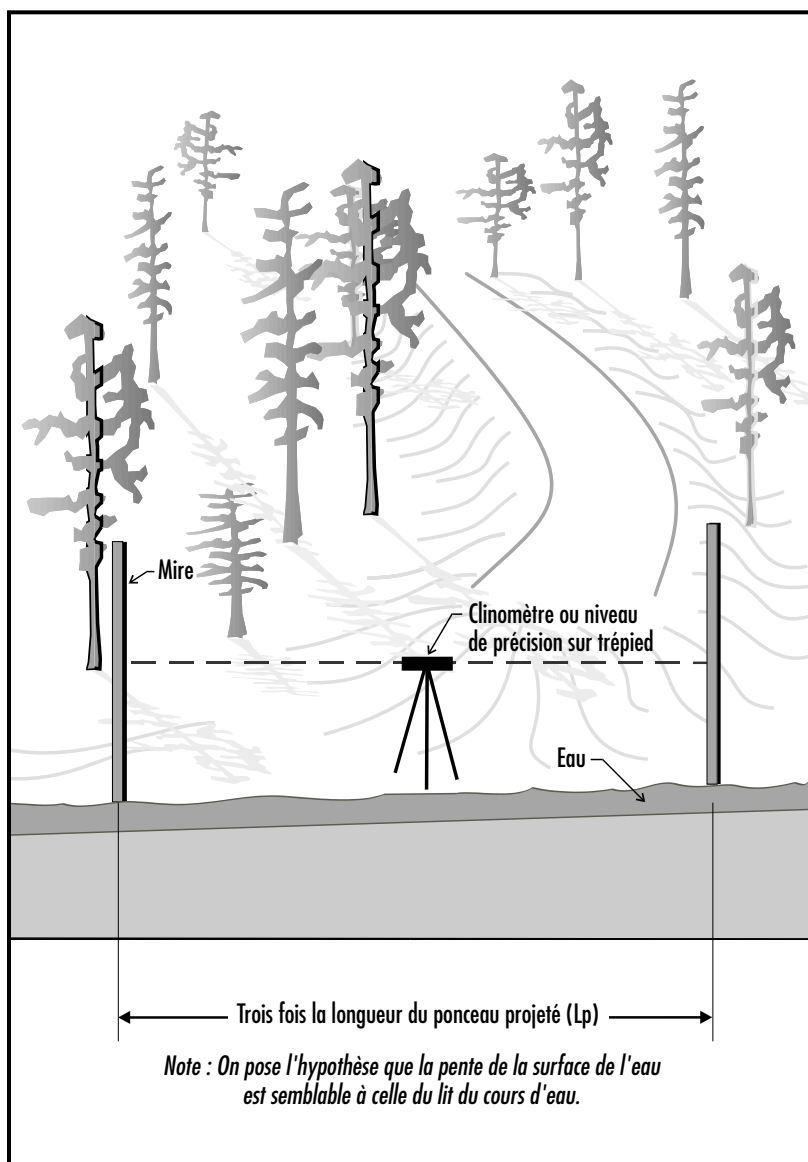
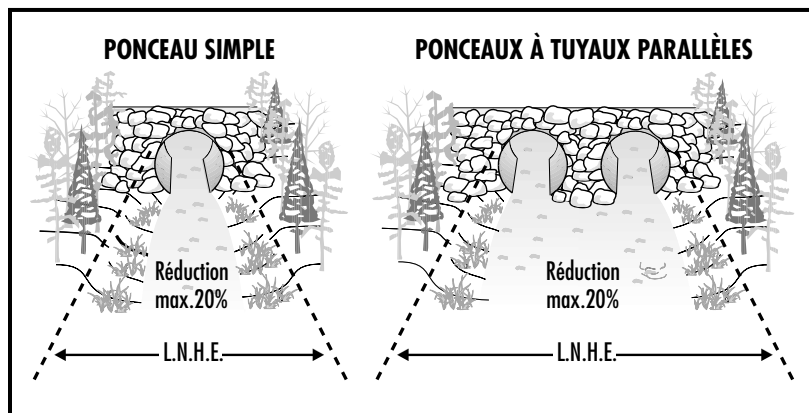


Figure 13

Réduction maximale de la largeur du cours d'eau sans calcul de débit



l'ouvrage et l'emplacement des fossés de détournement des eaux de drainage du chemin à l'aide de ruban fluorescent. Si la visite soulève des questions relatives à la réglementation en vigueur, on devrait consulter les autorités régionales du ministère des Ressources naturelles.

En planifiant adéquatement le tracé des chemins et l'aménagement des ponceaux, on réduit substantiellement les coûts de construction et d'entretien du réseau routier ainsi que l'impact des infrastructures sur l'environnement.

3.3 La construction du ponceau

Lorsque vient le temps de construire le ponceau, on doit s'assurer que les exécutants connaissent bien la nature des différents travaux, le site où ils doivent les exécuter et les objectifs visés. De plus, on doit veiller à ce que les rives du cours d'eau soient protégées tout au long des travaux.

Figure 14

Clé de prise de décision - Dimensionnement des ponceaux et solutions en cas de pente excessive (RNI, articles 26 et 29)

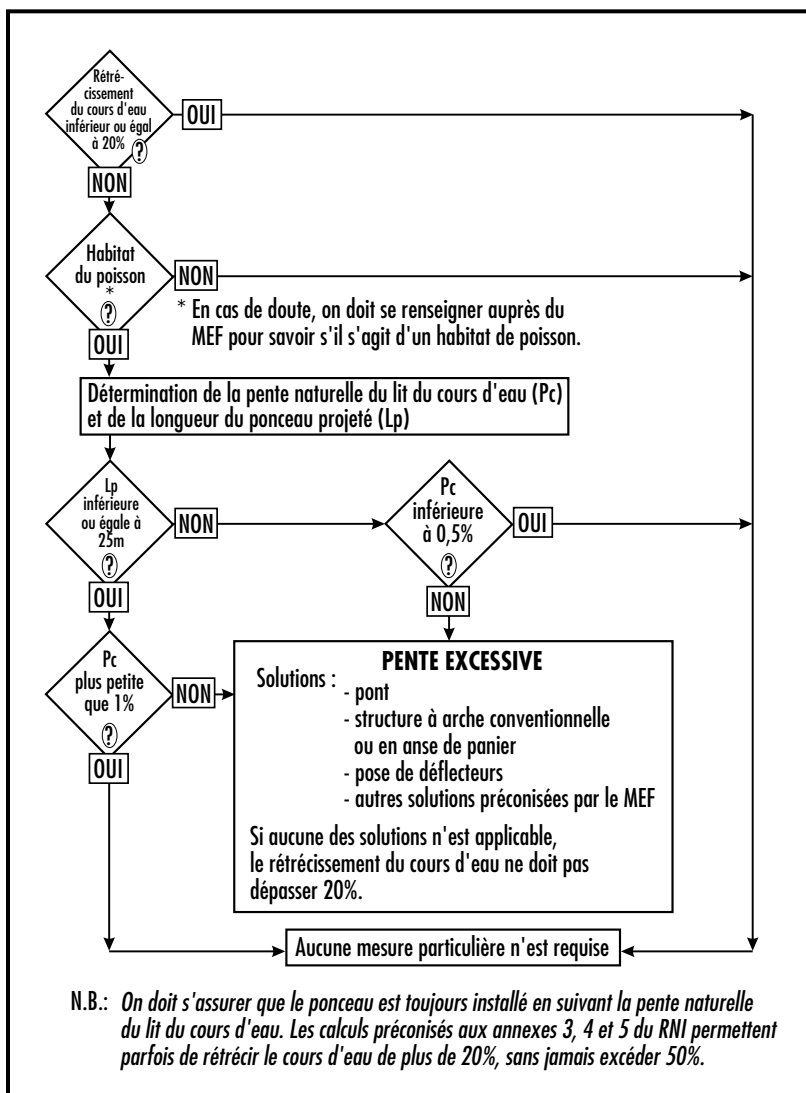
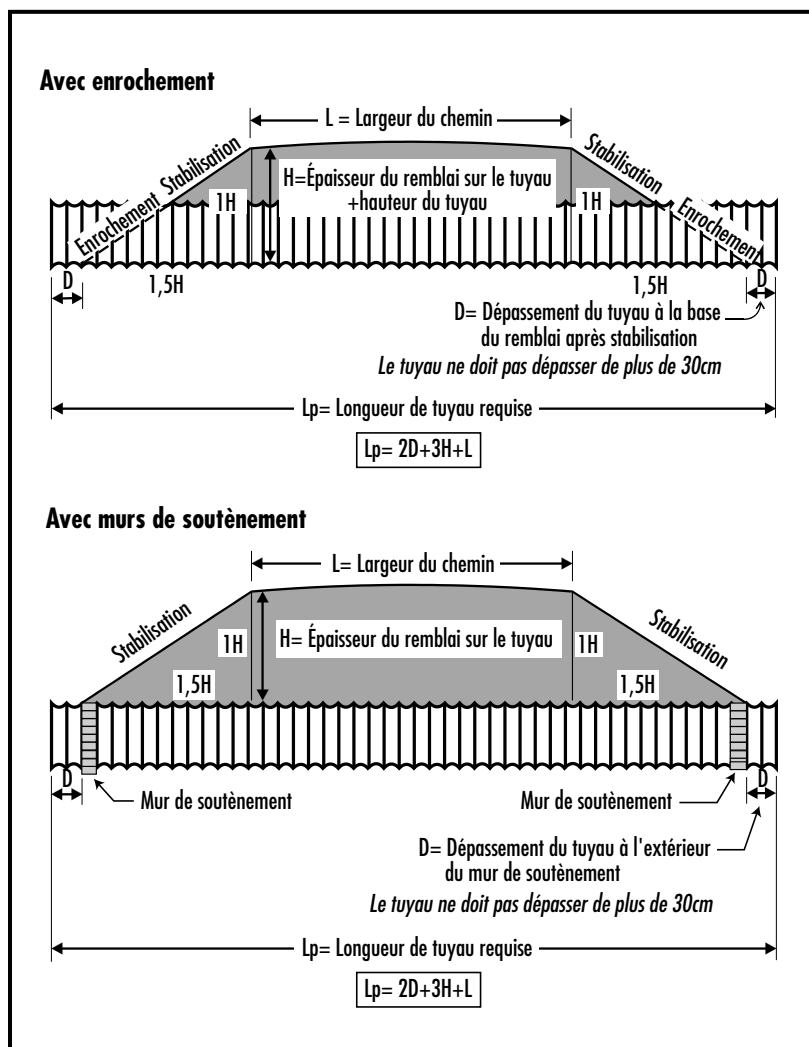


Figure 15

Calcul de la longueur de tuyau requise



3.3.1 L'assèchement de la zone de travail

Lorsqu'on aménage un ponceau, on doit assécher la zone de travail, partiellement sinon totalement, avant d'installer le tuyau. Idéalement, on devrait faire cette opération en période d'étiage, alors que le niveau d'eau est bas. De plus, quelle que soit la méthode retenue, on doit toujours s'assurer qu'il y a suffisamment d'eau pour permettre à la faune aquatique de circuler en aval du site. Si des poissons sont coincés dans une section asséchée du cours d'eau, on doit s'empresse de les remettre en eau vive.

3.3.1.1 L'assèchement total

Les manufacturiers recommandent d'assécher complètement la zone de travail avant d'installer les tuyaux, quel que soit leur diamètre. C'est vraiment la meilleure façon de procéder, car toutes les étapes de construction du ponceau, depuis la préparation de la fondation jusqu'à la stabilisation des remblais, se font alors au sec. On peut avoir recours à diverses techniques pour assécher complètement le site du ponceau. Nous vous en proposons quatre.

a) La technique du pompage

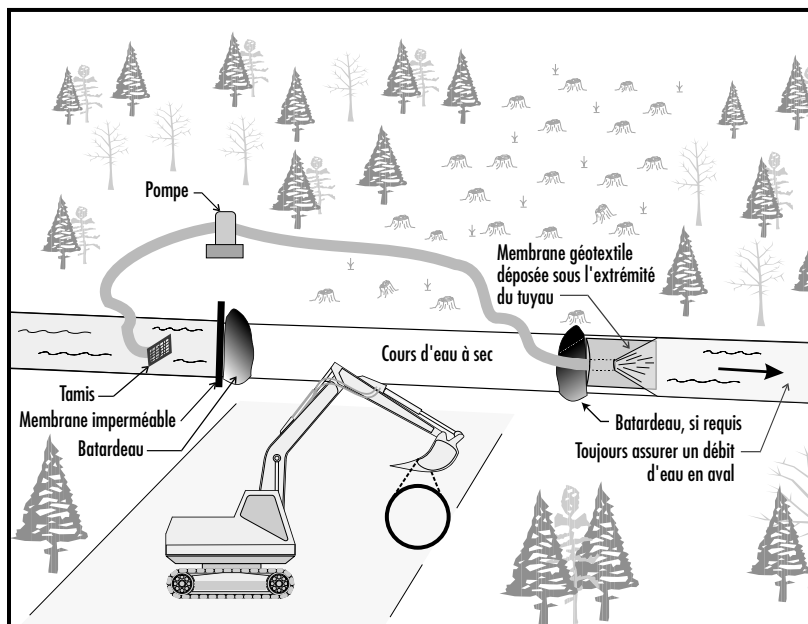
Si le cours d'eau est de petite taille, on peut se contenter de transférer l'eau d'un côté à l'autre du chemin, à l'aide d'une pompe (figure 16). Il suffit de tirer profit d'une baisse naturelle, à l'amont du site, pour faciliter la suction, puis de laisser couler l'eau pompée plus bas dans le cours d'eau. Dans certains cas, on est forcé d'aménager un batardeau. Pour que cette structure ne laisse pas l'eau s'infiltrer, on doit en tapisser le côté amont d'une membrane imperméable (une toile de polythène, par exemple). De plus, on doit déposer une membrane géotextile assez longue à l'extrémité de la conduite d'eau afin de prévenir l'érosion du lit et des berges du cours d'eau.

b) La technique de la buse

Cette technique consiste à installer un tuyau de diamètre inférieur à celui retenu pour le ponceau et d'y faire circuler l'eau temporairement, depuis le batardeau amont jusqu'au-delà du batardeau aval (figure 17). Le diamètre de la buse dépend des conditions hydrauliques qui prévalent sur le site : vitesse du courant, largeur d'écoulement, conditions météorologiques saisonnières, etc. Il doit aussi être suffisant pour supporter des débits d'eau supérieurs, parce que, même en période d'étiage estival, on observe des variations de 100 % à 130 % des volumes d'eau (MENVIQ, 1992).

Figure 16

Assèchement total de la zone de travail, à l'aide d'une pompe



c) La technique du rétrécissement du cours d'eau

Les batardeaux peuvent être utilisés pour faire dévier une partie du cours d'eau tout en le laissant dans son lit (figure 18). Cette technique est particulièrement intéressante lorsqu'on aménage des ponceaux à tuyaux parallèles. Après avoir installé un premier tuyau à sec, on enlève le batardeau qui en bouche l'ouverture pour laisser l'eau y circuler, puis on aménage un deuxième batardeau dans la section d'écoulement du cours d'eau afin de pouvoir installer les autres tuyaux à sec.

Figure 17

Assèchement total de la zone de travail, à l'aide d'une buse

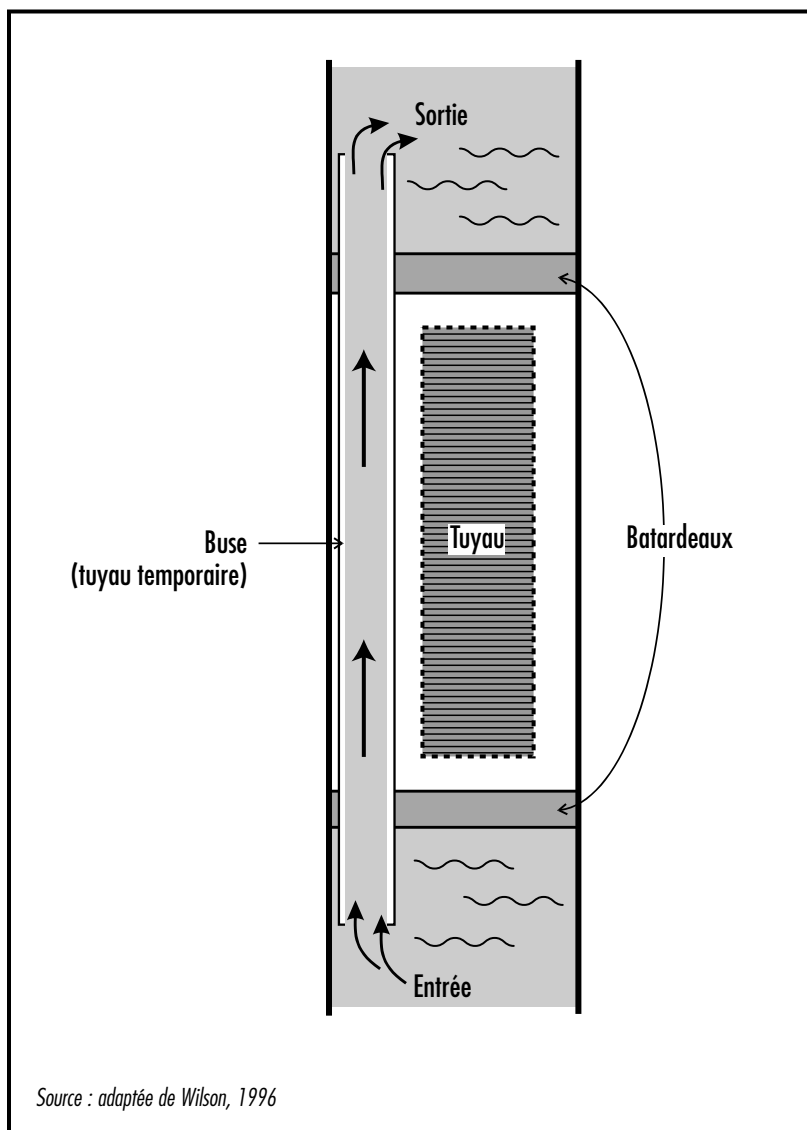
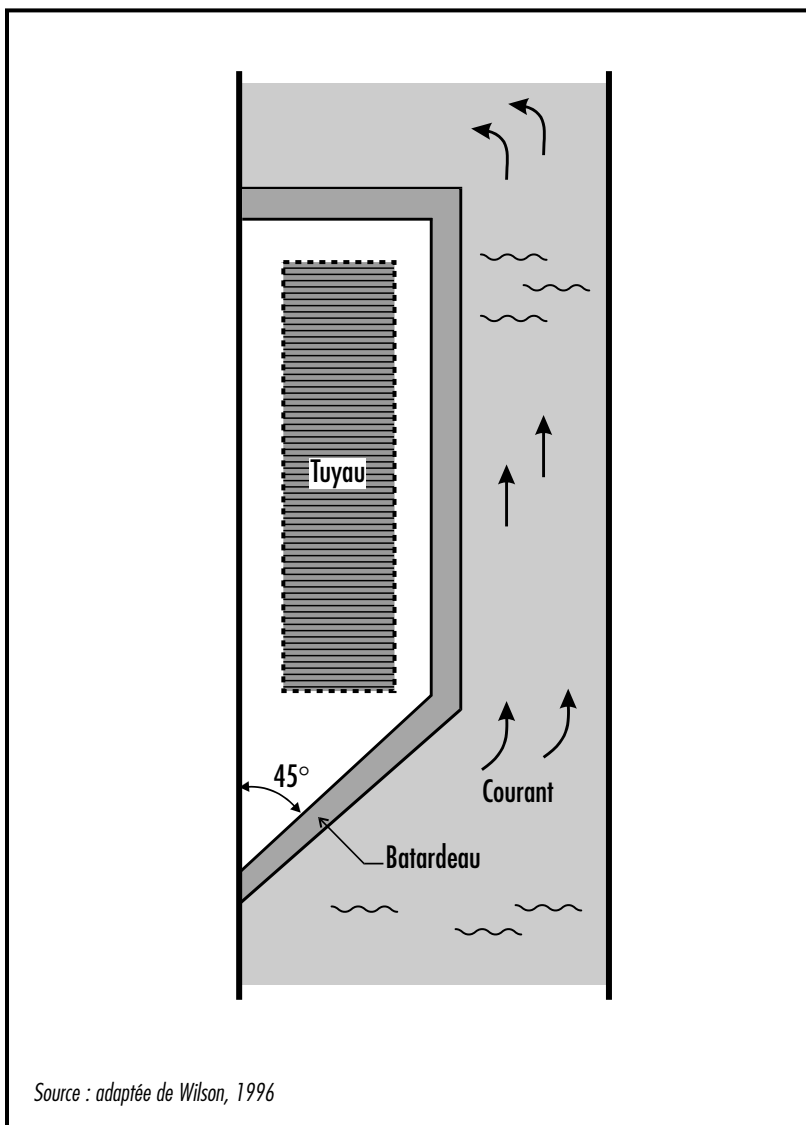


Figure 18

Assèchement total de la zone de travail selon la technique du rétrécissement du cours d'eau

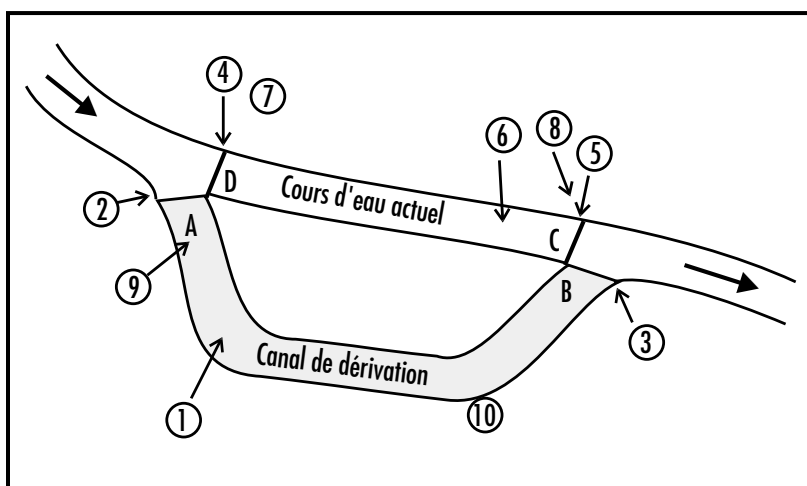


d) La technique du canal de dérivation temporaire

La marche à suivre pour créer un canal de dérivation temporaire est illustrée à la figure 19. Cette technique peut être très néfaste pour l'environnement si les travaux sont mal planifiés et mal réalisés. **On recommande très fortement de couvrir le fond et les côtés du canal d'une membrane géotextile ou imperméable afin de limiter l'érosion au minimum.** À la fin des travaux, on doit retirer cette membrane, enlever ou défaire les batardeaux et remblayer le canal de dérivation temporaire (RNI, article 36).

Figure 19

Lignes directrices pour l'aménagement d'un canal de dérivation temporaire



Marche à suivre

1. Creuser le canal de dérivation temporaire du cours d'eau, en laissant les deux extrémités « A » et « B » fermées, et en couvrant le fond ainsi que les côtés d'une membrane géotextile ou imperméable.
2. Enlever graduellement la digue qui bouche l'extrémité « A », en amont du canal de dérivation. Laisser l'eau décanter.
3. Enlever la digue à l'extrémité « B », en aval du canal de dérivation.

4. Installer la digue « D » en amont de la section du cours d'eau où l'on doit aménager le ponceau.
5. Après avoir laissé le lit du cours d'eau se vider, installer la digue « C ».
6. Installer le tuyau.
7. Ouvrir graduellement la digue « D » installée en amont du site. Laisser l'eau décanter.
8. Enlever la digue « C » installée en aval du site.
9. Remblayer le canal de dérivation, en commençant à l'amont.
10. Stabiliser les rives de la section du cours d'eau où l'on a effectué les travaux et restaurer la couverture végétale sur le canal de dérivation, après l'avoir remblayé.

