Avantage
Réservé aux membres et partenaires de FERIC
Vol. 6 N° 15 Juin 2005

Contenu

1 Introduction
1 Objectifs
1 Contexte et description du site
3 Planification et design
4 Matériaux et équipement
4 Préparation du site
5 Installation
8 Coûts du projet
9 Structures alternatives
10 Conclusions et mise en application
12 Références
12 Remerciements

Remplacement de ponceaux en bois de type boîte par des arches en aluminium : deux études de cas

Résumé

L'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) a observé et documenté, sur deux sites, l'installation de ponceaux en arche pour remplacer des ponceaux de bois du type boîte. Ce rapport décrit les procédures détaillées d'installation et le coût des projets, présente une comparaison avec des structures alternatives de remplacement et donne des suggestions pour la mise en place de futures installations.

Mots clés

Traversée de cours d'eau, Traversée, Ponceau d'aluminium en arche, Habitat du poisson.

Auteur

Clayton T. Gillies
Division de l'Ouest

Traduit de l'anglais par Thérèse Sicard, ing.f.

Introduction

La préservation de la qualité de l'eau, de l'habitat du poisson et des attributs riverains est un objectif important pour les gestionnaires forestiers lors de l'installation ou du remplacement de structures servant à traverser des cours d'eau poissonneux. FERIC a observé l'installation par Tolko Industries Ltd.[1] de deux arches d'aluminium Dur-A-Span^{MD} pour service forestier[2], dans son opération forestière de Kelowna. La première arche a été installée le long du chemin Barton et la seconde le long du chemin Esperon. Ces arches remplaçaient deux ponceaux en bois du type boîte, qui avaient de 15 à 20 ans et arrivaient à la fin de leur durée effective.

Le présent rapport décrit en détail l'installation de la première arche sur le site Barton et souligne les différences dans l'installation de la seconde arche sur le site Esperon. Il donne également une estimation du coût de chaque installation, une comparaison avec des structures alternatives, et des suggestions pour la mise en place éventuelle d'autres ponceaux en arche.

Objectifs

Le but de cette étude était de fournir aux membres et partenaires de FERIC l'information relative aux procédures et aux coûts d'installation de ponceaux en arche.

Contexte et description du site

Les chemins Barton et Esperon sont situés dans la zone des opérations de Tolko à Kelowna (figure 1). Les deux ponceaux de bois du type boîte étaient des structures temporaires inspectées fréquemment, et ils ont été remplacés à cause de leur âge et de leur condition. La durée de structures en bois est plutôt incertaine, et peut varier selon la résistance du bois utilisé et son taux de pourriture. Tolko croyait qu'en remplaçant les deux structures par des arches permanentes

[1] Riverside Forest Products Limited à l'époque de l'étude.

[2] L'arche Dur-A-Span^{MD} pour service forestier (en feuille d'aluminium de catégorie structurale) est un produit d'Atlantic Industries Limited.