Source : Adapté de MTQ, 1992

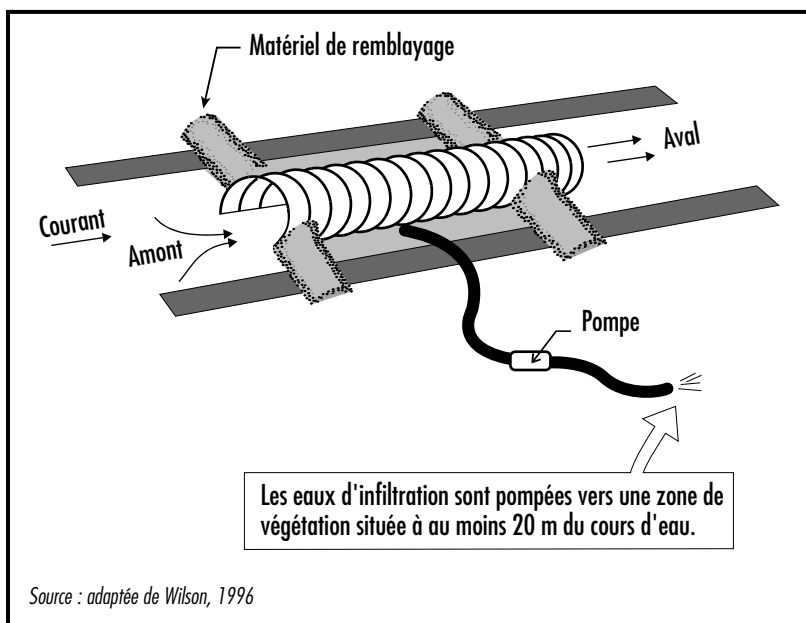
3.3.1.2 L'assèchement partiel

L'assèchement partiel ne doit être pratiqué que lorsqu'une intervention intense, mais de courte durée, est préférable du point de vue environnemental. Cette technique combine la préparation de la fondation du ponceau en eau vive, au remblayage et à la compaction de l'ouvrage à sec. On peut l'appliquer lorsque le lit du cours d'eau est constitué de sable ou de gravier et qu'il faudra peu de temps pour préparer la fondation. L'assèchement partiel permet de tenir compte des particularités du site et de faire le meilleur compromis possible entre la technique et l'environnement. Toutefois, comme elle ne crée pas des conditions d'installation optimales, on recommande d'avoir recours à des tuyaux plus épais. De plus, on a intérêt à consulter les manufacturiers afin de choisir des matériaux adéquats.

Pour assécher partiellement la zone de travail, on creuse d'abord la fondation, on y dépose le tuyau, puis on façonne des remblais, de part et d'autre des ouvertures, en commençant par l'extrémité amont (figure 20). L'eau qui s'infiltre le long du tuyau est pompée vers une zone de végétation, à 20 mètres au moins du cours d'eau. On est ainsi en mesure de compléter les travaux de remblayage et de compactage à sec.

Figure 20

Assèchement partiel d'une zone de travail



3.3.1.3 Les batardeaux

Le batardeau est un ouvrage temporaire construit autour d'un site pour l'assécher et le protéger contre toute infiltration d'eau. Quatre types de batardeaux donnent généralement de bons résultats : le batardeau en tubes de caoutchouc, le batardeau en enrochement, le batardeau en palplanches et le batardeau en blocs de béton. Le texte qui suit est inspiré d'un document que le ministère de l'Environnement et de la Faune a publié en 1996.

a) Le batardeau en tubes de caoutchouc

Le concept breveté AQUA DAM permet de construire un batardeau dans lequel on combine trois tubes de caoutchouc et une pompe. Deux des tubes sont insérés dans un tube plus gros, ou « maître », et tout le dispositif est rempli d'eau en même temps. Le batardeau de caoutchouc ne roule pas, en raison de sa structure, et il se moule au terrain sur lequel il est déposé. Le lit doit toutefois être exempt de gros débris et de roches. En quelques minutes, on réussit ainsi à constituer un « barrage » solide et imperméable, suffisamment résistant pour qu'on puisse marcher dessus.

b) Le batardeau en enrochement

Le batardeau en enrochement a l'allure d'une digue de pierres imperméable. Pour éviter la dispersion de particules fines, l'ouvrage est constitué de pierres nettes ou de gravier brut, sans argile, ni silt. Le noyau du batardeau, qui est composé de pierres ou de gravier de 100 mm à 200 mm de diamètre, est protégé, de part et d'autre, par un enrochement fait de matériaux de 300 mm à 500 mm de diamètre. Pour étanchéifier la structure, on recouvre la face amont de la digue d'une membrane imperméable.

La construction du batardeau en enrochement est assez simple. On place la membrane imperméable sur le lit du cours d'eau, puis on en couvre la partie d'aval de roches et l'on rabat le reste de la membrane par dessus cet enrochement. La pression de l'eau est normalement suffisante pour maintenir la membrane en place.

c) Le batardeau en palplanches

Le batardeau de palplanches est généralement fait de pièces d'acier qui s'emboîtent les unes dans les autres et qui sont enfoncées les unes après les autres dans le lit du cours d'eau, pour bloquer l'écoulement. Le batardeau de palplanches est plus coûteux que celui en enrochement, mais il permet un meilleur assèchement de la zone de travail, notamment parce qu'il limite les infiltrations d'eau souterraines.

d) Le batardeau en blocs de béton

Lorsque les conditions le permettent, on peut construire un batardeau de blocs de béton. En commençant à l'amont, on installe d'abord une membrane imperméable, sur laquelle on place des blocs de béton, puis on rabat la membrane sur les blocs. La pression de l'eau est généralement suffisante pour maintenir le tout en place. Le batardeau en blocs de béton est aussi facile que rapide à construire et il ne laisse aucun résidu dans l'eau.

À la fin des travaux, on doit éliminer les batardeaux, dès que possible, en évitant d'accroître l'apport de sédiments dans le cours d'eau. On doit également remettre le lit du cours d'eau dans son état original.

3.3.1.4 L'élimination des eaux d'infiltration

Même si on aménage un batardeau, il y a souvent de l'eau qui s'infiltré dans la zone de travail, car il est rare que l'ouvrage soit parfaitement étanche. L'eau peut également provenir de la nappe phréatique. Pour éliminer les eaux d'infiltration, on peut avoir recours à une ou plusieurs pompes, mais comme elles sont généralement chargées de sédiments, elles doivent être filtrées avant d'être retournées dans le cours d'eau. Pour ce faire, on peut les déverser dans un secteur couvert de végétation, à 20 mètres au moins

du cours d'eau. On peut également aménager un petit lit filtrant avec des balles de foin et du gravier ou, encore, isoler l'aire de travail ou de déversement avec un rideau semi-perméable de fibres de carbone pressées (barrière à sédiments) ou l'équivalent (MEF, 1996).

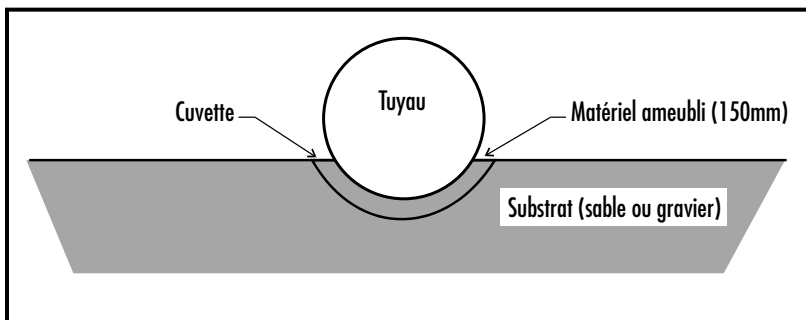
3.3.2 La préparation de la fondation

Les manufacturiers recommandent de creuser le lit du cours d'eau sur une largeur égale à trois fois le diamètre ou la portée du tuyau à installer. Si le site ne le permet pas, on peut réduire la largeur de l'excavation au minimum requis pour permettre de compacter le remblai autour du tuyau. Cette largeur est déterminée par l'équipement utilisé. Soulignons, par ailleurs, qu'on doit respecter les exigences de la CSST en matière de stabilité des pentes lors des travaux d'excavation.

Si le fond de l'excavation est fait de sable ou de gravier exempt de pierres de plus de 75 mm de diamètre, de sol gelé et de matière organique, on peut s'en servir comme fondation. Il suffit d'y creuser une cuvette pour recevoir le tuyau (figure 21). On aura toutefois soin d'ameublir les 150 premiers millimètres de sol afin de permettre aux ondulations du tuyau de bien s'ancrer dans la fondation (Wilson, 1996).

Figure 21

Préparation de la fondation lorsque le sol est adéquat au fond de l'excavation



du cours d'eau. On peut également aménager un petit lit filtrant avec des balles de foin et du gravier ou, encore, isoler l'aire de travail ou de déversement avec un rideau semi-perméable de fibres de carbone pressées (barrière à sédiments) ou l'équivalent (MEF, 1996).

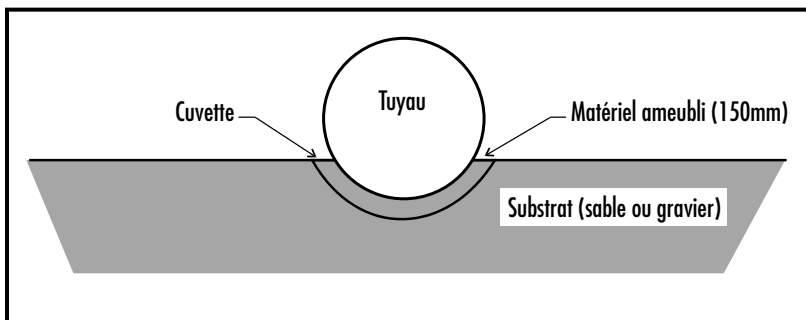
3.3.2 La préparation de la fondation

Les manufacturiers recommandent de creuser le lit du cours d'eau sur une largeur égale à trois fois le diamètre ou la portée du tuyau à installer. Si le site ne le permet pas, on peut réduire la largeur de l'excavation au minimum requis pour permettre de compacter le remblai autour du tuyau. Cette largeur est déterminée par l'équipement utilisé. Soulignons, par ailleurs, qu'on doit respecter les exigences de la CSST en matière de stabilité des pentes lors des travaux d'excavation.

Si le fond de l'excavation est fait de sable ou de gravier exempt de pierres de plus de 75 mm de diamètre, de sol gelé et de matière organique, on peut s'en servir comme fondation. Il suffit d'y creuser une cuvette pour recevoir le tuyau (figure 21). On aura toutefois soin d'ameublir les 150 premiers millimètres de sol afin de permettre aux ondulations du tuyau de bien s'ancrer dans la fondation (Wilson, 1996).

Figure 21

Préparation de la fondation lorsque le sol est adéquat au fond de l'excavation



Par contre, si le fond de l'excavation est fait d'argile ou de matière organique ou, encore, si l'on y trouve des pierres de plus de 75 mm de diamètre, on doit excaver ce matériel pour le remplacer par du sable ou du gravier. On uniformise ainsi la capacité portante du sol et l'on minimise donc les tassements différentiels (MTQ, 1993b). Il est très important de faire une bonne fondation pour assurer la stabilité de l'ouvrage. L'épaisseur de matériel qu'il faut déposer au fond de l'excavation dépend du diamètre ou de la portée du tuyau à installer (tableau 7).

TABLEAU 7

Épaisseur de la fondation requise selon le diamètre ou la portée du tuyau

Diamètre ou portée du tuyau (mm)	Épaisseur de la fondation (mm)
de 450 à 600	150
de 700 à 1 000	200
de 1 200 à 2 000	300
2 000 et +	400

Source : MTQ, 1994

Le matériel dont on couvre le fond de l'excavation doit être compacté à l'aide d'un appareil adéquat, comme une plaque vibrante, par exemple. À l'emplacement du tuyau, on ameublit ensuite la fondation sur une profondeur de 150 mm et sur une largeur égale au diamètre divisé par trois, dans le cas des tuyaux circulaires et aux deux tiers de la portée, dans celui des tuyaux arqués (MTQ, 1994).

Pour prévenir l'érosion, on doit s'assurer que la fondation suit la pente naturelle du cours d'eau et son orientation. De plus, elle doit être plus basse que le lit du cours d'eau afin que ce dernier se reconstitue au fond du tuyau (figure 22). La dénivellation doit être égale à 10 % du diamètre du tuyau circulaire ou de la hauteur du tuyau arqué (RNI, article 28). Il est à noter que l'utilisation d'un clinomètre ou d'un niveau de précision sur trépied facilite énormément le travail.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, il arrive que les matériaux en place ne permettent pas d'aménager une fondation adéquate. Nous avons vu que, si le lit du cours d'eau est fait d'argile ou de matière organique, on doit y creuser une tranchée que l'on remplit de sable ou de gravier. On a alors intérêt à installer d'abord une membrane géotextile afin

Figure 22

Pourquoi enfouir le tuyau ?

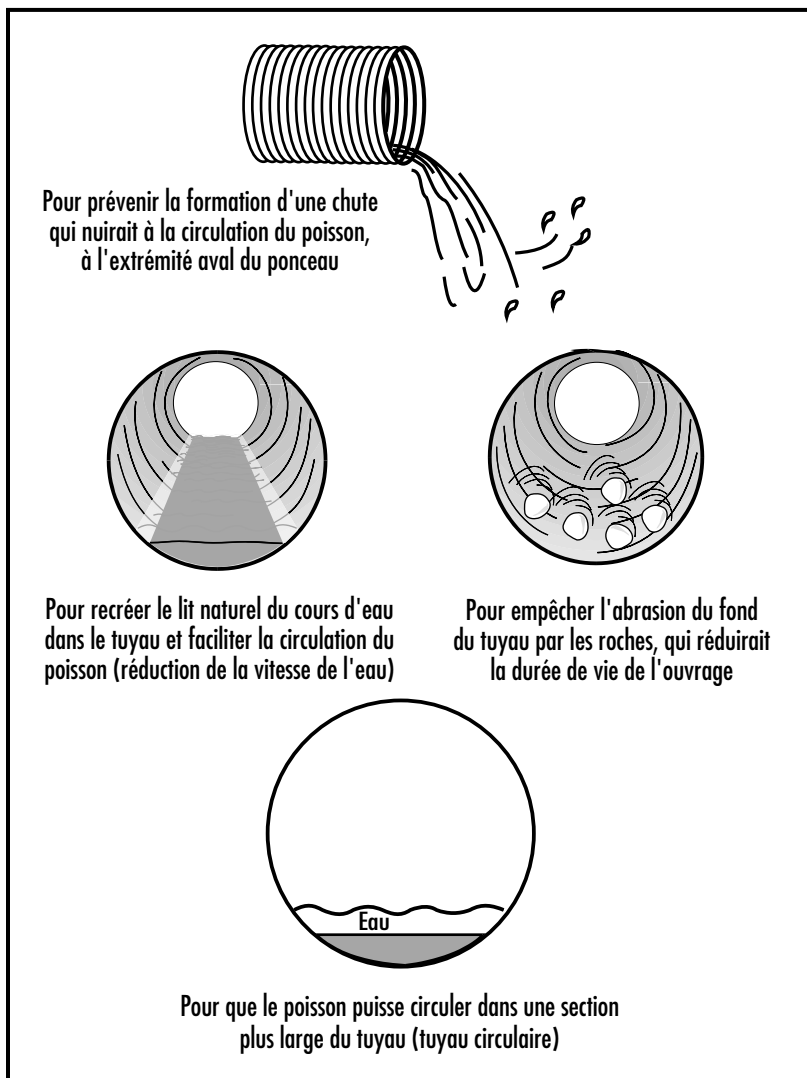
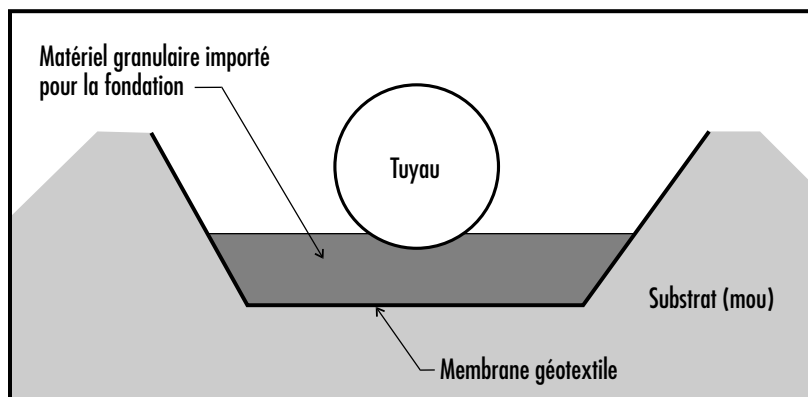


Figure 23

La membrane géotextile augmente la capacité portante du sol de fondation



d'augmenter la capacité portante de la fondation et de créer une barrière filtrante (figure 23). Si la fondation est trop difficile à stabiliser, mieux vaut changer l'emplacement du ponceau.

La présence de roc sur le site peut aussi susciter des problèmes, car le tuyau ne doit jamais être appuyé sur des pointes rigides afin d'éviter toute déformation ou perforation. Dans un tel cas, on a intérêt à installer plutôt une structure à arche conventionnelle ou en anse de panier ou, encore, à construire un pont.

3.3.3 La mise en place du tuyau

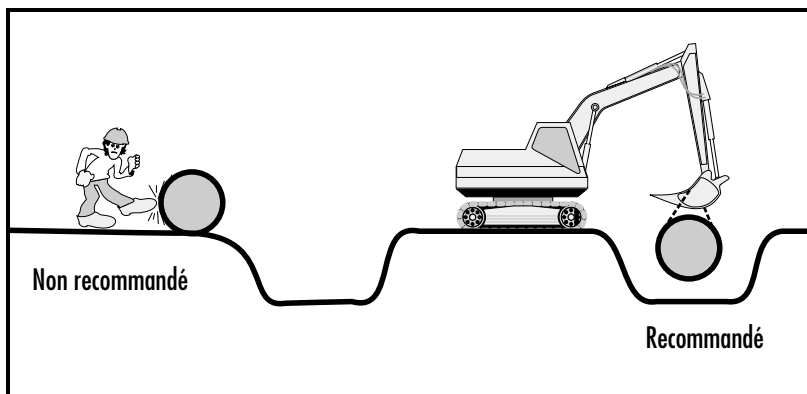
La pelle mécanique ou hydraulique s'avère l'appareil le plus adéquat pour aménager les ponceaux, car elle permet de soulever le tuyau et de le déposer avec soin sur la fondation. On devrait éviter d'avoir recours à un boueur, car en plus de prolonger le temps d'installation, cet équipement ne permet pas de travailler soigneusement et on endommage souvent les tuyaux quand on l'utilise.

Il est très important de manipuler les tuyaux avec soin pour ne pas les abîmer. Toute bosse est un point faible qui diminue la résistance et la durée de vie de l'ouvrage. Or, il n'est pas rare de voir des tuyaux déformés par d'énormes bosses, à cause d'une manutention et d'une installation déficientes.

Si le tuyau est en tôle ondulée, on doit aussi éviter de le traîner sur le sol ou de l'y faire rouler inutilement (figure 24), car on abîme ainsi le revêtement anticorrosif et l'on réduit donc la durée de vie utile du tuyau.

Figure 24

Manutention des tuyaux en tôle ondulée



Si le tuyau comporte plusieurs sections, deux sections de 6 mètres de longueur et une de 3 mètres, par exemple, on installera la section la plus courte au centre, puisque les sections les plus longues résistent mieux aux forces de soulèvement qui peuvent s'exercer à l'entrée et à la sortie du ponceau (Wilson, 1996), à cause de la glace et des pressions hydrostatiques. Par ailleurs, si le matériel de remblayage est surtout constitué de silt ou de sable fin, on prendra soin d'installer une membrane géotextile autour des raccords afin que les matériaux fins ne s'infiltrant pas dans l'ouvrage. Mentionnons enfin qu'on recommande fortement d'utiliser des tuyaux faits de thermoplastique ou de tôle ondulée certifiés par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ).

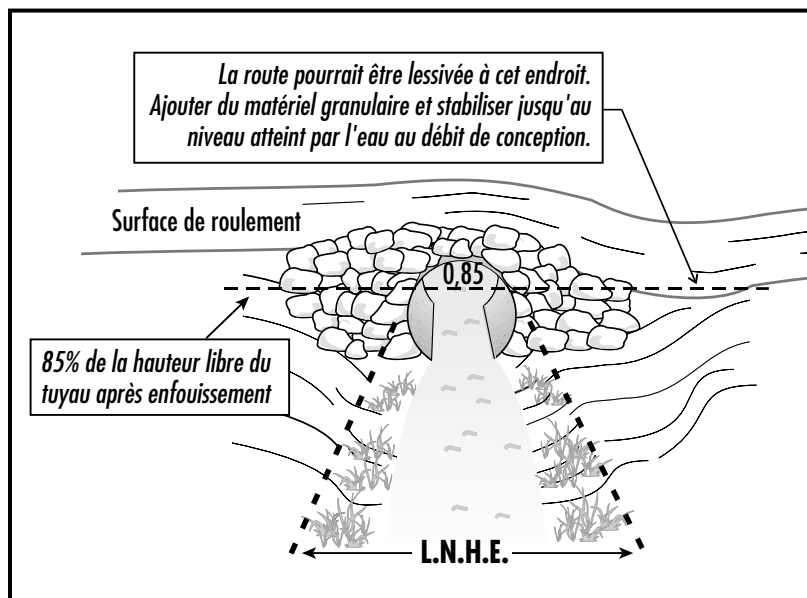
3.3.4 Le remblayage

Quand le tuyau est bien installé, sur une base solide, il faut le remblayer. En plus de consolider le tuyau, le remblai doit, conformément à l'article 26 du RNI, empêcher l'eau, au débit de conception de lessiver la structure (figure 25). C'est là une étape importante, car elle détermine la capacité structurale du ponceau. Soulignons que les tuyaux eux-mêmes ne sont pas très résistants lorsqu'on leur applique une charge et que c'est l'enveloppe de sol qui les entoure qui leur donne la force nécessaire pour supporter de

lourdes charges. On ne doit donc laisser circuler aucun véhicule lourd sur le ponceau tant que le remblai n'a pas l'épaisseur minimale requise. La sélection du sol de remblayage, sa mise en place et son compactage sont des opérations cruciales (MTQ, 1993b).

Figure 25

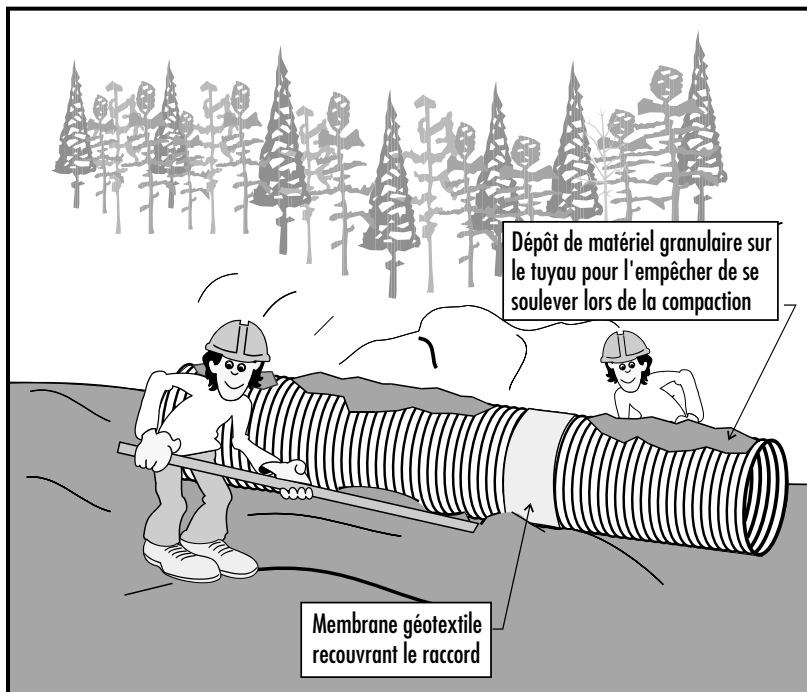
Débit de conception et lessivage de la route



Les matériaux utilisés pour le remblayage du tuyau doivent être de même catégorie que ceux dont on s'est servi pour la fondation, c'est-à-dire du sable ou du gravier exempt de pierres de plus de 75 mm de diamètre. Ces matériaux favorisent le drainage et augmentent la stabilité structurale de l'ouvrage. On les dépose d'abord à la pelle, sous les hanches du tuyau, puis on les compacte à l'aide d'un morceau de bois, tel un 2 X 4. Soulignons qu'il est souvent préférable de déposer un peu de matériel de remblayage sur le tuyau afin d'éviter qu'il ne se soulève lorsqu'on compacte le matériel placé sous les hanches (figure 26).

Figure 26

Compaction du matériel de remblayage sous les hanches du tuyau



On termine le remblayage du tuyau en déposant le matériel par couches de 15 cm à 30 cm, puis en le compactant avec un appareil léger. Chaque couche doit être déposée et compactée également, de part et d'autre du tuyau (figure 27). L'épaisseur de matériel requise sur le tuyau varie selon ses caractéristiques (forme, épaisseur, etc.) et les charges qu'il aura à supporter. Il y a toutefois une épaisseur maximale de remblai qu'on ne peut dépasser, sinon le tuyau pourrait se déformer. On doit s'informer auprès du manufacturier pour en savoir davantage à ce sujet. Les épaisseurs minimales de remblai à respecter lorsqu'on aménage un ponceau sur les terres publiques, conformément à l'article 31 du RNI, sont présentées au tableau 8.

Figure 27

Fondation et remblayage du tuyau

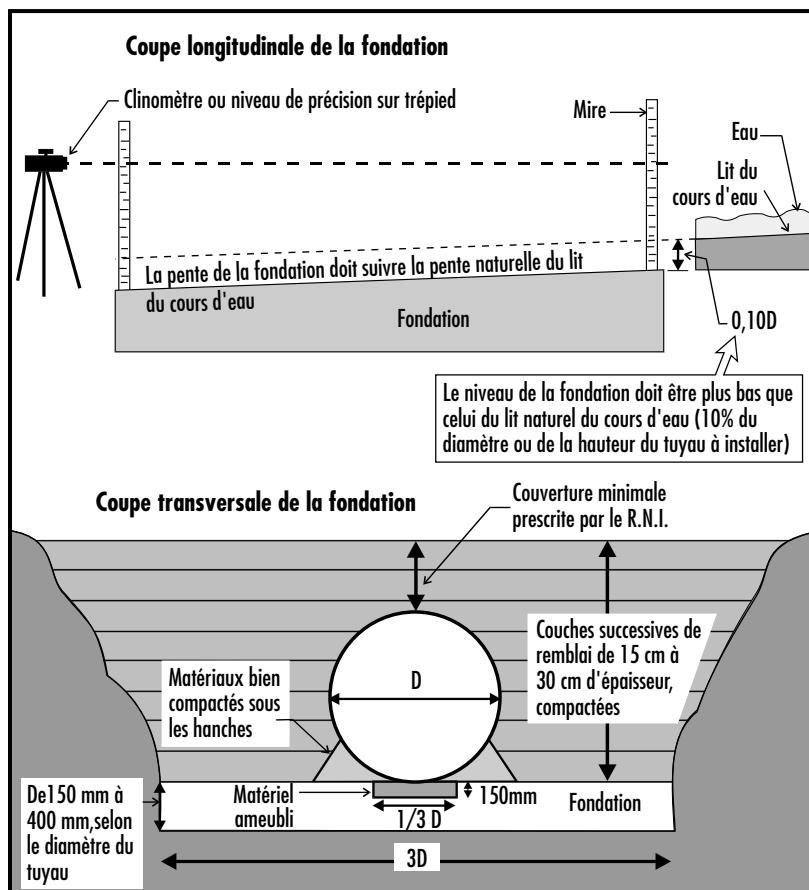


TABLEAU 8**Épaisseur minimale du remblai selon le diamètre ou la portée du tuyau**

Diamètre ou portée de la structure (mm)	Épaisseur minimale du remblai
600 et moins	Diamètre ou portée de la structure divisé par 4, plus 30 cm
de 700 à 3 600	Diamètre ou portée de la structure divisé par 4, minimum 60 cm
Plus de 3 600	1,5 mètre

Il n'est pas possible de traiter de l'installation de tous les types de tuyaux disponibles sur le marché de façon détaillée. Nous nous en tenons donc à ceux qui sont les plus couramment utilisés dans le milieu forestier. Ceux et celles qui désirent obtenir de plus amples informations sur la façon d'installer les autres types de structures, comme celles à arche, par exemple, devraient consulter le fabricant.

3.3.5 L'aménagement des extrémités

Dans le texte qui suit, l'expression «extrémités d'un ponceau » désigne à la fois le lit, les berges et les rives du cours d'eau à proximité de l'ouvrage de même que les remblais du chemin dans les 20 m de ce même cours d'eau. La façon d'aménager ces extrémités varie selon les objectifs à atteindre, mais elle doit toujours viser à :

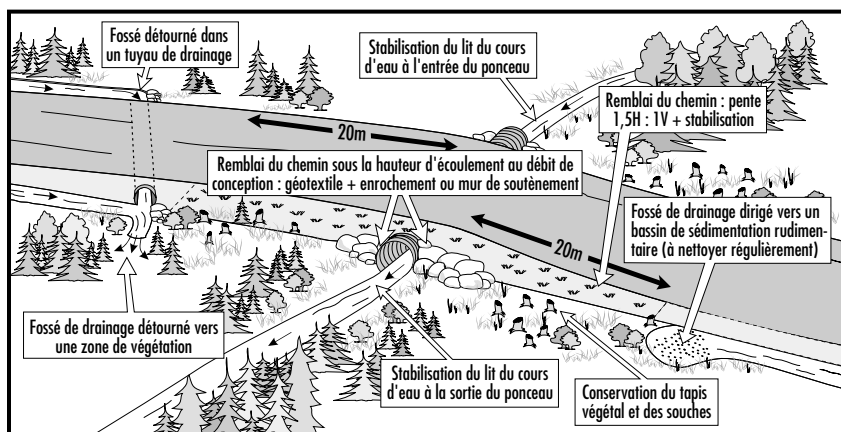
- empêcher le remblai d'obstruer l'ouverture du tuyau ;
- améliorer le rendement hydraulique de l'ouvrage ;
- permettre à l'ouvrage de résister aux forces de soulèvement qui s'exercent sous le tuyau ;
- renforcer les extrémités du tuyau ;
- prévenir l'affouillement ;
- prévenir l'érosion du remblai et du lit du cours d'eau ;
- prévenir l'infiltration d'eau à travers la fondation et le remblai ;
- s'harmoniser avec le cadre naturel ;
- assurer la sécurité des utilisateurs ;
- conserver ou améliorer la qualité des habitats ;
- maintenir des conditions propices pour les diverses utilisations du milieu forestier.

3.3.5.1 La stabilisation des remblais

Lorsqu'on aménage un ponceau sur un chemin, on utilise d'importantes quantités de matériaux granulaires pour la fondation et le remblayage du tuyau (figure 28). Or, ces matériaux doivent être stabilisés sans délai, en amont et en aval du ponceau, pour limiter l'érosion et l'apport de particules dans le cours d'eau, d'une part, et prolonger la durée de vie de l'ouvrage, d'autre part.

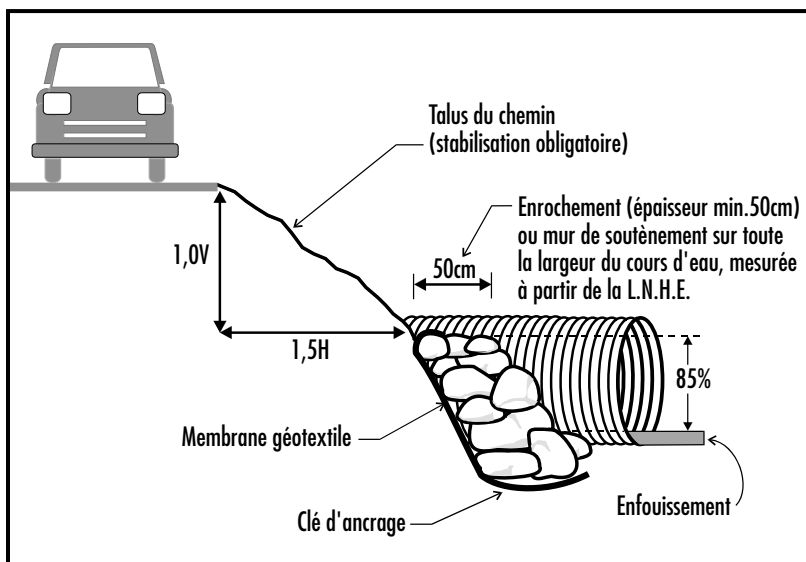
Figure 28

Quelques normes à respecter lors de l'aménagement d'un ponceau



Il faut toujours prévoir assez d'espace pour disposer les matériaux requis pour la stabilisation des remblais. Si le remblai est élevé, il faut parfois le stabiliser progressivement, au fur et à mesure qu'on ajoute du matériel de remblayage. Pour faire un travail de qualité, l'opérateur de la machinerie doit être en mesure de disposer le matériel de stabilisation aisément. Si l'on prévoit un délai important entre la mise en forme du chemin et son gravela-ge, il faut stabiliser le matériel mis en place selon les techniques usuelles.

Lors des travaux, on doit accorder une attention particulière à la section du remblai comprise entre les deux berges du cours d'eau, jusqu'à la hauteur de l'eau au débit de conception. Selon l'article 18 du RNI, on doit y installer une membrane géotextile, puis faire un enrochement ou construire un mur de soutènement (figure 29). Cette membrane géotextile doit être faite de fibres non tissées, aiguilletées, avoir une résistance minimale à la traction de 1 000 newtons et des interstices inférieurs à 150 micromètres (RNI, article 1).

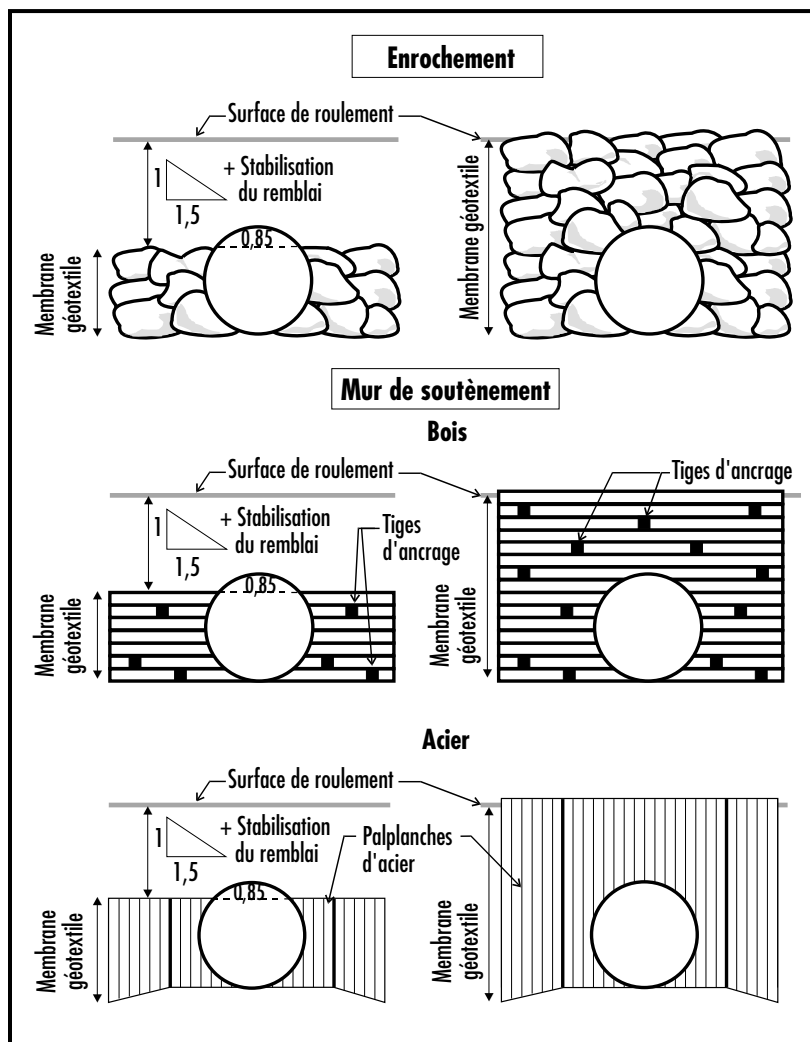
Figure 29*Protection minimale d'une extrémité*

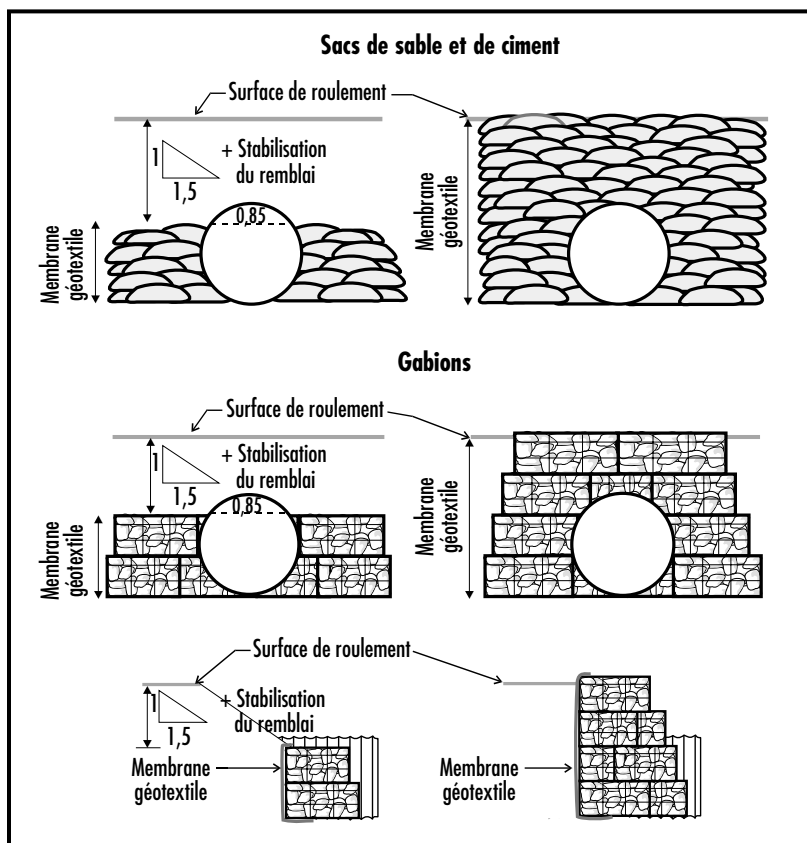
Le talus du remblai doit aussi être stabilisé au-dessus de la hauteur d'écoulement au débit de conception, qui correspond à 85 % de la hauteur libre du tuyau après enfouissement, et ce, dans les 20 mètres du cours d'eau (RNI, article 18). Pour ce faire, on peut continuer l'enrochement, prolonger le mur de soutènement ou adoucir la pente du talus dans un rapport $1,5 H : 1 V$ avant de le stabiliser selon les techniques usuelles décrites ci-après. Si la pente du talus est plus abrupte que $1,5 H : 1 V$, on doit aussi installer une membrane géotextile sous l'enrochement ou le mur de soutènement. Enfin, même si le RNI ne l'exige pas, il est bon de prolonger la stabilisation du remblai légèrement au-dessus de la surface de roulement, entre les deux berges du cours d'eau, afin de limiter l'apport de matériaux granulaires dans le cours d'eau lors des travaux d'entretien du chemin.

Les méthodes suggérées dans ce guide sont généralement les moins dispendieuses et plusieurs font appel à des matériaux disponibles en forêt (figure 30). On trouvera des compléments d'information et une revue des différentes méthodes de stabilisation dans Dumouchel, D. 1990. De plus, on peut obtenir de plus amples renseignements sur les matériaux disponibles et les méthodes de stabilisation en communiquant avec les fabricants et les distributeurs.

Figure 30

Stabilisation des extrémités d'un ponceau



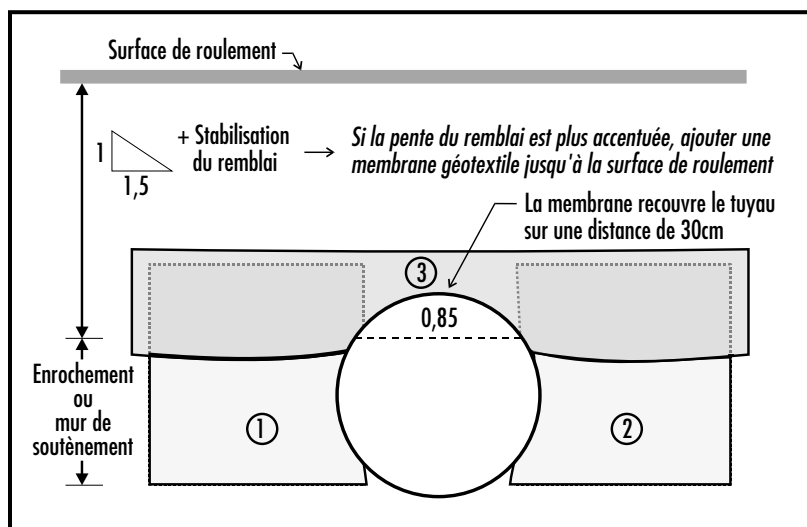
Stabilisation des extrémités d'un ponceau (suite)**a) L'enrochement**

Pour être en mesure d'enrocher les remblais, il faut évidemment avoir laissé suffisamment d'espace pour disposer les roches. On devrait aussi adoucir la pente du talus, qui ne devrait pas excéder 1,5 H : 1 V, si l'on veut prévenir l'érosion et s'assurer que les roches resteront en place. De plus, il faut nettoyer, compacter et régaler la surface à enrocher, puis enlever un peu de matériel, de part et d'autre du tuyau, afin de préparer la clé d'ancrage qui recevra les premières pierres. Cette dépression créée artificiellement augmente la stabilité de l'enrochement et permet ainsi de protéger la base du remblai. Le façonnement d'une clé d'ancrage est particulièrement recommandé lorsque l'ouvrage augmente la vitesse du courant (MENVIQ, 1991), mais elle est superflue quand le lit du cours d'eau n'est pas érodable (fond rocheux).

Lorsque la surface est enfin prête à recevoir l'enrochement, on recouvre le talus d'une membrane géotextile, jusqu'à la hauteur de l'eau au débit de conception (RNI, article 18) afin de réduire l'érosion et de prévenir l'affouillement de la fondation. On installe d'abord des bandes de membrane de part et d'autre du tuyau, puis on fait la même chose sur le dessus de la structure, afin de couvrir toute la surface à enrocher (figure 31). Pour éviter que ces bandes ne se déplacent, on en replie la partie supérieure de 30 cm, on enfonce des tiges d'ancrage dans la section ainsi repliée, à des intervalles de 1 m, puis on les déroule vers le bas de la pente. Les bandes doivent se chevaucher sur au moins 60 cm, et chaque joint doit être fixé avec des clous d'acier (15 cm) qu'on enfonce tous les mètres (MTQ, 1993c). De plus, les bandes doivent excéder l'enrochement sur une distance d'au moins 1,5 mètre, à la base et au sommet du talus.

Figure 31

Installation de membranes géotextiles autour d'un tuyau



Les roches utilisées pour stabiliser les talus des remblais ne doivent pas être prélevées dans le lit du cours d'eau. On les récupère généralement lors de la mise en forme ou du gravelage du chemin. L'enrochement est plus épais à la base du remblai. La dimension et la forme des premières pierres mises en place doivent permettre d'asseoir les autres. Selon la largeur du cours d'eau et la vitesse du courant, leur diamètre doit varier entre 0,5 m et 2,0 m. Le talus doit être recouvert d'au moins 0,5 m de pierres, de part et d'autre du tuyau, et ce, jusqu'à la hauteur de l'eau au débit de conception.

On a avantage à utiliser des pierres angulaires, mais si celles disponibles sont trop arrondies, on peut néanmoins assurer une stabilisation adéquate en diminuant la pente du talus ou encore en la fragmentant en gradins successifs. Dans ces cas, on doit rabattre la membrane géotextile sur les roches disposées à la base du remblai afin de pouvoir modifier le talus. Soulignons que l'utilisation d'une pelle hydraulique munie d'un dispositif qui retient les roches (pouce) permet de réduire la durée des travaux et de mieux disposer les matériaux.

Précisons toutefois qu'il n'est pas nécessaire de placer une membrane géotextile au-dessus de la ligne d'écoulement de l'eau au débit de conception si la pente est moins accentuée que 1,5 H : 1 V. Dans cette section, plus particulièrement, on recommande de placer les roches de façon à couvrir toute la surface du talus et d'éviter de poser uniquement de grosses pierres, car les interstices permettraient inévitablement à l'eau d'atteindre et de déloger les fins matériaux du remblai. La dimension des matériaux et leur disposition ont donc un impact important sur la stabilité et la résistance de l'ouvrage tout entier.

b) Le mur de soutènement

S'il est construit selon les règles de l'art, le mur de soutènement d'un ouvrage peut en améliorer la capacité hydraulique, en orientant favorablement l'écoulement. Il est généralement constitué d'un mur de tête et de murs en ailes, de part et d'autre du tuyau. On peut faire appel à divers matériaux, mais, dans le milieu forestier, le bois, l'acier, les gabions et les sacs de sable-ciment sont les plus fréquemment utilisés. Si l'on opte pour le bois, le mur devra être particulièrement bien drainé pour éviter qu'il ne se détériore rapidement.

Le mur de soutènement devrait toujours être légèrement incliné vers l'intérieur afin de mieux résister aux pressions hydrauliques et à celles exercées par les matériaux de remblai, qui pourraient l'écraser ou le soulever. Pour augmenter la stabilité du mur, on a généralement recours aux méthodes suivantes : mise en place de tiges d'ancrage, construction de caissons, enrochement à la base du mur.

• **Le bois prétraité**

On devrait utiliser du bois prétraité pour construire les murs de soutènement, à l'exclusion de leurs ancrages, car il se détériore moins rapidement et le traitement ralentit l'activité des insectes et des bactéries. Les essences recommandées sont le pin gris, le pin rouge, la pruche du Canada et le mélèze.

Toutefois, on doit prendre certaines précautions pour minimiser les impacts du bois prétraité sur l'environnement. On doit utiliser du bois traité en usine, par imprégnation thermique ou sous pression, car il offre une meilleure résistance au lessivage et il comporte moins de risques de contamination que le bois traité en chantier.

Le bois peut être préservé à l'aide de plusieurs substances chimiques. Celui qu'on utilise dans le milieu forestier doit toutefois être traité avec les préservatifs qui posent le moins de risques pour l'environnement (MTQ, 1991 et Breton, 1992), soit les produits à base d'arséniates de cuivre (ammoniacal et chromaté). On doit éviter d'avoir recours à du bois traité avec d'autres préservatifs ou à d'anciennes traverses de chemin de fer. Enfin, même s'il est jugé plus sécuritaire, on ne doit pas utiliser de bois traité à l'arséniate de cuivre lorsque l'ouvrage est en contact direct ou indirect avec une source d'eau potable ou un plan d'eau qui sert à un élevage intensif, tel une pisciculture ou un étang de pêche (MTQ, 1991).

Par ailleurs, les travailleurs doivent respecter certaines mesures de sécurité lorsqu'ils manipulent du bois prétraité ou des solutions préservatives. Ils doivent éviter tout contact direct de ces produits avec la peau et porter des survêtements ainsi que des gants de travail. Si l'on coupe les pièces de bois, les surfaces mises à nu doivent être protégées par une solution préservative approuvée. Il est préférable d'appliquer cette solution en couches minces, pour éviter d'en répandre dans le milieu naturel.

Pendant l'entreposage, les pièces de bois prétraité à l'arséniate de cuivre doivent être empilées et recouvertes d'une bâche afin de les protéger contre les intempéries (MTQ, 1992). On doit toutefois retirer la bâche par temps sec, car elle retient l'humidité du sol et du bois.

• **L'acier**

On peut se procurer des extrémités d'acier pour les tuyaux de tôle ondulée. Ces structures doivent toutefois être bien ancrées pour ne pas s'écraser. Les fournisseurs sont des sources de renseignements utiles sur les différents types d'extrémités disponibles et sur les coûts de construction des murs de soutènement en acier.

• **Les gabions**

Plusieurs modèles de gabions sont disponibles sur le marché. Ils ont généralement l'allure de grands paniers, rectangulaires ou cubiques, faits de treillis métallique. Ils sont parfois enduits de polyvinyle-chlorure (P.V.C.) pour en augmenter la durée de vie et contrer les effets nocifs de l'eau.

On dispose les gabions comme des briques, en intercalant les joints avec ceux de la rangée inférieure. Pour accroître la stabilité de l'ouvrage, on les incline légèrement vers l'intérieur. Quand les gabions sont bien ancrés et que toutes les arêtes horizontales et verticales sont attachées les unes aux autres (MTQ, 1993c), on les remplit généralement de roches de 20 cm à 30cm de diamètre. La dimension des roches requises varie selon le calibre du treillis et l'on doit respecter les recommandations du fabricant à cet égard.

• **Les sacs de sable-ciment**

S'il y a peu de roches à proximité du site retenu pour l'aménagement d'un pont ou d'un ponceau, il peut être avantageux d'utiliser des sacs de jute ou de fibres synthétiques remplis d'un mélange de sable et de ciment pour stabiliser les talus, particulièrement si le débit du cours d'eau est lent. On peut se procurer des sacs déjà pleins ou les remplir sur place d'un mélange fait d'une partie de ciment pour trois parties de sable (MTQ, 1993c). Les sacs doivent être remplis aux trois quarts de leur capacité.

La construction d'un mur de soutènement à l'aide de sacs de sable-ciment demande peu de temps et les travailleurs n'ont généralement pas besoin de machinerie, car ils peuvent manipuler les sacs aisément. Ces derniers forment une masse rigide qui résiste à la poussée des matériaux de remblai à cause de leur poids. Les murs ainsi faits sont particulièrement efficaces lorsque leur hauteur ne dépasse pas deux mètres. Ils doivent être beaucoup plus épais à la base et s'amincir progressivement. Les sacs doivent être disposés de façon à chevaucher les joints qui séparent ceux de la rangée inférieure. Pour consolider le mur rapidement, on devrait arroser chacune des rangées de sacs dès qu'on l'a mise en place.

Dans le cas des cours d'eau à débit rapide, il est préférable d'utiliser une autre méthode pour stabiliser la partie des remblais située sous la L.N.H.E., afin de prolonger la durée de vie de l'ouvrage. L'eau, le gel et le dégel accélèrent en effet la désagrégation des sacs et de leur contenu.

La stabilisation des remblais à l'aide de sacs remplis de sable et de ciment semble avoir un impact négligeable sur le milieu aquatique. On peut appréhender une légère augmentation du pH au pied du mur, mais les organismes aquatiques ne devraient pas être affectés. Comme le ciment durcit

rapidement, les particules basiques contenues dans les sacs ne deviennent solubles que très lentement. Par ailleurs, les sacs renferment peu d'impuretés organiques, car la chaux, principale composante du ciment, est soumise à des températures élevées lors de sa fabrication. La détérioration des murs de sacs de sable-ciment peut toutefois se traduire par un apport de particules dans le milieu aquatique. Cependant, cet apport est souvent ralenti par la végétation qui s'implante dans les joints qui séparent les sacs.

c) La stabilisation par la végétation

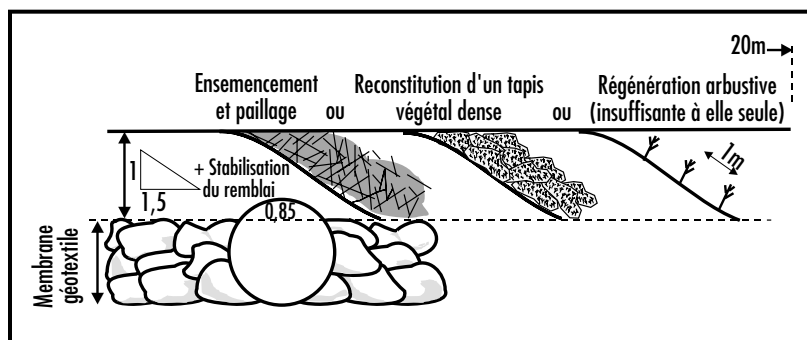
La remise en végétation des talus doit être entreprise le plus tôt possible après le régalage des matériaux granulaires, afin de protéger le sol dénudé et prévenir l'érosion. La faible cohésion des matériaux facilite l'enracinement des végétaux. On peut avoir recours à différentes méthodes, telles que l'ensemencement et le paillage, la plantation d'espèces arbustives ou la reconstitution d'un tapis végétal dense (figure 32).

• L'ensemencement et le paillage

Quand on perturbe un site, une nouvelle succession végétale s'amorce, dont la première étape est marquée par l'apparition de plantes herbacées. En ensemençant les surfaces mises à nu sans délai, on accélère ce processus naturel de régénération herbacée et l'on protège ainsi les talus contre l'érosion. Il faut évidemment éviter de semer les graines lorsque le sol est gelé. De plus, on recommande de ne pas épandre de fertilisant, pour préserver le milieu aquatique.

Figure 32

Stabilisation végétale des remblais



Le choix du mélange de graines et le respect des taux d'ensemencement recommandés sont très importants pour le succès des travaux. Plusieurs mélanges préparés en fonction des caractéristiques du milieu (type de sol, pente, drainage, fertilité, etc.) sont en vente dans les coopératives agricoles et chez certains spécialistes : mélanges pour fossés et talus, pour berges de cours d'eau, pour pentes faibles en zone inondable, pour pentes fortes en sol sec, etc. Ces mélanges renferment des graminées et des légumineuses, en proportions plus ou moins importantes. Lorsqu'on choisit un mélange qui contient des légumineuses, on doit y ajouter du rhizobium, car cette bactérie est indispensable à la fixation de l'azote.

Les espèces les plus communément utilisées dans les mélanges de graines disponibles sur le marché sont énumérées au tableau 9. Pour obtenir de bons résultats, on doit choisir des mélanges préparés à l'avance et étiquetés conformément à la loi fédérale sur les semences (fournisseur, composition, etc.). Mentionnons que les graines obtenues lors du criblage du grain ne sont pas recommandées, parce que la plupart proviennent de plantes annuelles et qu'elles ont besoin d'un sol perturbé tous les ans pour se reproduire. Par ailleurs, les mélanges faits avec ces graines sont très hétérogènes et les résultats ne sont pas garantis, notamment en ce qui a trait au taux de germination et à la stabilité des remblais ainsi remis en végétation.

TABLEAU 9**Principales espèces utilisées dans les mélanges¹ de semences**

Espèces	Caractéristiques et exigences pédologiques
<u>GRAMINÉES</u>	
Agrostide blanche (commune)	• sol acide, peu fertile et mal égoutté
Agrostide rampante	• sol mal égoutté
Agropyres	• résiste à la sécheresse et s'accommode de différents types de sols
Alpiste roseau	• sol mal égoutté ou exposé aux inondations
Elyme d'Altaï	• résiste à la sécheresse grâce à ses longues racines (< 3 m)
Fétuque rouge traçante	• tolère la sécheresse, les températures élevées et l'ombre
Fétuque élevée	• résiste aux brèves inondations, à l'humidité et à la sécheresse
Fétuque de Chewing	• tolère la sécheresse, les températures élevées et l'ombre
Fléole des prés	• s'adapte aux climats frais et humides, tolère les sols acides et mal drainés, sensible à la sécheresse
Pâturin du Canada (comprimé)	• tolère les sols acides et infertiles, résiste modérément à la sécheresse
Pâturin commun	• se plait à l'ombre et en sol mal égoutté
Pâturin du Kentucky	• tolère la sécheresse
Pâturin des prés	• sensible à la chaleur et à la sécheresse
Raygrass vivace	• pousse rapidement et abrite les végétaux à croissance lente, ne persiste pas une deuxième année dans toutes les régions du Québec
<u>LÉGUMINEUSES²</u>	
Rue des chèvres	• bonne résistance à la sécheresse et au froid, recommandé pour améliorer et conserver les sols
Mélilot blanc (trèfle d'odeur)	• s'établit facilement dans tous les sols
Trèfle alsike	• tolère les sols acides et humides, sensible aux maladies associées au climat hivernal

1 Tous les mélanges doivent être préparés à l'avance et étiquetés conformément à la loi fédérale sur les semences

2 Les mélanges qui contiennent des légumineuses doivent être inoculés avec du rhizobium

Le paillage des surfaces dénudées est également primordial pour le succès des travaux. Cet écran protecteur réduit l'érosion causée par l'eau de ruissellement et le déplacement des graines, par le vent. De plus, il prévient le dessèchement des graines et ralentit l'évaporation, créant ainsi un milieu favorable à la germination et à la croissance des plantules. Enfin, la paille constitue une couverture isolante qui protège les semis des brusques variations de température. Elle se décompose lentement, après l'établissement de la végétation.

Le paillis doit renfermer le moins de mauvaises herbes possible. On doit en étendre 15 kg / 10 m² (la masse est calculée en fonction d'un taux d'humidité inférieur à 15 %) (MENVIQ, 1992). Le foin et la paille s'avèrent de bons choix : ils se dégradent lentement et préviennent l'érosion pendant environ deux ans. Pour éviter que le paillis ne glisse vers le bas du remblai, on doit le fixer à l'aide de filets photodégradables, de branches, etc.

Si la végétalisation échoue (gel des plantules, sécheresse, etc.), il faut ensemençer de nouveau, après avoir retiré le paillis. Si l'on ne prend pas cette dernière précaution, le taux de germination des graines sera insuffisant et les plantules mourront rapidement parce que leur système racinaire ne touchera pas au sol.

Il y a différentes techniques d'ensemencement : mécanique, hydraulique, etc. C'est souvent la période où l'on effectue les travaux qui dicte la technique retenue.

*** L'ensemencement mécanique**

L'ensemencement mécanique se fait à la volée ou à l'aide d'un semoir, comme le cyclone portatif. Des conditions climatiques favorables permettent une germination et un enracinement plus rapides. Lorsqu'on doit ensemençer une grande superficie, on suggère de la diviser en parcelles plus petites et de peser la quantité de graines requise pour chacune d'elles afin d'obtenir une densité uniforme.

*** L'ensemencement hydraulique**

Cette technique exige un semoir hydraulique qui projette un mélange aqueux composé de fibres de cellulose, de paille, de semences adaptées au site, d'un agent fixateur organique, dégradable, et d'eau. La fibre de cellulose et la paille agissent comme un paillis protecteur qui est maintenu en place par l'agent fixateur. L'eau du mélange met fin à la dormance des graines et déclenche le processus de germination. L'ensemencement doit donc se faire au cours d'une période propice à la germination. Le sol doit être humide et la température dépasser le point de congélation de quelques degrés (de 6° C à 10° C).

On étend 4 kg de mélange / 10 m² (la masse est calculée en fonction d'un taux d'humidité inférieur à 15 %) (MENVIQ, 1992). Soulignons qu'on ne doit pas laisser les graines dans le réservoir plus de deux heures afin d'éviter qu'elles ne s'altèrent au contact de l'eau et de la chaleur.

Les périodes idéales pour l'ensemencement se situent entre le début de mai et le 15 juin et entre le 15 août et le 15 septembre. Si l'on pratique l'ensemencement hydraulique entre ces deux périodes, le semis peut manquer d'eau et, après le 15 septembre, les gelées automnales pourraient lui être fatales, car il ne sera pas encore assez résistant au gel.

• **La régénération arbustive**

On reboise généralement les remblais des ouvrages d'art pour compléter la stabilisation amorcée par la végétalisation (plantes herbacées) ou par l'installation d'éléments mécaniques (murets, caissons, etc.). Le reboisement est également indiqué lorsqu'il y a suffisamment d'espace pour aménager des terrasses ou des paliers dans le talus. Seul, il ne suffit toutefois pas pour contrer efficacement l'érosion. Cette méthode est particulièrement avantageuse lorsqu'on trouve des plants mères à proximité du site à stabiliser.

Les espèces arbustives qu'on peut utiliser pour stabiliser les remblais sont peu nombreuses. Le choix est dicté par la nature du sol, la pente du talus et l'exigence de l'essence en termes de drainage. Comme les plants doivent s'adapter au site où ils seront mis en terre, on ne devrait utiliser que des espèces indigènes, parfaitement adaptées aux conditions physiques, biologiques et climatiques qui y règnent (Argus Groupe-conseil, 1996). Une liste des essences recommandées pour chaque région écologique est présentée dans Houde et Bertrand, 1992. Certaines espèces exigent une inondation printanière (aulne rugueux) alors que d'autres supportent aussi bien les sécheresses que les crues (saule et cornouiller). L'aulne crispé est une autre espèce intéressante, car il pousse bien, quelles que soient la pente et la nature du sol. Il est primordial de choisir une essence dont les tiges et les branches s'enracinent rapidement et qui se régénère tout aussi vite, en produisant de nouvelles pousses à la base du tronc. Les aulnes, les saules, les cornouillers, les peupliers, les spirées, les sureaux et les viornes sont au nombre des espèces qui ont une forte capacité de régénération (Argus Groupe-conseil, 1996).

Pour stabiliser un remblai de sable, on peut y enfoncer, aux deux tiers de leur longueur, des tiges de saule ou des piquets, espacés de 50 cm (MENVIQ, 1992), en laissant 1 m entre les rangées (figure 33). Au bout de ces tiges ou piquets, on fixe, perpendiculairement, de longues tiges de saule flexibles, qu'on entrecroise ou regroupe pour former un rempart de 20 cm à 30 cm de hauteur (fagots), puis on recouvre le tout de sol. Entre les

rangées, on aménage de petites terrasses où l'on plante d'autres tiges de saule (fascines). Pour obtenir de bons résultats, on doit effectuer ces travaux dès que le sol peut être travaillé, au printemps, ou au début de l'automne (septembre et octobre).

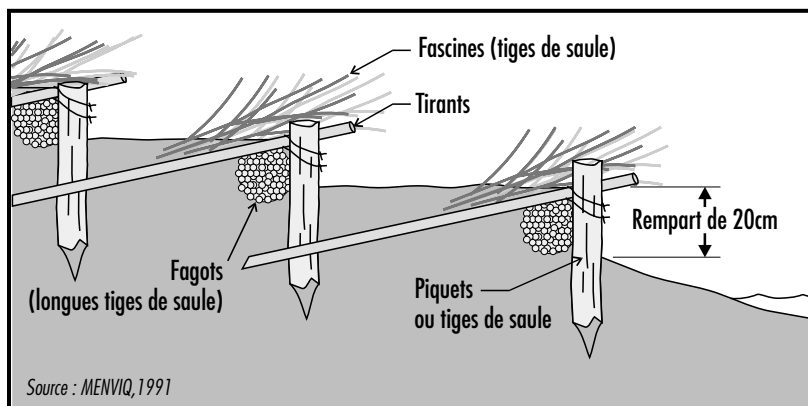
On peut aussi reboiser les pentes non sablonneuses. Pour ce faire, on recommande surtout des espèces arbustives, mais, à certains endroits (segment de chemin droit, etc.), on peut aussi choisir des espèces arborescentes. Le reboisement se fait généralement du mois de mai à la mi-juin et en septembre. Il doit toujours être précédé d'une végétalisation à l'aide de plantes herbacées.

Si la pente n'est pas trop forte, on peut stabiliser le remblai en y plantant des rangées de spirées à larges feuilles et des cornouillers. On peut faire appel à cette même technique pour stabiliser les pentes fortes, mais on doit la combiner à la stabilisation mécanique de la base du remblai (enrochement, mur de soutènement, gabions). La plupart de ces techniques sont décrites dans Argus Groupe-conseil, 1996.

Si l'on reboise avec des arbustes cultivés en serre, on doit s'assurer qu'ils conviennent bien au site, qu'ils sont de première qualité et qu'ils ont été acclimatés avant la livraison. (La liste des principaux arbres et arbustes vendus en pépinière et appropriés pour le reboisement des rives des lacs et des cours d'eau est présentée dans MENVIQ, 1991.) On doit de plus prendre des précautions particulières pendant le transport et l'entreposage, pour éviter que les plants ne sèchent.

Figure 33

Stabilisation d'un talus au moyen de fascines et de fascines



Les semis doivent être mis en terre sinon dès leur livraison, du moins dans les trois jours suivants. Avant la plantation, il est important de bien arroser la motte de terre qui entoure chaque plant. On augmente ainsi le taux de survie et l'on facilite l'extraction du plant. Lors de la mise en terre, il est important de bien enfouir les racines, de tasser soigneusement le sol autour du plant et d'arroser abondamment. On doit disposer les plants en quin-conce, en laissant une distance de deux mètres entre eux.

• La reconstitution d'un tapis végétal dense

Lorsqu'on construit un pont ou un ponceau, on devrait se soucier de la qualité du tapis végétal qui couvre l'emprise de la route, au-delà de la bande de 20 m préservée le long du cours d'eau. Selon sa qualité, ce tapis végétal peut être utilisé pour stabiliser certaines sections des remblais dont la pente a été adoucie. On le prélève en bandes ou en plaques, en ayant soin de conserver une mince couche de sol, puis on dispose ces bandes sur toute la surface du talus à stabiliser. Aucun espace ne doit être laissé à nu. Ce tapis végétal reconstitué réduit les problèmes d'érosion causés par l'eau et il facilite la régénération naturelle des espèces végétales.

Soulignons qu'un tapis végétal de qualité est toujours très dense et que le sol est fermement maintenu par les racines des plantes. Mentionnons de plus que celui qui couvre le sol de certaines pessières possède des caractéristiques intéressantes.

3.3.5.2 La stabilisation du lit du cours d'eau

À la sortie d'un ponceau, l'érosion se traduit généralement par la formation d'une fosse d'affouillement. Si la vitesse d'écoulement de l'eau dépasse celle que les matériaux qui couvrent le lit du cours d'eau peuvent supporter, en raison de leur granulométrie, on doit stabiliser le lit. Pour ce faire, on y dépose généralement une membrane géotextile que l'on couvre de pierres d'un diamètre suffisant pour qu'elles ne soient pas emportées par le courant (tableau 10). Cette membrane permet d'éviter que l'eau ne déloge les matériaux fins du lit. L'enrochement doit respecter le profil longitudinal du cours d'eau et ne pas nuire à la circulation du poisson. On recommande normalement d'enrocher le lit sur une distance égale à deux fois le diamètre du tuyau (figure 34) en aval et à une fois ce diamètre, à l'amont.

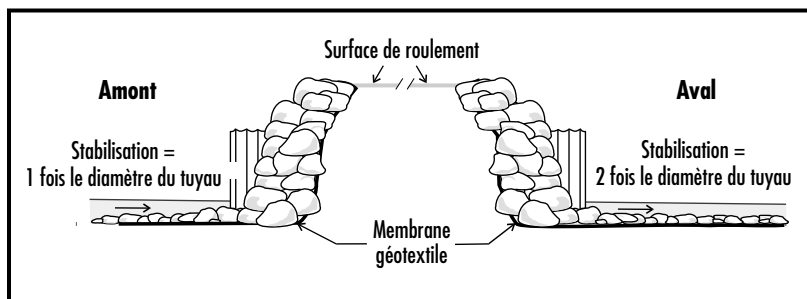
TABLEAU 10**Pierres requises pour l'enrochement**

PIERRE diamètre (cm)	PIERRE masse (kg)	VITESSE MAXIMALE D'ÉCOULEMENT (m/s)
5	0,3	1,0
10	1,5	1,4
20	12,0	2,0
30	40,0	2,5
40	85,0	2,8
50	164,0	4,0
76	575,0	4,6

Si l'on doit traverser un cours d'eau très fortement incliné et qu'on ne peut installer le tuyau en suivant la pente naturelle du lit, on peut réduire l'inclinaison, à condition qu'il n'y ait pas d'habitat du poisson à l'amont de la structure. On doit toutefois s'assurer que le lit du cours d'eau est très bien stabilisé à la sortie du ponceau. On utilisera des roches appropriées et l'on tiendra compte du débit et de la hauteur de la chute d'eau (rupture de pente). Il faut de plus s'assurer que la structure ne créera pas d'érosion, car il peut y avoir des habitats du poisson à l'aval.

Figure 34

Stabilisation du lit d'un cours d'eau en amont et en aval d'un ponceau



Quand la structure du lit ne permet pas d'enfouir la partie inférieure du tuyau et qu'on créerait ainsi une rupture de pente de plus de 30 cm à la sortie du ponceau, on doit plutôt opter pour une structure à contour ouvert ou construire un pont. Dans certains cas, on peut toutefois réduire la rupture de pente en aménageant une série de petits bassins à l'aval du ponceau (section 5.2.2). Ces bassins, qui sont généralement faits de roches, doivent permettre la libre circulation des poissons en tout temps de l'année. S'ils sont mal construits, ils peuvent devenir de véritables pièges en période d'étiage.

3.3.5.3 La stabilisation des rives et des berges

Grâce à leurs racines, les plantes protègent les rives et les berges contre l'érosion. De plus, elles préservent ou améliorent la qualité de l'eau, en assimilant les éléments nutritifs charriés par les eaux de ruissellement. Enfin, elles constituent un habitat essentiel pour certaines espèces fauniques qui y trouvent nourriture, abri et aires de nidification. Il faut donc préserver la végétation sur les rives et les berges lorsqu'on construit un chemin et qu'on aménage un pont ou un ponceau. Lorsqu'elle est endommagée, on peut stabiliser les berges en les enrochant, en y reconstituant le couvert végétal ou en combinant ces deux méthodes. L'enrochement, qui doit se faire à partir du lit du cours d'eau, devrait excéder de 30 cm la ligne naturelle des hautes eaux. Si la berge est très inclinée, on devrait placer une membrane géotextile sous les roches.

Si l'eau qui sort du tuyau se dirige vers la berge, comme cela se produit parfois lorsque le ponceau est aménagé dans un segment sinueux du cours d'eau, on doit prévenir l'érosion. Pour ce faire, on stabilise la berge avec un enrochement afin de contrer la force de l'eau et d'enrayer son action érosive.

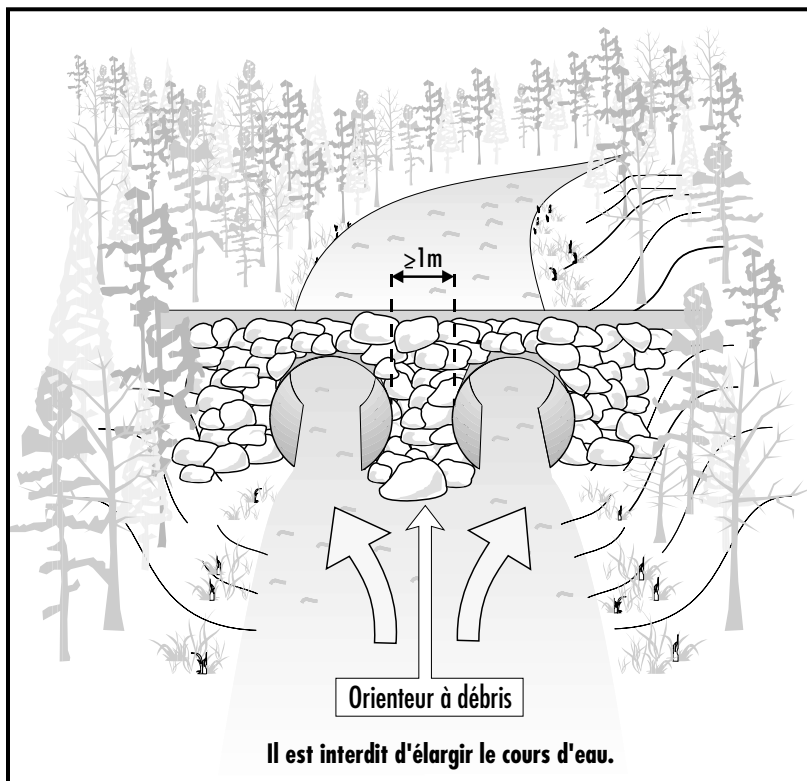
3.4 Les ponceaux à tuyaux parallèles

Lorsqu'on installe des ponceaux à tuyaux parallèles, on ne doit pas élargir le cours d'eau et l'on doit laisser au moins 1 mètre entre les tuyaux (RNI, article 30), pour pouvoir compacter adéquatement les matériaux de remplissage entre les tuyaux et réduire ainsi les risques d'affouillement à l'extrémité de l'ouvrage.

Néanmoins, le ponceau à tuyaux parallèles, favorise souvent l'accumulation de débris et il augmente les risques d'embâcles. Si l'on aménage ce type d'ouvrage, on doit donc prévoir des travaux de dégagement des tuyaux. Pour réduire les interventions requises, on peut installer un « orienteur à débris » à l'amont de la structure, par exemple. Dans le milieu forestier, l'orienteur à débris fait de roches s'avère souvent le plus approprié (figure 35).

Figure 35

Ponceau à tuyaux parallèles avec orienteur à débris à l'amont



Cependant, le meilleur moyen de permettre le passage des débris demeure toutefois l'installation d'un pont, d'un tuyau arqué, d'une structure en anse de panier ou d'un tuyau de plus grand diamètre.

3.5 Les ponceaux de bois

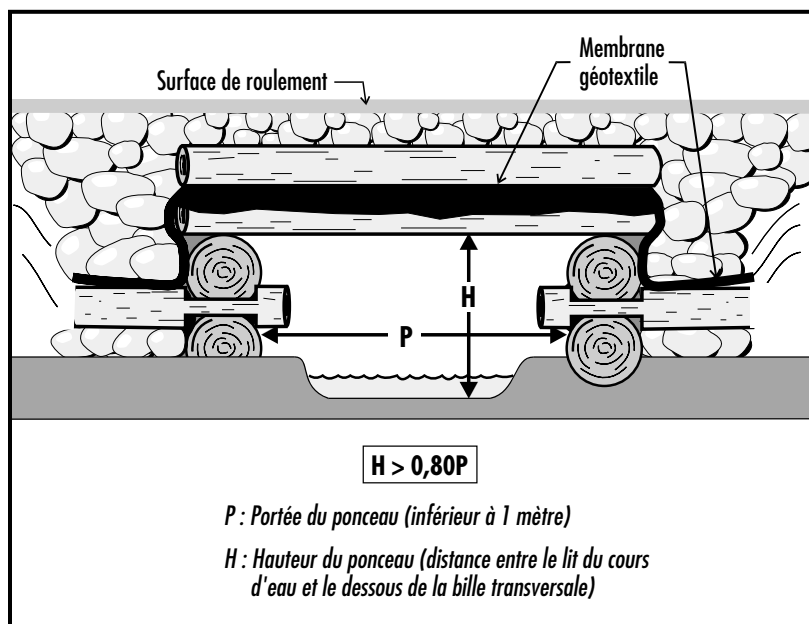
Lorsqu'on construit un ponceau de bois, on a évidemment intérêt à utiliser le matériau le plus résistant. Le cèdre vient en tête pour ce qui est de la durée de vie, mais on peut aussi avoir recours à d'autres essences, comme le mélèze, le pin gris et le pin blanc. Par contre, on doit éviter le tremble, qui pourrit rapidement.

Les ponceaux de bois doivent avoir une portée inférieure à 1 mètre (RNI, article 26) et ils doivent être dimensionnés en fonction des débits de crue. Ceux que l'on installe dans les forêts ont souvent une portée adéquate, mais ils ne sont pas assez hauts pour laisser les eaux de crue s'écouler librement. On doit se rappeler que la hauteur du ponceau de bois doit éga-ler au moins 80 % de sa portée. Ainsi, si le ponceau a une portée de 90 cm, sa hauteur doit être d'au moins 72 cm, tel qu'indiqué à la figure 36 (RNI, article 26). Rappelons que lorsque l'ouvrage rétrécit le cours d'eau de plus de 20 %, il doit être dimensionné de la façon décrite à l'annexe 5 du RNI, une fois que l'on a calculé les débits conformément à l'annexe 3.

On doit éviter d'obstruer l'ouverture du ponceau de bois avec une structure de renforcement, comme des contreventements ou des poutres transversales, par exemple, parce que cela pourrait entraîner le blocage éventuel du ponceau. Par contre, lorsqu'elles sont enfouies sous le lit du cours d'eau, ces structures ne présentent aucun inconvénient.

Figure 36

Dimensionnement d'un ponceau de bois

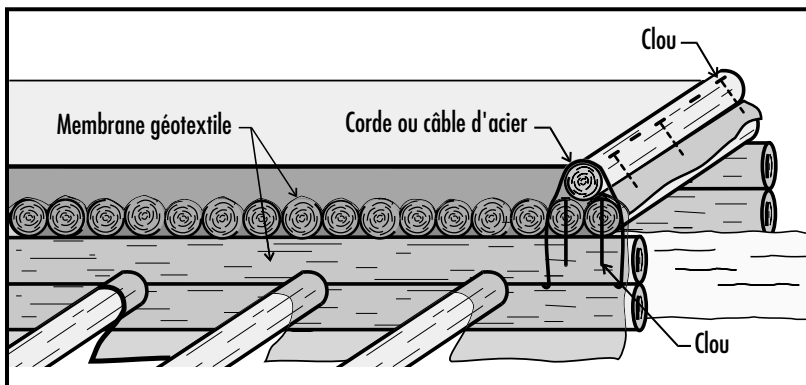


Les ponceaux de bois sont assujettis aux normes de stabilisation. De plus, on doit recouvrir les billes qui forment le dessus et le côté de l'ouvrage d'une membrane géotextile, pour empêcher les matériaux fins de s'infiltrer dans les fentes (RNI, article 26). Cette membrane doit être d'une qualité égale à celle utilisée pour les travaux de stabilisation des remblais.

À la figure 37, on voit la coupe longitudinale d'un ponceau de bois installé correctement. On a cloué et attaché une bille supplémentaire à chacune des extrémités pour prévenir l'apport de matériaux granulaires dans le cours d'eau.

Figure 37

Coupe longitudinale d'un ponceau de bois



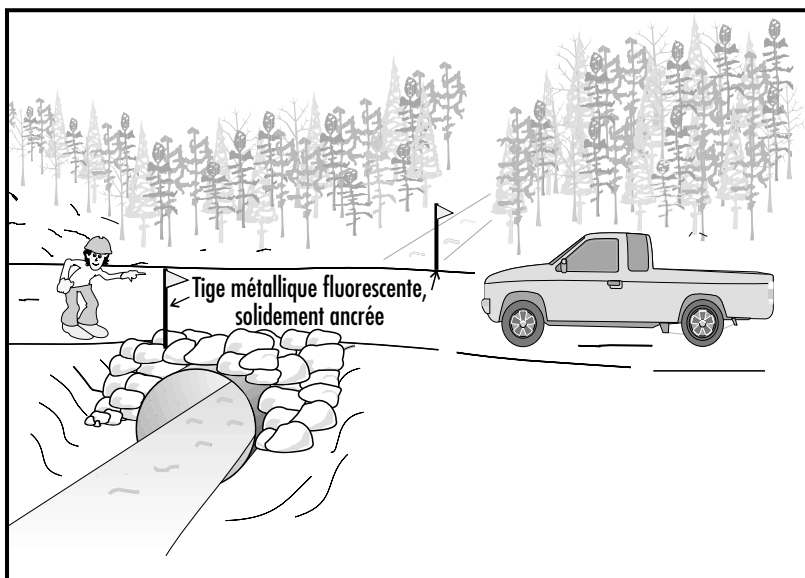
3.6 La signalisation de l'ouvrage

Quand on a fini d'aménager un ponceau, il est important d'installer une tige de signalisation à chacune de ses extrémités. Idéalement, on utilise une tige métallique fluorescente et on la fixe solidement dans le sol, à un endroit où elle sera facilement repérable et où l'équipement utilisé pour l'entretien du chemin ne pourra l'atteindre (figure 38).

La signalisation facilite le repérage des ponceaux lors du nivelage et de l'entretien du chemin. Elle réduit donc les risques d'apport de sédiments ou de gravier dans le cours d'eau. Pour éviter d'endommager les tiges de signalisation et les cours d'eau, il est essentiel que les opérateurs de machinerie connaissent les précautions à prendre à proximité des ponceaux. Ils doivent, notamment, ralentir et, au besoin, modifier l'orientation de la pelle pour éviter de déposer des matériaux granulaires sur les talus stabilisés.

Figure 38

Signalisation des ponceaux



3.7 L'entretien des ponceaux

Même le ponceau le mieux installé demande un entretien minimal si l'on veut le garder en bon état et maintenir la libre circulation des poissons. Réparer ou remplacer un ponceau est à la fois onéreux et dommageable pour l'environnement.

Il faut d'abord s'assurer que la surface de roulement est nivelée selon les règles de l'art, qu'elle n'est pas trop amincie au-dessus de l'ouvrage et que l'opérateur ne pousse aucun matériel dans le cours d'eau. Dans le cas contraire, on devra appliquer des mesures correctrices (section 5.6.3) pour y remédier.

Dans les secteurs où les castors peuvent créer des problèmes, les vérifications devraient être plus fréquentes et, dans certains cas, on devrait avoir recours à des mesures de protection additionnelles (section 5.8).

Lorsqu'on vérifie l'état de l'ouvrage, on doit aussi s'assurer qu'il n'y a pas d'érosion, d'affouillement, de tassement, etc. Si un problème survient, on doit le corriger en tenant compte, notamment, des mesures préconisées au chapitre 5.

Quand plusieurs utilisateurs fréquentent un même secteur forestier, ils devraient s'entendre pour se partager équitablement les travaux de supervision et d'entretien des chemins, des ponts et des ponceaux. On leur recommande d'adopter une procédure pour s'assurer que les vérifications sont faites régulièrement et qu'on élimine les débris et les glaces qui pourraient entraver la circulation de l'eau après de fortes averses ou lors des débâcles.



Chapitre 4

LES AUTRES TYPES DE STRUCTURES

Les utilisateurs du milieu forestier sont souvent appelés à aménager ou à installer des structures qu'ils doivent enlever lorsqu'ils ne les utilisent plus. Ces structures sont mises en place pour permettre le débardage et le transport du bois.

Ce chapitre traite de l'aménagement de ces structures et des précautions qui doivent l'entourer.

4.1 Les ponts de glace

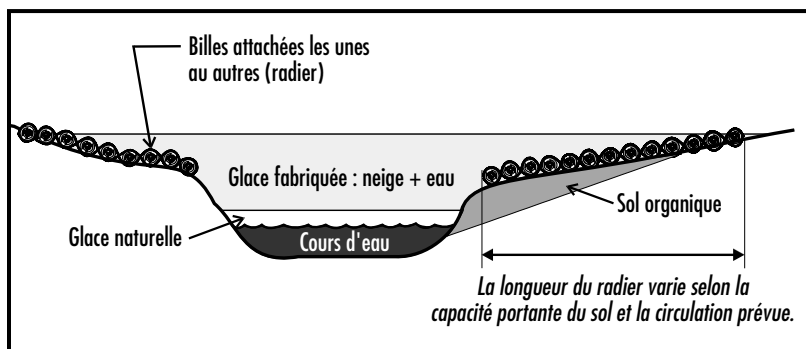
Dans les zones nordiques, où le climat est particulièrement rigoureux, les chemins d'hiver sont des voies de circulation privilégiées. Ils permettent de desservir les secteurs où l'on n'a pas encore aménagé de chemins permanents. Or, bon nombre de chemins d'hiver traversent des cours d'eau importants et il faut alors construire des ponts de glace.

Le pont de glace est une structure faite d'eau et de neige, que l'on renforce au besoin par une armature de billes de bois. Selon la largeur du cours d'eau à traverser, on peut aménager deux types de ponts de glace : le **pont de glace simple**, qui est le plus répandu, et le **pont de glace complexe**. Si le cours d'eau est étroit, on se contente d'installer des radiers sur les deux rives ou berges, de façon à couvrir toute la largeur de la chaussée (RNI, article 27, figure 39), puis on pousse de la neige sur la glace qui couvre l'eau et on peut l'arroser pour qu'elle se transforme aussi en glace. Ce travail demande une planification minimale et l'ouvrage peut être complété en quelques heures. On doit toujours s'assurer que la neige utilisée ne renferme ni matière minérale, ni matière végétale, qui se retrouveraient dans le cours d'eau à la fonte des neiges. Le printemps venu, on laisse les radiers en place, mais, le cas échéant, on enlève l'armature de billes de bois installée pour renforcer le pont de glace (RNI, article 27).

Le deuxième type de pont de glace, dit complexe, qu'on aménage pour traverser les grandes étendues d'eau (lac ou rivière importante), est beaucoup plus élaboré. On doit faire appel à des travailleurs expérimentés et, dans bien des cas, à un spécialiste, en raison des risques inhérents à ces ouvrages.

Figure 39

Coupe longitudinale d'un pont de glace simple



4.1.1 Le choix du site

Le site où l'on construit le pont de glace influence grandement la sûreté et le coût de l'ouvrage. On devrait donc tenir compte des recommandations suivantes :

1. choisir un tronçon du cours d'eau où l'écoulement est lent et uniforme afin de prévenir l'érosion thermique de la face inférieure du pont, d'une part, et parce que la prise des glaces est plus hâtive et la débâcle plus tardive dans ces secteurs, d'autre part. La construction peut donc être entreprise dès le début de l'hiver et l'ouvrage peut être utilisé jusqu'au début du printemps.
2. Éviter les zones d'accumulation de frasil, en aval des rapides, car elles entravent l'écoulement de l'eau et engendrent parfois des fluctuations du niveau du cours d'eau qui pourraient se traduire par l'inondation du pont de glace. De plus, l'eau se creuse parfois des chenaux dans la masse de frasil et la vitesse d'écoulement accrue peut entraîner une importante érosion thermique locale. Enfin, les accumulations de frasil peuvent provoquer des fissures de cisaillement.
3. Choisir un site à proximité du corridor routier retenu. Pour des raisons évidentes d'économie, il importe de réduire au minimum la longueur de la route temporaire à construire pour se rendre au pont de glace. En général, ce type d'ouvrage n'est pas aménagé dans les secteurs où les rivières sont étroites, les berges abruptes et les courants forts, donc sur des sites qui se prêtent à l'érection d'un pont permanent.

4. Choisir un site facile d'accès. Les ponts de glace sont surtout empruntés par des fardières et les approches doivent être aussi peu inclinées que possible.

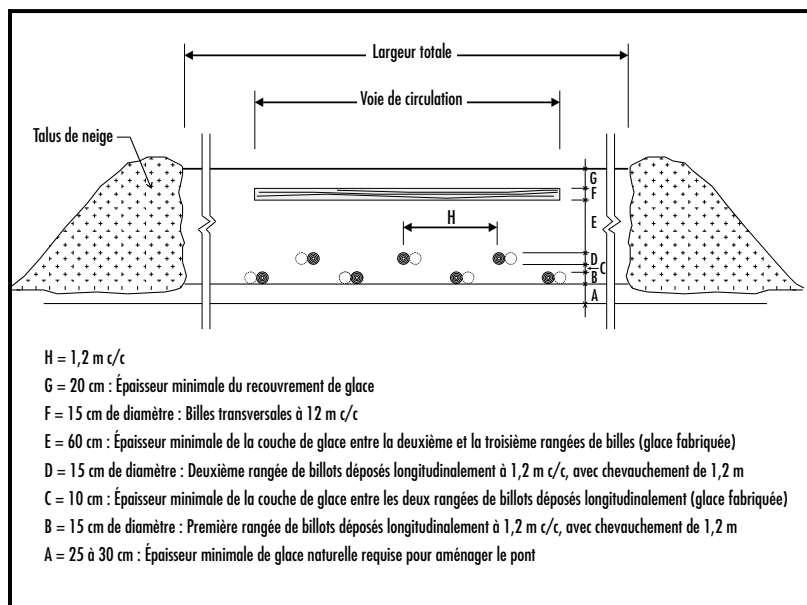
Lorsqu'on doit faire des compromis dans le choix du site, la sécurité doit primer sur le souci d'économie.

4.1.2 La construction d'un pont de glace complexe

Les ponts de glace peuvent être renforcés par des billots. Leur construction commence quand la glace atteint de 25 cm à 30 cm d'épaisseur. On dispose les billots longitudinalement et, comme ils ne sont généralement pas assez longs, on doit les faire chevaucher sur au moins 1,2 m. On doit placer les lignes de billots à 1,2 m (centre à centre) les unes des autres, sur toute la surface de roulement. On épaissit ensuite la glace en couches successives d'au plus 1 cm, en l'arrosant ou en l'inondant. Lorsque la première rangée de billots est couverte d'au moins 10 cm de glace, on en place une deuxième rangée, en intercalant les grumes entre celles déjà en place. On forme ensuite une nouvelle couche de glace d'environ 60 cm d'épaisseur, toujours par couches successives de 1 cm, avant de disposer une troisième et dernière rangée de billots, transversalement, à 12 m les uns des autres (centre à centre) pour prévenir les fissures longitudinales. On continue ensuite d'épaissir la glace jusqu'à ce que la dernière rangée de billots soit recouverte d'au moins 20 cm (figure 40). Si l'on veut augmenter la capacité portante du pont et la sécurité de l'ouvrage, on n'a qu'à continuer d'épaissir la couche de glace au-dessus de l'armature de billots.

Lorsqu'on épaissit la glace par couches successives de 1 cm, en arrosant ou en inondant l'ouvrage, la hauteur du pont augmente d'au plus 2,5 cm par jour. On évite ainsi la formation de fausse glace et la présence d'eau non gelée entre les couches de glace. La construction d'un pont de glace selon ce procédé prend plus d'un mois.

Lors des travaux, les berges ou les rives du cours d'eau doivent être protégées par des billes de bois attachées les unes aux autres de façon à former un radier que l'on doit laisser en place lors du dégel printanier. Toutefois, les autres billes utilisées doivent alors être récupérées (RNI, article 27).

Figure 40**Coupe transversale d'un pont de glace renforcé de billots****4.1.3 Le balisage et l'utilisation du pont de glace**

Lorsqu'on aménage un pont de glace, on doit respecter des normes de sécurité fort strictes (CSST, 1996). On doit notamment se préoccuper des quatre points qui suivent.

4.1.3.1 Le balisage de la voie carrossable

Les balises doivent être assez rapprochées pour permettre aux chauffeurs de suivre la voie carrossable, même dans les pires blizzards. Lorsqu'elles sont installées dès le début des travaux, les balises peuvent aussi servir de repères pour mesurer l'épaisseur de la glace.

4.1.3.2 Les limites de vitesse

Les limites de vitesse à respecter doivent être indiquées adéquatement. Les chauffeurs doivent s'engager sur le pont de glace et le quitter à vitesse réduite, pour éviter de créer des ondes de choc excessives, qui pourraient provoquer la rupture de l'ouvrage. Les arrêts et les départs brusques sont

interdits, car ils accentuent les contraintes qui s'exercent dans la glace. On doit enfin se souvenir qu'il ne faut jamais faire circuler plus d'un véhicule à la fois sur le pont et que les arrêts y sont interdits (tableau 11).

TABLEAU 11

Vitesse critique (km / h) selon la profondeur de l'eau et l'épaisseur de la glace

ÉPAISSEUR DE LA GLACE (m)	PROFONDEUR DE L'EAU (m)			
	5	10	20	50
1,60	20	35	45	65
1,75	20	35	45	65
2,00	20	35	45	70
2,25	20	35	45	70
2,50	20	35	50	70
2,75	20	35	50	70
3,00	20	35	50	75

Source : Carter, 1991.

4.1.3.3 Les brusques variations de température

Les changements brusques de température induisent dans la glace des contraintes thermiques qui provoquent souvent l'apparition de fissures dans les ponts de glace. Si l'on doit y circuler avec une charge proche de la limite permise, on a donc intérêt à attendre que la température se stabilise.

4.1.3.4 Le chargement vibratoire

Nous ne connaissons aucune étude qui traite de l'effet des vibrations sur les ponts de glace, mais on y interdit habituellement la circulation des tracteurs sur chenilles dont le poids excède 50 % de la charge permise.

4.1.4 L'entretien du pont de glace

Entretien un pont de glace ne signifie pas seulement le débarrasser de la neige qui s'y accumule ; il faut également vérifier : **a) l'épaisseur de la glace**, afin de déceler toute érosion thermique ; **b) les fissures**, qui réduiraient considérablement la capacité portante de l'ouvrage. Il faut être particulièrement vigilant après le passage de véhicules lourdement chargés, les chutes de neige importantes et les baisses de température très brusques.

4.2 Les ponts amovibles (pontages)

Le pont amovible (« pontage » aux termes du RNI) est une structure rigide qu'on installe temporairement au-dessus d'un cours d'eau. Cette structure, qui laisse l'eau s'écouler librement, permet d'éviter que la machinerie ne vienne en contact ni avec l'eau, ni avec le lit du cours d'eau. Selon le RNI (articles 9 et 27), on ne peut installer un pont amovible que dans un sentier ou un chemin d'hiver.

Le pont amovible est généralement fait de pièces de bois (trunks d'arbres ou bois de sciage) réunies par des câbles, des tiges d'acier, des chevilles ou des clous. Pour en augmenter la stabilité, les pièces de bois sont fixées à d'autres pièces disposées transversalement, près des extrémités. On peut aussi utiliser des ponts amovibles en acier (figure 41).

Lorsqu'on installe un pont amovible dans un sentier, on doit accorder une attention particulière à la protection du cours d'eau, de ses berges et de la végétation. Pour éviter que la circulation de la machinerie ne perturbe le sol à l'approche du cours d'eau (ornières, mares, etc.), on doit installer le pont amovible sur un site bien drainé et couvrir le sol de branches, d'un radier ou d'un tapis fabriqué à cette fin (terramat, par exemple). On n'est pas obligé d'installer des radiers dans les sentiers de débardage, mais cela est souhaitable, particulièrement sur les sites mal drainés. Ces structures doivent toujours être mises en place au-dessus de la ligne naturelle des hautes eaux.

Dans les chemins d'hiver, le pont amovible doit toujours être déposé sur des matériaux qui en assureront la stabilité, d'une part, et qui en faciliteront l'enlèvement, d'autre part (figure 42). Ces matériaux ne devront pas contribuer à l'apport de sédiments dans le cours d'eau. Pour la même raison, on placera d'abord une membrane géotextile sur la surface de roulement avant d'y ajouter du matériel granulaire.

On doit retirer les ponts amovibles à la fin des travaux pour lesquels ils ont été mis en place, mais on doit laisser les radiers (RNI, article 27). Si l'on a endommagé les rives, il faut y remédier sans délai, pour contrer l'érosion (section 3.3.5.3). Lorsque la circulation de la machinerie a créé des bourbiers (mares de boue), on peut aussi avoir à creuser des canaux de dérivation, pour amener l'eau vers des zones de végétation.

Figure 41

Différents types de ponts amovibles (pontages)

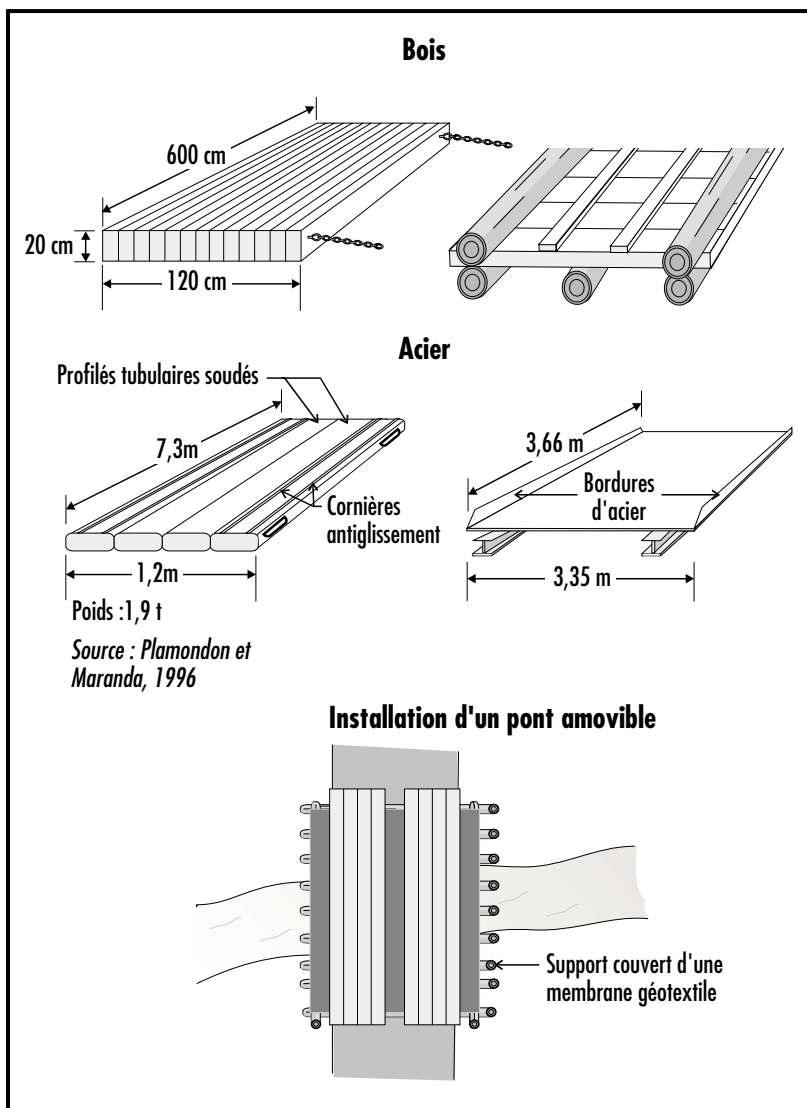
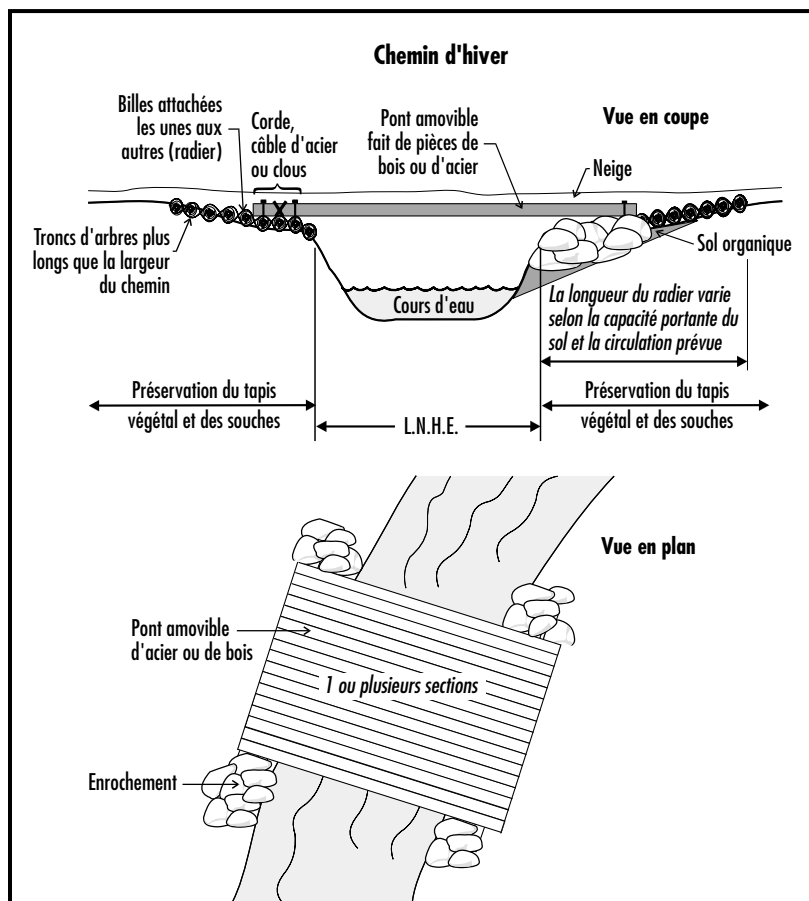


Figure 42

Radiers de bois et de roches



4.3 L'aménagement d'ouvrages dans les chemins d'hiver

Dans certaines régions, on effectue une large part des opérations forestières en hiver, parce qu'on peut alors se rendre à des massifs forestiers inaccessibles en été et que les coûts de construction des chemins sont moins élevés. Cependant, l'aménagement d'un ouvrage lorsque le sol est gelé et couvert de neige pose des problèmes fort différents de ceux que l'on connaît en été. Les principales difficultés résident dans :

- le repérage du lit du cours d'eau ;
- le manque de matériel de stabilisation (roches, tapis végétal, etc.) ;
- l'action du gel sur le matériel de remblai.

L'aménagement de l'ouvrage sera toutefois facilité si l'on respecte certains principes de base :

- il faut aménager les chemins le plus tôt possible, avant que la neige ne s'accumule, en commençant par ceux dont le tracé traverse des cours d'eau à écoulement permanent ;
- le lit du cours d'eau doit être balisé en amont et en aval de l'ouvrage afin de limiter l'aire de travail et de faciliter le repérage de l'ouvrage pour son éventuel démantèlement ;
- il est important de stocker des roches à proximité des chantiers d'hiver et de s'assurer qu'on dispose de matériaux granulaires en quantité suffisante ;
- on doit se hâter de stabiliser les talus sur une bande de 20 m, de part et d'autre du cours d'eau ;
- si les conditions climatiques ou le manque de matériaux ne permettent pas d'aménager un ponceau conformément au RNI, on peut construire un pont de glace ou installer un pont amovible ;
- on ne doit jamais déposer de troncs d'arbres ou de matériaux granulaires dans un cours d'eau ;
- quand on enlève un pont amovible, on doit déposer les matériaux granulaires retirés à un endroit d'où les eaux de ruissellement ne pourront les ramener vers le milieu aquatique et adoucir la pente des talus ;
- les structures mises en place doivent en tout temps permettre la libre circulation de l'eau et des poissons ;
- on devrait noter tous les travaux effectués lors de l'aménagement des ouvrages afin de permettre de comparer les résultats obtenus par rapport aux objectifs fixés dans le RNI, en vue de bonifier les modes de construction, au besoin ;
- après la fonte de la neige, on doit inspecter les sites où l'on avait aménagé des ouvrages pendant la saison hivernale et apporter les correctifs nécessaires pour prévenir l'érosion et réduire les dommages infligés au milieu aquatique, le cas échéant.

Quand plusieurs utilisateurs fréquentent un même secteur forestier, ils devraient s'entendre pour se partager équitablement les travaux de supervision et d'entretien des chemins, des ponts et des ponceaux. On leur recommande d'adopter une procédure pour s'assurer que les vérifications sont faites régulièrement et qu'on élimine les débris et les glaces qui pourraient entraver la circulation de l'eau après de fortes averses ou lors des débâcles.



Chapitre 5

PROBLÈMES ET SOLUTIONS

Lorsqu'un ouvrage est bien construit, il ne devrait normalement pas poser de problèmes, sauf si la topographie et la géologie du terrain n'ont pas permis de respecter certaines normes. Il faudrait alors consulter l'unité de gestion du MRN **avant d'entreprendre les travaux** afin de trouver une solution qui permettra de respecter les objectifs de protection du RNI.

Un ouvrage mal conçu ou mal construit doit généralement être refait conformément au règlement. Toutefois, il est parfois possible d'avoir recours à des mesures correctives pour régler le problème, particulièrement lorsque la reconstruction peut causer des dommages importants. **Le personnel de l'unité de gestion doit toujours être consulté au préalable. Si le projet déroge à une ou à plusieurs normes énoncées dans le RNI et que le cours d'eau est un habitat du poisson, le MRN doit obtenir l'autorisation du MEF avant de permettre la réalisation du projet. Même si le cours d'eau n'est pas un habitat du poisson, le MRN doit consulter le MEF (Loi sur les forêts, article 25, points 2, 3 et 4).**

5.1 Les vitesses d'écoulement excessives

La vitesse¹ de l'eau est considérée comme excessive lorsqu'elle dépasse 1,2 mètre la seconde dans les tuyaux dont la longueur est inférieure à 25 mètres et 0,9 mètre la seconde dans ceux de plus de 25 mètres de longueur.

5.1.1 L'aménagement de bassins de repos

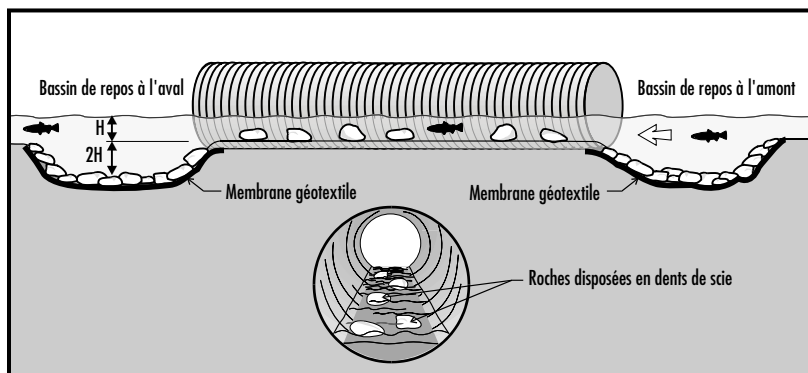
On peut réduire, sinon la vitesse du courant, du moins ses effets négatifs, en créant, à l'aval et à l'amont du ponceau, des bassins de repos d'une superficie égale à deux fois l'ouverture du tuyau et ce, sans dépasser la L.N.H.E. (figure 43). La profondeur minimale du bassin devrait être de deux fois celle de l'eau qui circule normalement dans le tuyau, s'il n'y a pas de chute supérieure à 10 cm (si la chute est plus haute, section 5.2).

Le fond du bassin doit être tapissé de roches suffisamment grosses pour ne pas être emportées par l'eau (tableau 10). Pour prévenir l'affouillement, il est essentiel d'installer une membrane géotextile sous les roches.

1 La vitesse peut être évaluée de façon assez simple, en calculant le temps (sec.) que prend un objet flottant de petite dimension (ex. : un bouchon de liège) pour parcourir la longueur (m) du tuyau. On prend trois mesures et l'on calcule la moyenne en m/sec., puis on la multiplie par 0,8 pour obtenir la vitesse réelle d'écoulement.

Figure 43

Aménagement d'un ponceau pour réduire la vitesse d'écoulement



5.1.2 L'installation de déflecteurs

On peut également ralentir l'eau en disposant, en dents de scie dans le tuyau, quelques roches assez grosses pour résister au courant. On doit alors respecter la capacité qu'a le tuyau de tolérer le débit de crue et placer les roches sur le lit restauré du cours d'eau. Si ce dernier peut charroyer des débris importants, on évitera cette pratique afin de prévenir le blocage éventuel du tuyau.

On peut réduire la vitesse de l'eau en ajoutant des déflecteurs dans les tuyaux (figure 44). On doit toutefois s'assurer que les structures demeurent capables de recevoir le débit de crue.

Avant d'avoir recours à ces mesures, on devrait toujours consulter un spécialiste.

5.2 Les chutes ou ruptures de pente

Il est interdit de créer une chute en aval d'un ponceau afin de ne pas entraver la circulation des poissons (figures 45 et 46). Toutefois, si l'érosion du lit provoque la formation d'une rupture de pente, avec le temps, il n'est pas toujours nécessaire de reconstruire l'ouvrage. Selon les espèces qui fréquentent le secteur, on peut avoir recours à des mesures correctives, notamment en aménageant un espace suffisant pour que les poissons puissent prendre l'élan requis pour franchir l'obstacle.

Figure 44

Défecteurs en V pour ralentir le courant

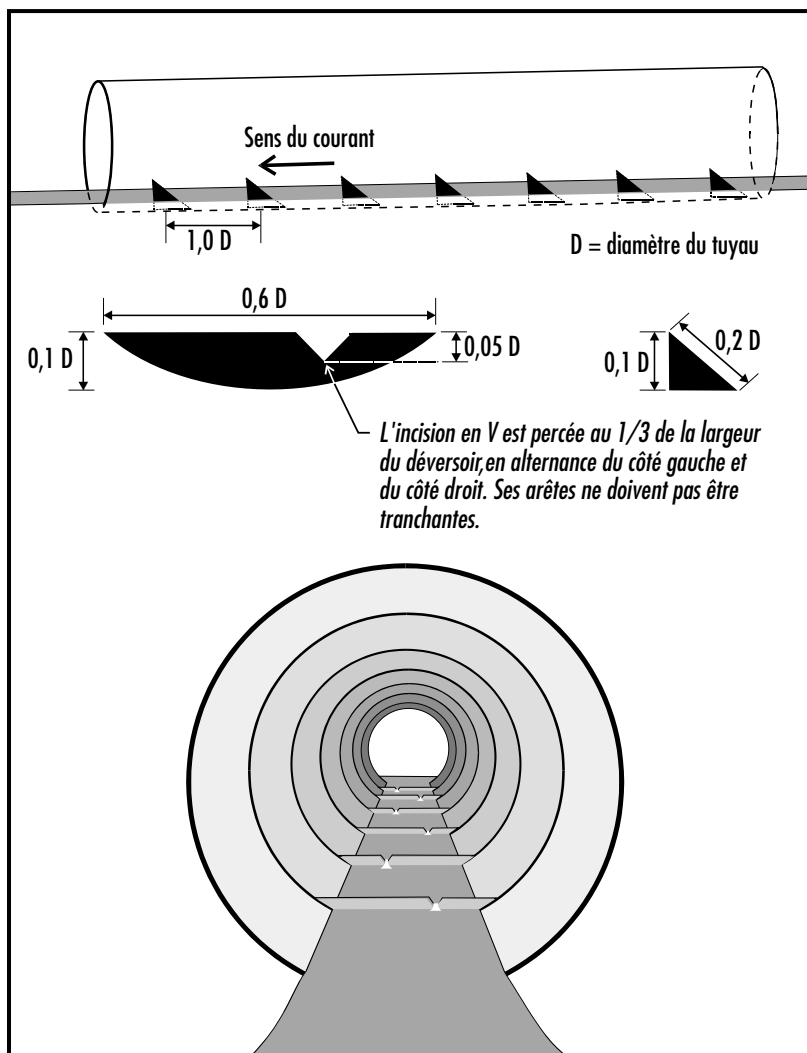


Figure 45

Chute trop haute

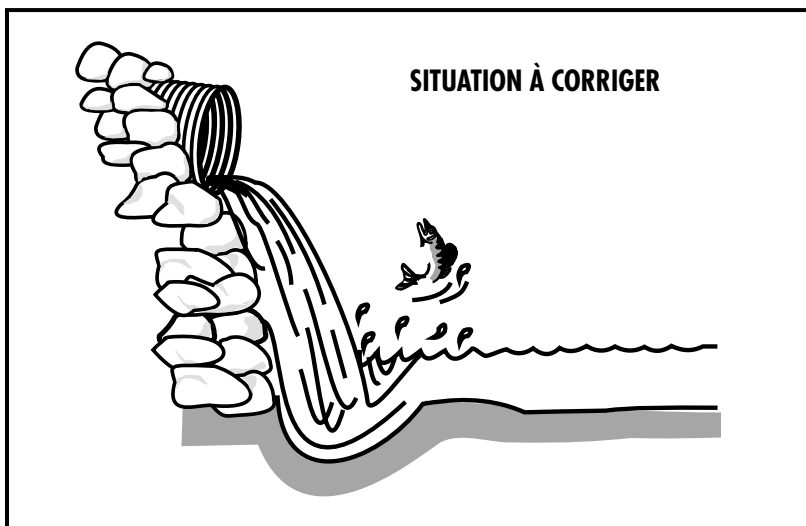
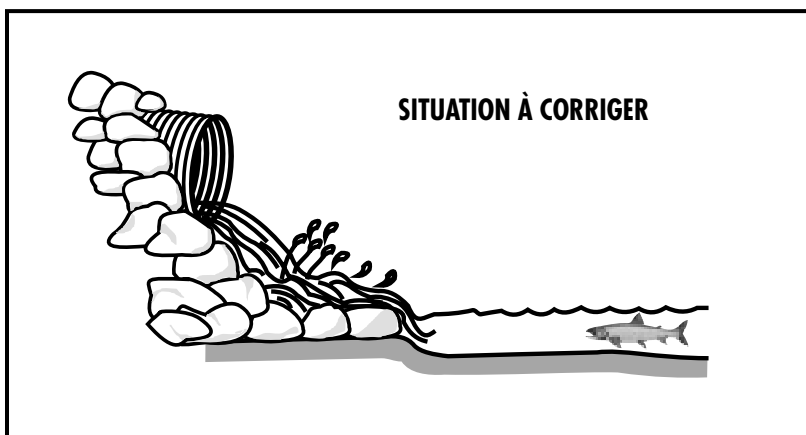


Figure 46

L'eau tombe sur un obstacle et il n'y a pas de bassin de repos



5.2.1 Chute de moins de 30 cm

On doit aménager, au pied de la chute, un bassin d'une profondeur égale à 1,5 fois sa hauteur et d'une superficie égale à deux fois celle de l'ouverture du tuyau, sans toutefois dépasser la L.N.H.E. Le fond du bassin doit être tapissé d'une membrane géotextile que l'on couvre de roches. On doit de plus s'assurer que l'eau ne tombe pas directement sur un obstacle, sur l'une des roches, par exemple.

5.2.2 Chute de plus de 30 cm

Une telle situation peut nécessiter des correctifs importants. Avant d'entreprendre les travaux, on doit comparer les coûts monétaires et environnementaux du réaménagement du lit à ceux de la reconstruction de l'infrastructure. On doit toujours consulter le personnel du MEF avant d'entreprendre de tels travaux.

Dans certains cas, on peut régler le problème avantageusement, en créant un ou plusieurs seuil(s) (figure 47), c'est-à-dire un ou des petit(s) barrage(s) pour retenir une partie de l'eau dans le bassin aménagé à l'aval de la structure.

Avant d'entreprendre les travaux, on doit évaluer la hauteur de la chute pour déterminer le nombre de seuils à construire. Pour ce faire, on peut mesurer l'écart entre la partie inférieure du tuyau et la surface du cours d'eau au pied de la chute. (On doit évidemment éviter de faire ce calcul en période de crue.) L'écart toléré varie selon les espèces. Dans le cas de l'omble de fontaine (truite mouchetée), par exemple, le maximum est de 30 cm.

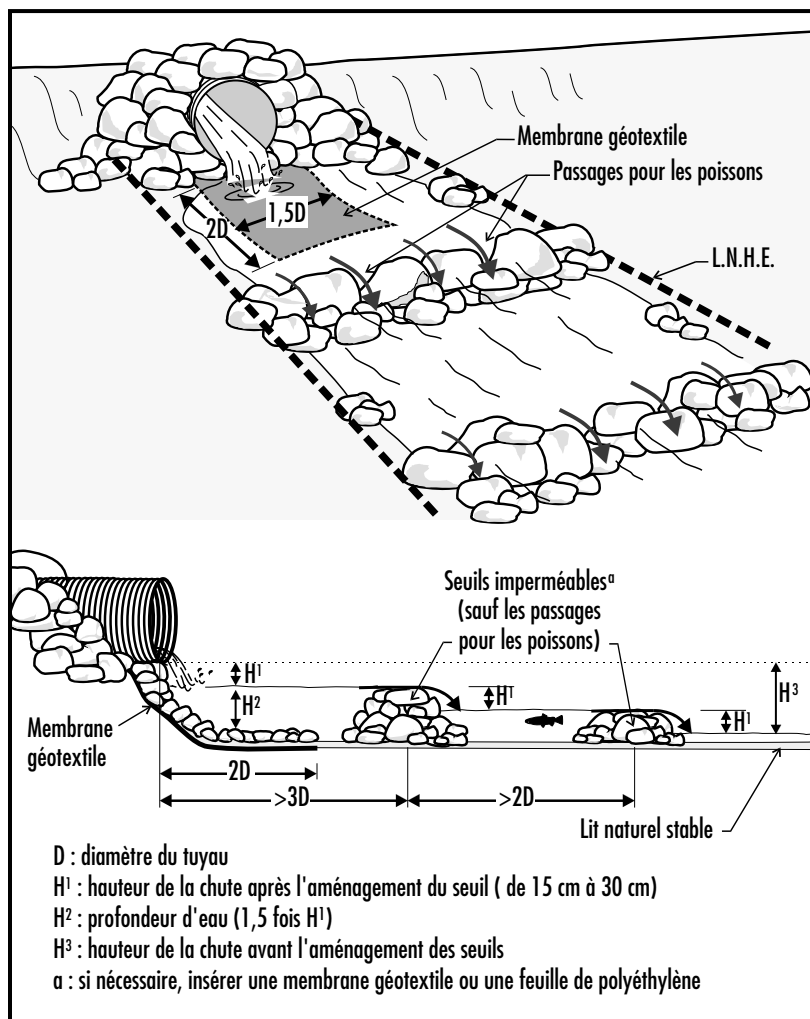
Chaque seuil est constitué de pierres et de blocs de taille suffisante pour résister aux crues et prévenir l'affouillement (tableau 10). On doit y aménager des passages qui permettront aux poissons de circuler en tout temps, donc même en période d'étiage. Si nécessaire, on installe une membrane géotextile ou une feuille de polyéthylène pour retenir l'eau dans le seuil.

Le premier seuil doit être construit à une distance égale à au moins trois fois le diamètre du tuyau (3D). On procède de la façon décrite pour la chute de moins de 30 cm (section 5.2.1), en tirant profit du relief du cours d'eau. On peut se servir des roches qu'on trouve sur place pour aménager le seuil.

Il y a d'autres façons de créer des seuils. Par exemple, on peut avoir recours à des madriers ou à des rondins aplanis sur deux faces. Celle que nous proposons ici a néanmoins l'avantage de faire appel à des matériaux et à de la machinerie qu'on trouve généralement dans le milieu forestier. On doit toutefois l'adapter à chaque site, aux espèces de poissons en cause et aux matériaux disponibles.

Figure 47

Création de seuils en aval du ponceau



5.3 La profondeur de l'eau

Dans le ponceau, l'eau devrait avoir une profondeur d'au moins 20 cm, sinon égale à celle du cours d'eau dans le secteur considéré, pour permettre le passage des plus gros poissons (section 1.4.3). Si l'on aménage des ponceaux à tuyaux parallèles, on peut la modifier en munissant les tuyaux de déflecteurs qui créeront de petits bassins. On doit installer ces dispositifs dans un seul tuyau à la fois (figure 44). Si l'on est incapable d'augmenter la profondeur de l'eau, on doit consulter un spécialiste afin de trouver une solution acceptable et économique ou, encore, construire un autre type d'ouvrage.

5.4 L'obstruction de l'ouvrage

Si le ponceau est obstrué par des branches, des troncs, etc., le niveau d'eau peut être modifié. On doit corriger une telle situation dans les plus brefs délais afin de maintenir la libre circulation de l'eau. Toutefois, il suffit généralement d'un entretien minimal, effectué lors des vérifications régulières, pour prévenir ce genre de problèmes.

Si l'on aménage un ponceau à tuyaux parallèles dans un secteur du cours d'eau où l'on observe une accumulation de débris, on peut prévenir l'obstruction de la structure en installant des orienteurs à débris en amont de l'ouvrage, pour minimiser les risques d'embâcles. Ces structures fixes orientent les débris de façon à ce qu'ils puissent passer dans les tuyaux sans les obstruer (section 3.4). De plus, elles facilitent la circulation de la glace, au printemps, préviennent ainsi l'obstruction des tuyaux et réduisent les risques que le ponceau soit endommagé.

5.5 Le gel des ponceaux

Il arrive que les ponceaux aménagés sur de petits cours d'eau se remplissent de glace en hiver, surtout lorsque des périodes de gel et de dégel se succèdent rapidement et font fluctuer le niveau d'eau. Ce problème survient surtout lorsque les tuyaux sont trop petits ou qu'ils sont installés directement sur une surface rocheuse. On peut aussi y être confronté quand le débit est lent, lorsque la pente du tuyau n'est pas parallèle à celle du lit du cours d'eau ou que l'eau est plus profonde dans la partie d'aval du tuyau.

Si cette portion du cours d'eau n'est pas fréquentée par des poissons, on peut prévenir le problème en s'assurant que le niveau d'eau est aussi bas que possible dans le tuyau. Le gel des ponceaux devrait être beaucoup moins fréquent si l'on respecte cette recommandation. Dans le cas des ouvrages en place, il faut parfois entreprendre des travaux de réfection pour régler le problème et installer des tuyaux de diamètre supérieur pour faciliter l'écoulement de l'eau.

5.5.1 Les méthodes de déglacement

Dans le milieu forestier, on déglace les ponceaux à l'aide de jets d'eau sous pression, de jets de vapeur ou de dispositifs qui créent une résistance électrique. Efficaces à court terme, mais assez coûteuses, ces méthodes devraient surtout être mises en œuvre pour régler des problèmes ponctuels.

5.5.1.1 Les jets d'eau sous pression

On peut se servir d'un camion citerne muni d'une pompe à haute pression pour obtenir un jet d'eau assez puissant pour faire fondre la glace et même pousser les débris qui obstruent le tuyau et sont à l'origine du gel du ponceau.

5.5.1.2 Les jets de vapeur

Pour dégeler les ponceaux à l'aide de jets de vapeur, on peut utiliser les appareils dont on se sert pour nettoyer l'équipement lourd. On dirige simplement le jet dans le tuyau pour y faire fondre la glace.

5.5.1.3 La résistance électrique

Lorsqu'on sait qu'un ponceau est susceptible de geler, on enfonce un piquet à chacune de ses extrémités, à l'automne, et on y attache un câble d'acier en le faisant passer dans le tuyau. Quand le ponceau gèle, on relie une soudeuse à arc électrique aux extrémités du câble, qui sont facilement repérables, grâce aux piquets, et l'on met le courant. La résistance électrique fait chauffer le câble autour duquel un trou se forme. Si la température est clémente, l'eau s'infiltre dans le trou et dégagera le tuyau. Il faut toutefois s'assurer que le câble n'est pas en contact avec la structure, car la résistance électrique serait moindre et le câble ne chaufferait pas suffisamment pour faire fondre la glace.

5.6 L'apport de matériaux granulaires dans le cours d'eau

Après l'aménagement d'un ponceau, on constate parfois qu'il y a érosion des berges, des remblais du chemin, de l'ouvrage ou même du lit du cours d'eau. Ce problème peut être lié aux caractéristiques du site, à une stabilisation inadéquate ou aux dommages causés par les travaux d'aménagement. Quelle que soit son origine, on doit s'efforcer de le résoudre.

5.6.1 Les sédiments attribuables à l'érosion

Lorsque les berges et les talus des remblais s'érodent, on doit d'abord découvrir pourquoi, puis les stabiliser en appliquant celle(s) des techniques décrites à la section 3.3.5.1 qui semble(nt) la (les) plus adéquate(s), compte

tenu du site. Quant à l'érosion du lit du cours d'eau, elle se manifeste par la création de chutes et la formation de fosses aux extrémités du tuyau. Il faut alors intervenir rapidement, conformément aux recommandations énoncées dans la section 3.3.5.2.

Dans certaines circonstances, un phénomène d'affouillement aux extrémités du tuyau peut provoquer l'érosion des remblais, du lit du cours d'eau ou de l'assise du ponceau (figure 48). Une telle situation doit être corrigée rapidement, car elle met en danger toute la structure. On doit rétablir le remblai, en installant une membrane géotextile que l'on couvre de roches suffisamment grosses pour ne pas être emportées par le courant et suffisamment petites pour combler les vides qui se sont créés aux extrémités du tuyau.

Pour freiner l'érosion, il faut parfois augmenter la profondeur de la clé d'ancrage au pied du tuyau, ajouter un lit de pierres à l'aval ou à l'amont de la structure (section 3.3.5) ou allonger le tuyau, sans toutefois dépasser la base du remblai de plus de 30 cm.

5.6.2 Les sédiments charriés par les eaux d'infiltration et de ruissellement

a) Le **phénomène d'infiltration** se définit comme l'écoulement de l'eau à travers le remblai adjacent au ponceau. Il résulte généralement de l'ouverture des joints de raccordement des sections du tuyau, d'une mauvaise compaction ou d'une protection inadéquate des extrémités de la structure. L'infiltration d'eau peut entraîner la perte de matériaux fins utilisés comme remblai et provoquer l'affaissement de la route de même que le soulèvement ou l'écrasement du tuyau (figure 49).

Si le problème d'infiltration est attribuable à l'ouverture des joints de raccordement du tuyau, on peut creuser jusqu'à la structure, en prenant toutes les précautions voulues, et colmater la brèche à l'aide d'une membrane géotextile. Lorsqu'on constate des infiltrations dans la surface de roulement ou dans les talus, on doit corriger la situation en prenant les mesures requises pour prévenir les accumulations d'eau aux endroits en cause et en rectifiant la stabilisation. Soulignons qu'il faut toujours agrandir une brèche avant d'y déposer des matériaux granulaires et de les compacter.

b) Lorsque ce sont les **eaux de ruissellement** des fossés du chemin qui apportent les sédiments (terre, sable, etc.), il faut les détourner vers une zone de végétation située à 20 mètres au moins du cours d'eau (RNI, article 40). Si l'inclinaison du terrain est supérieure à 9 % et que le pied de la pente est situé à moins de 60 mètres d'un cours d'eau, les eaux de ruissellement des fossés doivent être détournées vers une zone de végétation tous les 65 mètres au moins (RNI, article 19). Dans certains cas,

Figure 48

Formation d'une fosse d'affouillement

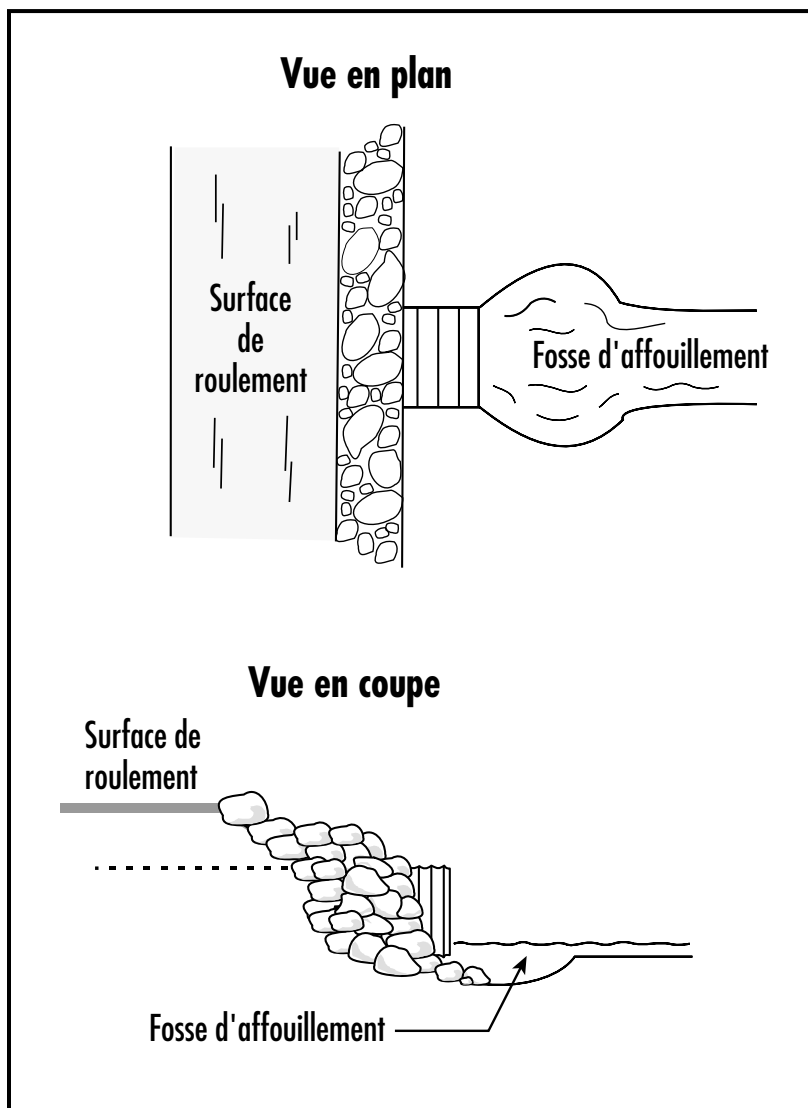
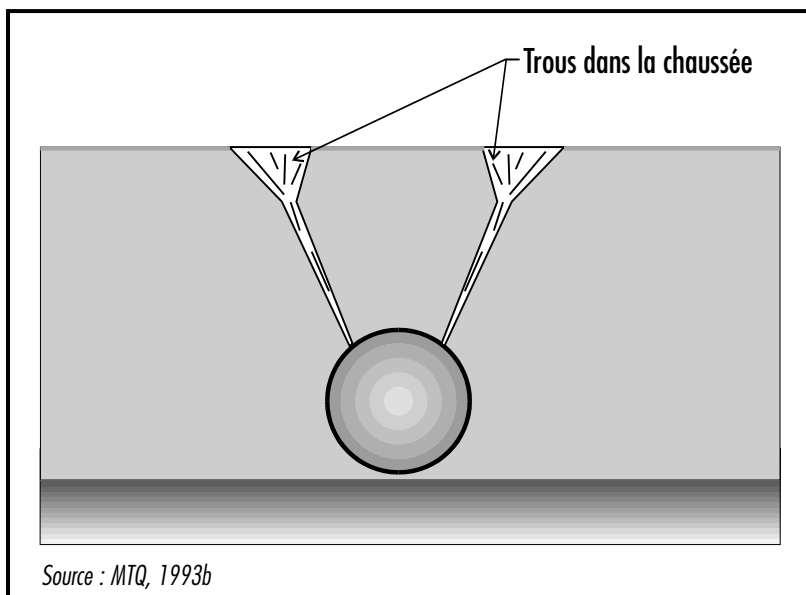


Figure 49

Infiltrations d'eau



on a intérêt à acheminer les eaux de ruissellement de l'autre côté du chemin, en installant un ponceau de drainage pour les déverser dans une zone plus appropriée (figure 28). Par ailleurs, les remblais du chemin doivent être stabilisés sur toute la pente. Pour ce faire, on peut appliquer les techniques décrites dans la section 3.3.5, en ayant soin d'adoucir la pente des talus pour obtenir de meilleurs résultats.

Si l'on ne peut détourner les eaux, on doit créer un ou plusieurs bassin(s) de sédimentation rudimentaire(s) pour réduire la vitesse d'écoulement, d'une part, et retenir les matériaux charriés par l'eau, d'autre part. Ces bassins doivent être stabilisés adéquatement, pour bien retenir les sédiments, et l'on doit les vider au besoin. L'installation d'une membrane géotextile s'avère parfois avantageuse, soit pour éviter l'érosion du remblai de la fosse, soit pour permettre à l'eau débarrassée de sédiments de percoler (la membrane agit comme un filtre).

Selon la topographie, on a parfois intérêt à créer toute une série de petits bassins de 2 m X 3 m sur au moins 1 m de profondeur ou, encore, à installer des seuils en escalier (troncs d'arbres, roches, etc.). Plus le fossé est court et la pente douce, plus le débit d'eau est faible et l'on évite ainsi les problèmes associés à l'érosion et au transport des sédiments.

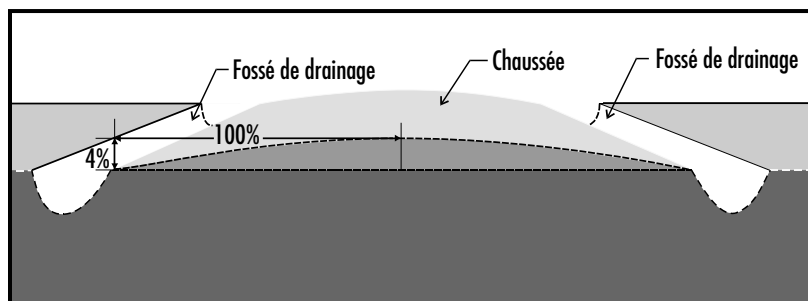
5.6.3 Les sédiments attribuables à l'entretien inadéquat du chemin

L'apport de matériaux granulaires dans un cours d'eau peut aussi être causé par de la négligence lors des travaux d'entretien du chemin. Si la structure et les berges sont en bon état et qu'on constate néanmoins une sédimentation anormale, on doit vérifier si l'entretien du chemin est fait de façon convenable. Certains opérateurs déversent le matériel excédentaire obtenu lors du régalaie du chemin sur les remblais. Rappelons que pour que l'écoulement de l'eau soit optimal, la surface de roulement doit toujours être légèrement arrondie (figure 50) et elle ne doit pas être bordée de bourrelets qui canaliserait l'eau vers le bas de la pente et pourraient ainsi entraîner des quantités importantes de matériaux dans le cours d'eau.

L'opérateur doit gratter des côtés vers le centre du chemin, puis réétendre le gravier depuis le centre. On évite ainsi de perdre du matériel et on réduit donc les coûts associés au transport du gravier, tout en donnant au chemin une pente qui favorise l'égouttement (4 %). De plus, on prévient l'amincissement de la chaussée au-dessus du tuyau, qui pourrait réduire la résistance de l'ouvrage et, éventuellement, l'endommager.

Figure 50

Forme à donner à la chaussée



Si le phénomène de sédimentation persiste, même quand les travaux d'entretien du chemin sont adéquats, on peut allonger le tuyau, tout en respectant la longueur maximale prescrite dans le RNI (article 16), et mettre des troncs d'arbres ou des roches de part et d'autre de la surface de roulement. Il faut parfois restabiliser aussi les extrémités du ponceau.

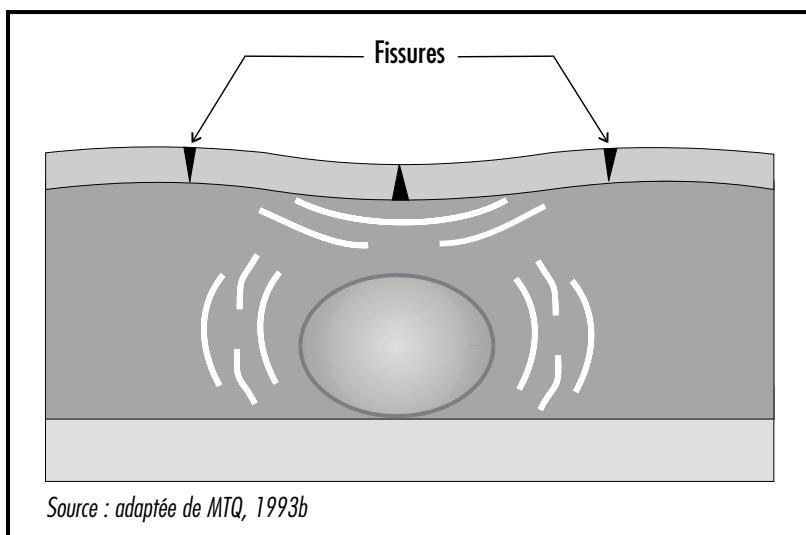
Dans le cas des ponts, il est important que l'opérateur soulève la lame de la niveleuse avant d'arriver à l'ouvrage et qu'il évite de réétendre le surplus de matériel sur le tablier, car il pourrait ainsi endommager la structure et provoquer un apport de matériel dans le cours d'eau.

5.7 Les défauts des matériaux

Les tuyaux héritent des défauts des matériaux dont ils sont faits. Ils peuvent être déformés par une grosse roche qui est trop près et par une charge trop lourde. Les risques augmentent quand le tuyau est mince, lorsque la couche de gravier dont il est couvert n'est pas suffisamment épaisse ou qu'elle est mal compactée (figure 51). Si l'on ajoute du gravier au-dessus du tuyau, les charges seront mieux réparties et l'on atténuera les risques de déformation, s'il n'est pas trop tard, bien sûr. Néanmoins, avant d'appliquer des mesures correctives, on a intérêt à s'assurer, auprès du fabricant, que le tuyau pourra résister aux charges additionnelles.

Figure 51

Déformation consécutive au tassement



5.7.1 Les tuyaux de métal

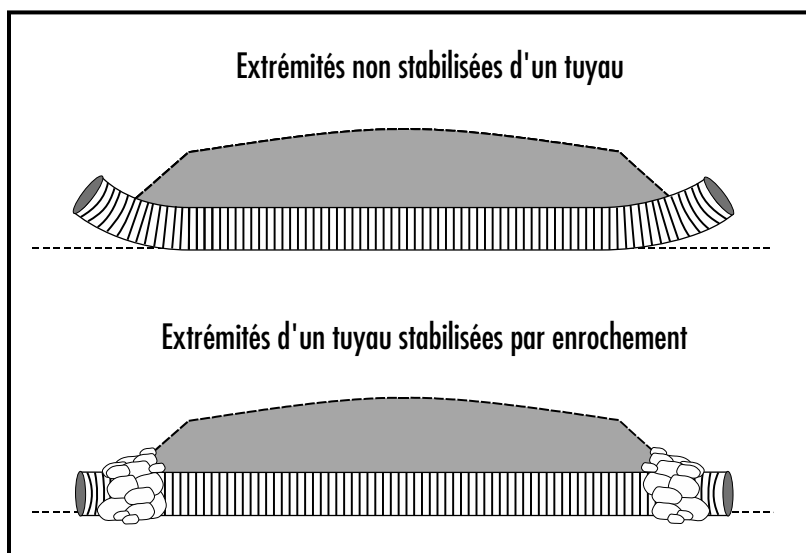
Étant donné les caractéristiques physico-chimiques des milieux aquatiques, la corrosion est un inconvénient majeur des tuyaux d'acier. Toutefois, le rétablissement du lit du cours d'eau à l'intérieur du tuyau permet d'en protéger au moins la base. Par ailleurs, si le courant est très fort, la surface interne du tuyau risque d'être endommagée par les roches et le gravier grossier emportés par l'eau.

5.7.2 Les tuyaux de plastique

Les extrémités des tuyaux faits de thermoplastique annelé souple peuvent se soulever à court terme, s'ils sont mal installés, et entraver ainsi l'écoulement de l'eau et la libre circulation des poissons. On peut solutionner ce problème par une stabilisation adéquate, avec enrochement (figure 52). Pour ce faire, on doit toutefois creuser sous les extrémités du tuyau pour appuyer la structure sur un fond solide. On peut également prévenir le problème en installant un tuyau à double paroi. Cependant, si l'ouvrage est aménagé dans un secteur du cours d'eau où le courant est rapide et où il y a des poissons, la paroi interne du tuyau doit être ondulée afin de ne pas augmenter indûment la vitesse de l'eau et rendre la circulation des poissons moins facile.

Figure 52

Stabilisation d'un tuyau en thermoplastique souple



5.7.3 Les critères de déformation des tuyaux circulaires en acier

Une déformation linéaire de 0 % à 10 % d'un tuyau circulaire en acier est jugée acceptable. Si la déformation est de 10 % à 15 %, la situation comporte des risques et l'on devra remplacer le tuyau, à moyen terme, s'il continue de se déformer (figure 53).

Si le tuyau est déformé dans une proportion de plus de 15 %, sur plus de 20 % de sa longueur, on doit le remplacer sans attendre (tableau 12).

TABLEAU 12

Déformation des tuyaux et interventions requises

Déformation %	Interventions proposées
De 0 % à 10 %	Aucune
De 10 % à 15 %	Suivi systématique et remplacement de l'ouvrage à moyen terme
Supérieure à 15 % sur plus de 20 % de la longueur du tuyau	Indice de risque important, qui nécessite le remplacement immédiat de l'ouvrage

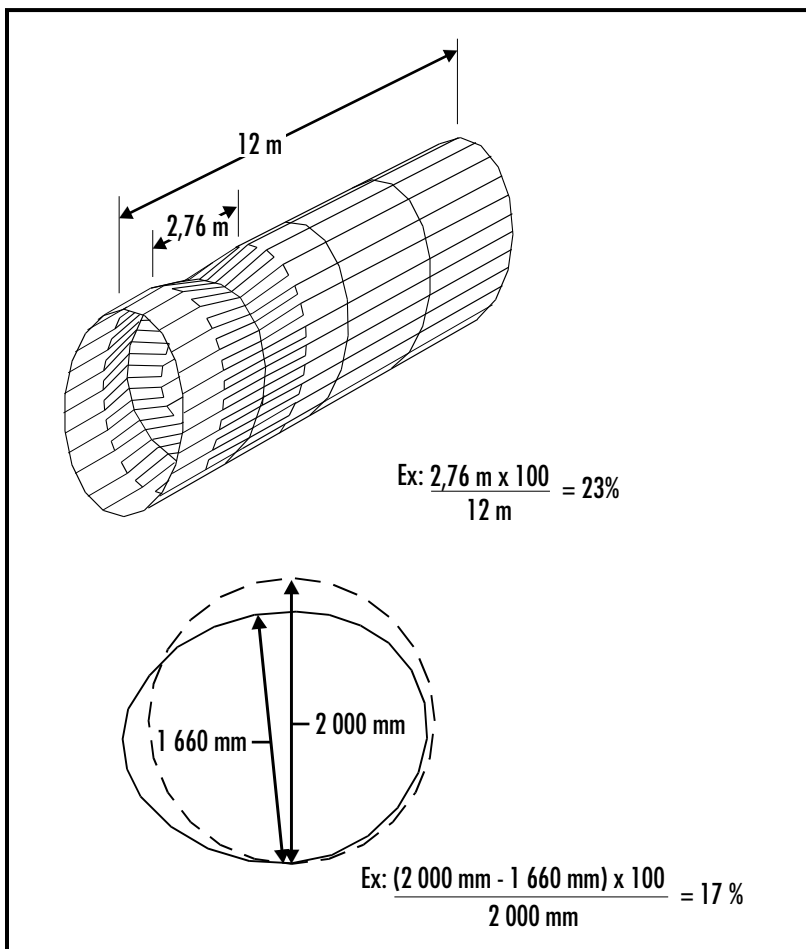
Si le tuyau est fissuré sur plus de 20 % des joints ou de la longueur, les risques sont élevés et la structure devrait être remplacée.

Lorsqu'on installe un tuyau en acier, on tolère une déformation linéaire maximale de 5 % afin de s'assurer que l'ouvrage sera sécuritaire une fois en service.

5.8 Les problèmes liés aux castors

Les castors jouent un rôle essentiel dans l'écosystème de la forêt boréale. Les barrages qu'ils aménagent modifient les conditions hydrologiques des cours d'eau et ils en augmentent la diversité et la productivité. Ils créent en effet des étangs qui favorisent l'établissement de nouvelles espèces et constituent souvent des habitats de qualité pour la faune.

Toutefois, les castors et leurs barrages créent des difficultés pour bon nombre d'utilisateurs du milieu forestier (inondations, obstruction des ponceaux, etc.) et l'on n'a pas encore trouvé de « remède » miracle pour prévenir ou résoudre ces problèmes. Dans certains cas, la relocalisation des animaux s'avère la solution la moins coûteuse et la plus efficace. Ailleurs, on a plutôt intérêt à intensifier le piégeage ou, encore, à contrôler les niveaux d'eau.

Figure 53**Méthode de calcul des déformations**

En dernier recours, on peut être forcé d'abattre les bêtes. En fait, ce sont les caractéristiques du site et l'ingéniosité des personnes concernées qui déterminent souvent la méthode retenue pour atténuer les dégâts attribuables aux castors. Le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) a cependant publié un guide sur la prévention des dommages causés par les animaux. Ce document renferme des conseils forts utiles. On peut se le procurer dans les bureaux du MEF.

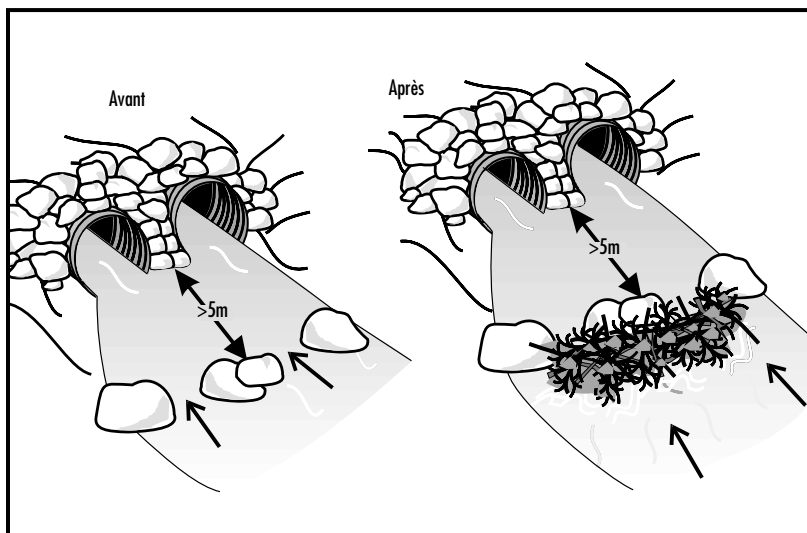
Par ailleurs, lorsqu'on appréhende ou constate un problème lié aux castors, **on doit toujours communiquer avec les représentants du Service de conservation de la faune (MEF)** dans la région, qui sont en mesure de recommander les mesures à mettre en œuvre pour régler la question.

5.8.1 L'aménagement d'une amorce de barrage

Dans bien des cas, l'aménagement d'une amorce de barrage s'avère la meilleure façon de procéder, car on amène ainsi l'animal à concentrer ses activités dans un secteur où il ne nuira ni au ponceau, ni au chemin (figure 54). On doit évidemment éviter de construire une amorce de barrage si cela est inutile, mais quand on escompte de bons résultats, on a intérêt à le faire avant d'aménager le ponceau. On est ainsi certain de ne pas endommager l'ouvrage, d'une part, et d'avoir une plus grande liberté de manœuvre, d'autre part.

Figure 54

Amorce d'un barrage de castors



L'amorce de barrage doit être installée au centre du cours d'eau, à cinq mètres au moins en amont du ponceau, dans un secteur où l'eau a environ dix centimètres de profondeur. On dépose de grosses roches en ligne, sur le lit du cours d'eau, en laissant entre elles une dizaine de centimètres, pour permettre l'écoulement de l'eau (MTQ, 1992). La distance qui sépare les roches peut varier, mais elle ne doit pas être trop grande, parce qu'on veut augmenter la vitesse du courant dans le secteur retenu. Il faut aussi éviter de disposer les roches en «V», car cela encouragerait les animaux à retourner à l'entrée du ponceau pour y construire leur barrage. De plus, les roches doivent émerger partiellement afin que les castors puissent s'en servir comme points d'appui pour amorcer leurs travaux. Pour rendre l'amorce de barrage encore plus attrayante, on peut même la garnir de quelques branches.

Rappelons que l'opérateur de machinerie lourde chargé de placer les roches dans le cours d'eau doit prendre toutes les précautions voulues pour en réduire la perturbation et celle des rives au minimum.

5.8.2 Les autres solutions possibles

Comme nous le mentionnions plus tôt, il y a d'autres façons de contrer l'action des castors. L'intensification du trappage est sans conteste la moins coûteuse. Le démantèlement des barrages, qui n'est pas très efficace, doit toujours être autorisé par le MEF, d'une part, et renforcé par le piégeage des animaux, d'autre part.

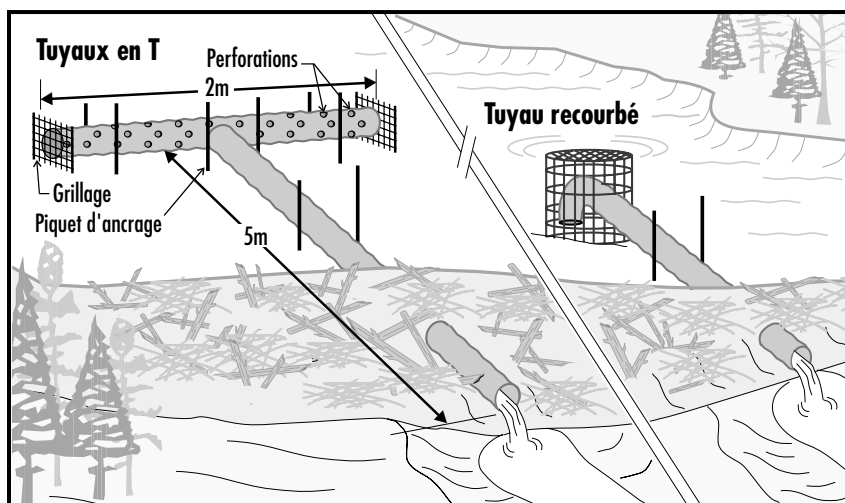
On peut également fixer des grilles aux extrémités du ponceau, pour éviter que les castors ne l'obstruent. Toutefois, on devra alors entretenir l'ouvrage plus régulièrement. De plus, les castors peuvent se servir de ces grilles comme points d'appui pour construire leurs barrages.

Dans certains cas, on peut aussi brancher le tuyau du ponceau à un second tuyau enfoui en amont de l'ouvrage, pour assurer l'écoulement permanent de l'eau. Malheureusement, cette technique ne donne pas toujours les résultats escomptés, car elle réduit le débit du ponceau. De plus, le dispositif doit être entretenu régulièrement, parce que les castors cherchent toujours à colmater les brèches par où l'eau s'écoule. Si l'on veut diminuer la force de l'eau à l'entrée du second tuyau, on peut le munir d'un grillage ou d'une section perforée.

Enfin, on peut contrôler le niveau d'eau en amont du barrage de diverses façons (figure 55). Généralement, on introduit un tuyau dans le barrage, en l'inclinant pour faciliter l'écoulement, et en perforant la section amont, pour diffuser l'eau. Rappelons qu'ici encore, il faut dissimuler l'entrée du tuyau pour éviter que les castors ne l'obstruent.

Figure 55

Deux façons de contrôler le niveau d'eau à l'amont d'un barrage de castors





CONCLUSION

Le contenu de ce guide est adapté à la réalité du réseau de chemins dans le milieu forestier québécois. Nous espérons qu'il contribuera à améliorer les techniques de construction des ponts et des ponceaux et qu'il permettra aux maîtres d'œuvre de ces travaux de mieux respecter les normes qui s'appliquent à la protection du milieu aquatique.

Nous sommes conscients que le guide comporte des lacunes et, à cet effet, nous vous invitons à nous faire part de vos expériences, heureuses ou malheureuses, afin de bonifier la prochaine édition.

ANNEXE I

LE CHOIX DES STRUCTURES POUR L'AMÉNAGEMENT DES PONCEAUX

Au Québec, lorsqu'on aménage des ponceaux dans le milieu forestier, on utilise généralement des tuyaux circulaires, car ils sont solides et faciles à installer. De plus, on peut se les procurer aisément. Néanmoins, on aurait souvent intérêt à faire appel à d'autres types de structures (figure 10).

Les structures à arche (contour ouvert)

Autrefois, le ponceau aménagé avec une structure à contour ouvert exigeait des semelles de béton ; il était donc à peu près inconcevable dans le milieu forestier. Toutefois, depuis qu'on peut se servir de semelles d'acier, on peut construire ce type d'ouvrage pour régler divers types de problèmes (Mac Gregor, D.T. et Y. Provencher, 1995).

On trouve plusieurs types de structures à arche sur le marché, mais nous traiterons surtout de la structure à arche conventionnelle, qui est en fait un tuyau circulaire non hélicoïdal, coupé en deux et de celle en anse de panier. La structure à arche convient particulièrement bien dans les cours d'eau où les poissons abondent, lorsqu'il serait trop coûteux de surélever la route, quand le courant est rapide ou, encore, quand le cours d'eau est fortement incliné (tableaux 13 et 14). Les dimensions habituelles de ces structures sont indiquées au tableau 15.

Les structures multiplaques sont constituées de plaques d'acier boulonnées les unes aux autres. Leur installation est un peu plus complexe que celle des tuyaux, mais leur transport est généralement plus facile.

TABLEAU 13**Avantages et inconvénients des structures à contour ouvert**

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Respecte le lit naturel du cours d'eau (habitat moins affecté) et permet la libre circulation du poisson.	L'installation est un peu plus longue et elle exige du personnel formé, particulièrement en ce qui concerne les semelles et la compaction de l'assise.
Durabilité accrue, car il n'y a pas d'abrasion (tuyau) et d'érosion (lit naturel).	Semelles vulnérables à l'érosion et à la corrosion. Si mal installées, risques d'affouillement.
Le régime d'écoulement naturel n'est pas modifié lorsque le lit n'est pas trop rétréci.	Selon les circonstances (ex. : ponceau multiplaque sur semelles installées dans le cours d'eau), on doit respecter la période de montaison du poisson.
Pose plus aisée sur des cours d'eau dont le lit est rocheux.	Les ouvrages de petite envergure coûtent sans doute plus cher, mais l'écart de prix diminue rapidement avec l'importance de la structure. Le coût peut même être inférieur si tous les éléments, comme le gravelage, par exemple, sont considérés (voir les représentants des fabricants).
L'installation des structures multiplaques n'exige pas de machinerie lourde.	
Transport facile (particulièrement dans le cas des tuyaux faits de plaques).	

Les tuyaux

Les tuyaux utilisés dans le milieu forestier sont circulaires ou arqués. Ils sont généralement faits de tôle ondulée, sauf ceux circulaires et de petit diamètre qu'on fabrique aussi en thermoplastique (polychlorure de vinyle ou polyéthylène).

a) Les tuyaux de thermoplastique

Comme le plastique est moins résistant que l'acier, le diamètre de ces tuyaux ne dépasse généralement pas 600 mm. Quand on les utilise, on doit porter une attention particulière au calcul de l'épaisseur du remblai en fonction des charges prévues. Soulignons que cette épaisseur ne doit généralement pas excéder 10 mètres et que le matériel doit toujours être très bien compacté. Les avantages et les inconvénients de ces structures sont énoncés au tableau 16.

b) Les tuyaux de tôle ondulée

Ces tuyaux sont faits d'acier (galvanisé, double zinc ou aluminisé) ou encore d'aluminium. On peut les acheter d'une seule pièce, c'est-à-dire à joints agrafés, ou encore en plaques qu'on assemble sur le terrain (tableau 15).

Les dimensions des tuyaux, l'importance des ondulations et l'épaisseur de la tôle varient selon chaque ouvrage (tableau 15).

TABLEAU 14

Avantages et inconvénients des divers types de structures

Avantages	Inconvénients
Tuyaux circulaires	
• Faciles à installer • Polyvalents • Solides	• La surface d'écoulement de l'eau est réduite, ce qui augmente la vitesse du courant. • Déflecteurs internes difficiles à installer. • Rétrécissent le lit naturel du cours d'eau. • L'ouverture est facilement obstruée par des débris.
Tuyaux arqués et structures à arche conventionnelle et en anse de panier	
• Respectent davantage le lit naturel du cours d'eau (habitat et profondeur de l'eau), particulièrement les structures à arche en anse de panier. • Rétrécissent moins le cours d'eau. • Débit accru pour une même profondeur. • Comme le chemin est moins surélevé, le remblayage est moins coûteux, particulièrement si la structure est en anse de panier. • Respectent davantage l'habitat aquatique. • Augmentent moins la vitesse du courant. • Laissent passer les débris plus facilement (moins de risques d'obstruction).	• L'installation est plus longue et nécessite plus de précautions (fondation, compaction).

TABLEAU 15**Dimensions standard des structures en tôle ondulée**

Type de structure	Dimensions (mm)	Ondulations (mm)	Épaisseur des tôles (mm)
Tuyau circulaire			
Joints agrafés			
acier	de 150 à 300 de 300 à 2 400 de 1 400 à 3 600	38 sur 6,5 68 sur 13 125 sur 25	de 1,3 à 1,6 de 1,3 à 4,2 de 1,6 à 4,2
aluminium	de 300 à 1 600 de 1 800 à 3 000 de 1 800 à 3 000	68 sur 13 76 sur 25 125 sur 25	de 1,6 à 4,2 de 2,0 à 4,2 de 2,0 à 4,2
Multiplaque	de 1 500 à 8 020 de 8 540 à 15 770	152 sur 51 380 sur 140	de 3,0 à 7,0 de 3,5 à 7,1
Tuyau arqué			
Joints agrafés			
acier	de 450 sur 340 à 2 360 sur 1 525 de 1 000 sur 700 à 3 650 sur 2 280	63 sur 13 125 sur 25	de 1,6 à 4,2 de 1,6 à 4,2
aluminium	de 450 sur 340 à 2 130 sur 1 400	68 sur 13	de 1,6 à 4,2
Multiplaque	de 2 060 sur 1 520 à 7 620 sur 4 240	152 sur 51	de 3,0 à 7,0
Structure à arche conventionnelle			
Multiplaque	de 1 520 sur 810 à 13 540 sur 6 930 de 9 190 sur 4 585 à 15 110 sur 8 690	152 sur 51 380 sur 140	de 3,0 à 7,0 de 3,5 à 7,1
Structure en anse de panier			
Multiplaque	de 3 365 sur 1 060 à 12 315 sur 3 555	380 sur 140	de 3,5 à 7,1

TABLEAU 16**Avantages et inconvénients selon le matériel utilisé pour la confection des tuyaux**

Avantages	Inconvénients
Thermoplastique :	
• Légèreté, manutention aisée. • Facile à couper et à assembler. • Peut être roulé sur le sol sans que le revêtement ne soit abîmé. • Le tuyau rigide, à paroi lisse, permet à l'eau de s'écouler plus rapidement, ce qui est avantageux pour le drainage, car cela prévient l'obstruction par les sédiments. • Résiste à la corrosion. • Reprend facilement sa forme après avoir subi une déformation.	• Résiste mal aux rayons U.V. (Il semble que les nouveaux plastiques soient supérieurs. Vérifier la garantie du fabricant.) • Peu de dimensions disponibles. • Si le fond est lisse, le lit naturel se reconstitue plus difficilement, ce qui peut augmenter la vitesse du courant et nuire à la circulation du poisson. • Exige une mise en place et une compaction adéquates pour supporter les charges prévues. • Quand le tuyau est souple (paroi simple), il peut se déformer s'il est mal installé et les extrémités peuvent se relever et entraver l'écoulement de l'eau.
Métal :	
ACIER	
• Solide • Rigide • Les ondulations du tuyau permettent au lit naturel de se reconstituer.	• Généralement plus lourd que le thermoplastique. • Le revêtement anticorrosion résiste mal lorsque le tuyau est roulé sur le sol. • Il rouille plus rapidement si le revêtement est altéré lors de la manutention ou par les cailloux charriés par le cours d'eau. • Plus difficile à couper (exige un minimum d'équipement).

Avantages	Inconvénients
ALUMINIUM	
• Résiste mieux à la corrosion dans un milieu acide. • Plus léger que l'acier. • Résiste mieux au roulement sur le sol que l'acier.	• Plus fragile que l'acier. • Le coût peut être élevé (varie selon le prix de l'aluminium sur le marché).

ANNEXE 2

INFORMATIONS REQUISES DANS LES PLANS ET DEVIS¹

(Pont acier-bois et pont en bois)

Matériaux

- catégorie et nuance des différentes pièces d'acier (poutres, plaques, cornières, boulons, chevilles, etc.) ;
- essence du bois et qualité ;
- type de protection prévu, le cas échéant.

Caractéristiques du site et du cours d'eau

- ligne naturelle des hautes eaux (L.N.H.E.),
- ligne du niveau des eaux du jour (N.E.J.),
- niveau des hautes eaux de conception,
- vitesse du courant,
- sens du courant,
- profil du lit de la rivière,
- nature du sol sous les unités de fondation.

Dimensions du pont et détails des assemblages

- tablier,
- superstructure,
- unité de fondation.

Matériel granulaire et enrochement

- perré,
- sous les unités de fondation,
- à l'intérieur des unités de fondation,
- talus.

¹ D'autres informations peuvent être requises selon les particularités du pont.

Configuration de la répartition des charges

- charge axiale de chaque essieu,
- espacement entre chaque essieu.

Normes à respecter

- norme CAN/CSA-S6-88,
- flèche admissible (déflexion) : (surcharge + impact)

Pont acier-bois :	L/600
Pont en bois :	L/360
- rétrécissement maximal du cours d'eau :

20 % (sans étude hydraulique),
50 % (avec étude hydraulique).

GLOSSAIRE

Affouillement :

Creusement du lit ou des berges d'un cours d'eau dû à l'action des courants sur les piles des ponts, les jetées, les extrémités d'un ponceau, etc.

Alevin :

Jeune poisson.

Alluvions :

Sédiments (galets, graviers, sables, silts ou limon) abandonnés par un cours d'eau dont la pente ou le débit sont devenus insuffisants.

Amont :

Partie d'un cours d'eau comprise entre un point considéré et la source (Le Robert).

Assise :

Synonyme de fondation.

Aval :

Le côté vers lequel descend un cours d'eau (Le Robert).

Avant-bec :

Éperon installé à la base de la pile d'un pont, du côté d'amont, pour diviser l'eau et protéger l'ouvrage contre les débris charriés par le courant.

Bassin versant :

Ensemble des territoires superficiels et souterrains qui drainent leurs eaux vers le même exutoire (Dictionnaire de l'eau).

Batardeau :

Ouvrage temporaire construit pour assécher la section d'un cours d'eau où l'on a des travaux à faire.

Berge :

Partie latérale plus ou moins escarpée du lit d'un cours d'eau qui peut être submergée sans que les eaux ne débordent.

Butée :

Massif de maçonnerie ou de pierres destiné à supporter une poussée (d'après Le Robert).

Caisson à claire-voie :

Structure faite de cages de bois remplies de pierres (d'après le MTQ).

Chasse-roue :

Muret aménagé à la base du parapet d'un pont pour en écarter les roues des voitures.

Chemin d'hiver :

Voie dont la surface de roulement a une composition telle qu'on ne peut normalement y circuler que lorsque le sol est gelé à une profondeur d'au moins 35 cm.

Clé d'ancrage :

Dépression créée artificiellement au pied d'un talus pour augmenter la stabilité d'un enrochement.

Contreventement :

Assemblage de charpente destiné à lutter contre les déformations (Le Robert).

Cours d'eau intermittent :

Cours d'eau dont le lit est complètement à sec pendant certaines périodes (d'après le Dictionnaire de l'eau).

Cours d'eau permanent :

Cours d'eau qui coule en tout temps (d'après le Dictionnaire de l'eau).

Crue :

Montée des eaux d'un cours d'eau à la suite de précipitations atmosphériques abondantes ou à la fonte des neiges (Dictionnaire de l'eau).

Crue annuelle :

Crue de pointe journalière maximale dans une année (Dictionnaire de l'eau).

Culée :

Butée d'un pont (Le Robert).

Débit :

Volume d'eau qui coule en un point donné d'un cours d'eau en une unité de temps déterminée.

Débit de conception :

Écoulement de pointe considéré lors de la conception d'un ouvrage d'art, en fonction d'une période de récurrence.

Débit de crue :

Volume d'eau qui s'écoule dans un cours d'eau, en une unité de temps donnée, à la suite de précipitations abondantes ou lors de la fonte des neiges (d'après le Dictionnaire de l'eau).

Défecteur :

Dispositif qui permet de faire dévier et de ralentir le courant d'un cours d'eau.

Déversoir :

Dispositif qui permet d'évacuer les excédents d'eau dans un barrage ou tout autre ouvrage hydraulique (Dictionnaire de l'eau).

Diaphragme :

Élément destiné à assurer la rigidité d'une structure (d'après le Dictionnaire de l'eau).

Digue :

Ouvrage de maçonnerie, de bois, de terre, etc. destiné à contenir les eaux.

Embâcle :

Obstruction du lit d'un cours d'eau par un amoncellement de glaces.

Enrochement :

Couche de pierres qu'on dispose dans le lit d'un cours d'eau ou sur les talus d'un remblai pour prévenir l'érosion (Le Robert).

Érosion :

Action d'usure et de transformation que les eaux et les agents atmosphériques et certaines interventions de l'Homme font subir à l'écorce terrestre (d'après Le Robert).

Érosion thermique :

Usure de la glace provoquée par un courant de chaleur.

Étiage :

Niveau minimal atteint par un cours d'eau en période sèche (Dictionnaire de l'eau).

Flèche :

Amplitude de la déformation d'une pièce sous l'action d'une charge (Le Robert).

Fondation :

- Élément ou ensemble d'éléments structuraux destiné(s) à transmettre des charges au terrain sur lequel repose un ouvrage ou dans lequel il s'encastre (Hydro-Québec, 1991).
- Matériel qui sert de support à une structure.
Synonyme : assise.

Frasil :

Cristaux ou fragments de glace entraînés par le courant et flottant à la surface d'un cours d'eau (Le Robert).

Frayère :

Lieu où les poissons déposent leurs œufs (Le Robert).

Gabion :

Grillage rempli de roches pour servir de protection (Le Robert).

Grume :

Pièce de bois non encore équarrie (Le Robert).

Habitat du poisson :

Lac, marais, marécage, plaine d'inondation dont les limites correspondent au niveau atteint par les plus hautes eaux, selon une moyenne établie compte tenu d'une récurrence de deux ans ou, encore, cours d'eau fréquenté par des poissons.

Ligne de lavage :

Trace qu'on trouve sur la surface intérieure d'une conduite et qui indique la hauteur habituelle de l'eau.

Lit :

Partie d'une vallée submergée par une eau courante qui y coule sans déborder. Le lit comprend le fond, c'est-à-dire la partie médiane plus ou moins horizontale et les berges, ou parties latérales plus ou moins escarpées (d'après le Dictionnaire de l'eau).

Lit majeur :

Partie du lit d'un cours d'eau qui n'est occupée que lors des crues.

Lit mineur :

Partie du lit occupée en permanence par un cours d'eau (Parent, 1990).

L.N.H.E. :

Ligne naturelle des hautes eaux.

Miner :

Creuser en dessous, à la base.

N.E.J. :

Niveau d'eau du jour.

Ouvrage d'art :

Construction (pont, ponceau, etc.) nécessaire à l'établissement d'une route (d'après Le Robert).

Palplanche :

Pièce en bois, en acier ou en béton, à sections minces, pourvue de rainures d'imbrication (Hydro-Québec, 1991).

Pierres nettes :

Agrégats pierreux dont la grosseur est constante.

Pile :

Appui intermédiaire d'un pont (d'après le MTQ).

Plaine inondable :

Zone envahie par les eaux en période de crue (Parent, 1990).

Synonyme : lit majeur

Platelage :

Ensemble des éléments destinés à supporter les efforts dus à la circulation et à les transmettre à l'ossature (MTQ).

Ponceau :

Ouvrage qui comporte au moins un conduit destiné à assurer le libre passage de l'eau sous une route, une voie ferrée, un canal, etc. (Dictionnaire de l'eau). Dans ce guide, comme dans le RNI, les structures de bois dont la portée est inférieure à 1 m et qui sont couvertes de matériaux granulaires sont considérées comme des ponceaux.

Pont :

Ouvrage à culées construit pour permettre à un chemin de franchir un obstacle, tel un cours d'eau.

Pont amovible :

Structure rigide qu'on installe temporairement au-dessus d'un cours d'eau (*pontage* au sens du RNI).

Pont de glace :

Ouvrage construit uniquement à partir d'eau et de neige, renforcé au besoin par une armature de billes de bois.

Pont temporaire :

Ouvrage d'art aménagé pour donner accès à un site où l'on construit un pont permanent de grande envergure et qui doit être éliminé à la fin des travaux, parce qu'il n'est pas conçu pour un usage prolongé.

Portée :

Distance entre les points d'appuis des éléments qui supportent un pont ou une structure à arche ou, encore, entre les points les plus éloignés d'un tuyau arqué, sur le plan horizontal.

Pression hydrostatique :

Effort ascendant qui s'exerce sur tout corps plongé dans un liquide.

Profilé :

Pièce d'acier laminée selon une section normalisée.

Radier :

Revêtement, plateforme qui couvre le sol d'une installation et qui lui sert de fondation. Partie inférieure de la paroi interne d'un ponceau (Dictionnaire de l'eau).

Récurrence :

Période au cours de laquelle un phénomène est susceptible de se reproduire. Dans ce document, elle correspond aux débits minima et maxima observés tous les deux, cinq, dix, vingt ans, etc.

Règle de l'art :

Ensemble de principes propres à une profession, une technique ou un corps de métier.

Remous :

Mouvement, tourbillon provoqué par le refoulement de l'eau au contact d'un obstacle (Le Robert).

Rive :

Bande de terre qui borde un cours d'eau et qui peut être temporairement submergée lors des crues (Parent, 1990).

Schiste :

Roche ayant acquis une structure feuilletée sous l'influence de contraintes tectoniques (Le Robert).

Scissomètre :

Appareil utilisé pour déterminer la résistance des argiles non drainées au cisaillement.

Sédimentation :

Dépôt de matières en suspension ou en dissolution sur le lit d'un cours d'eau.

Shale :

Schiste argileux.

Silt :

Sédiment meuble qui s'apparente à un sable très fin.

Sinuosité :

Courbe, détour dans un cours d'eau.

Substrat :

Lorsqu'on parle d'un cours d'eau, tout matériau qui en constitue le lit.

Tablier :

Plateforme qui constitue le plancher d'un pont (Le Robert).

Talus :

Terrain en pente entre l'accotement et le fossé qui bordent un chemin.

Till :

Dépôt de moraine glaciaire non consolidée.

Travée :

Portion de pont comprise entre deux points d'appui (colonnes, piles, etc.) (d'après Le Robert).

Turbidité :

État d'un liquide trouble, qui renferme des matériaux en suspension (Le Robert).

Voiler (se) :

Action de se déformer.

Bibliographie

ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES TECHNIQUES DE L'EAU et OFFICE DE LA LANGUE FRANÇAISE. 1981. **Dictionnaire de l'eau**. Québec, Cahier de l'Office de la langue française, 544 p.

ARGUS GROUPE-CONSEIL. 1996. **Restauration naturelle des rives du Saint-Laurent entre Cornwall et l'île d'Orléans : guide d'intervention**. Ottawa, Environnement Canada, Service canadien de la faune, pagination multiple.

BANVILLE, D. 1984. **Moyens préconisés pour contrôler les castors nuisibles**. Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la faune terrestre, 16 p.

BRETON, E. 1992. «Les produits de préservation du bois–Nouvelles orientations ». **Info-normes**, vol. 3, pp. 4-5.

CARTER, D. 1991. **Analyse et dimensionnement des ponts et des plateformes de glace**. Montréal, rapport préparé pour la Société d'énergie de la Baie James, 31 p., annexe et appendices.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST). 1996. **Travaux sur les champs de glace**. Québec, Direction de la prévention-inspection, 39 p.

DULUDE, P. et A. VALLIÈRES. 1992. (Données non publiées). Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de Québec, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune.

DUMOUCHEL, D. 1990. **Les méthodes de contrôle de l'érosion**. Montréal, Hydro-Québec, Vice-présidence environnement, Service ressource et aménagement du territoire, 179 p.

FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC (FFQ), MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF) ET MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (MRN). 1996. **Traversées de cours d'eau en milieu forestier**. Vidéo couleur, 18 min 25 sec.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. **Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public**. Québec, Gazette officielle du Québec, 8 mai 1996, pp. 2750-2786.

HOUDE, B. et G. BERTRAND. 1986. **Liste des plantes riveraines recommandées–Document de travail**. Sainte-Foy, ministère de l'Environnement, Programme berges neuves, s.p.

HYDRO-QUÉBEC. 1991. **Vocabulaire de l'exploitation des barrages.** Québec, 123 p.

MAC GREGOR, D.T. et Y. PROVENCHER. 1995. **Arches de tôle ondulée en acier galvanisé avec assises en acier pour traverser les cours d'eau.** Pointe-Claire, Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Division de l'Est, Communiqué technique : routes et ponts - 40, 2 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (MENVIQ). 1991. **La stabilisation naturelle des rives.** Sainte-Foy, Direction du domaine hydrique, s.p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (MENVIQ). 1992. **Guide environnemental des travaux relatifs au programme d'assainissement des eaux du Québec.** Sainte-Foy, Direction de la qualité des cours d'eau, 104 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1994. **Les activités reliées à la faune au Québec-Profil des participants et impact économique en 1992.** Sainte-Foy, s.p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1996. **Critères d'analyse des projets en milieux hydrique, humide et riverain assujettis à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement.** Sainte-Foy, Direction des politiques du secteur municipal, pagination multiple.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1997. **Guide sur la prévention des dommages et le contrôle des animaux déprédateurs,** 4^e éd. Sainte-Foy, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune terrestre.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (MRN). 1994. **Guide de bonnes pratiques et de sélection des tiges pour la construction de ponts en bois rond.** Québec, Direction de l'assistance technique, 23 p., annexe.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1991. **Évaluation environnementale-Les agents de préservation du bois (le pentachlorophénol, la créosote, les arséniates de cuivre).** Montréal, Service de l'environnement.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1992. **Ponts et ponceaux-Lignes directrices pour la protection environnementale du milieu aquatique.** Québec, Service de l'environnement, 91 p., annexes.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1993a. **Manuel des ponts acier-bois.** Québec, Direction des structures.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1993b. **Guide de conception des ponceaux.** Québec, Direction des structures.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1993c. **Cahier des charges et devis généraux**. Québec, Publications du Québec.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1994. **Normes–ouvrages routiers : tome III : ouvrages d'art**. Québec, Publications du Québec.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS (MTQ). 1995. **Manuel de conception des structures–tome 1**. Québec, Direction des structures.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES (OMNR). 1990. **Environmental Guidelines for Access Roads and Water Crossings**. Toronto, 64 p.

ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC (OIFQ). 1996. **Manuel de foresterie**. Québec, Les Presses de l'Université Laval, 1 428 p.

PARENT, SYLVAIN. 1990. **Dictionnaire des sciences de l'environnement**. Ottawa, Broquet, 748 p.

PLAMONDON, JEAN A. et RICHARD MARANDA. 1996. **Traversées temporaires de cours d'eau à l'aide de passerelles d'acier**. Pointe-Claire (Québec), FÉRIQ (Division de l'Est), Communiqué technique : Routes et ponts - 42.

SOCIÉTÉ CANADIENNE DE GÉOTECHNIQUE. 1989. **Manuel canadien d'ingénierie des fondations**. Vancouver, R.P. Chapuis et P. Morin éditeurs, 378 p.

WILSON, R.G. 1996. **CSP culvert installation at water crossings on forest roads**. Toronto, Ontario Ministry of Natural Resources, Northeast Science and Technology, note technique TN-013, 24 p.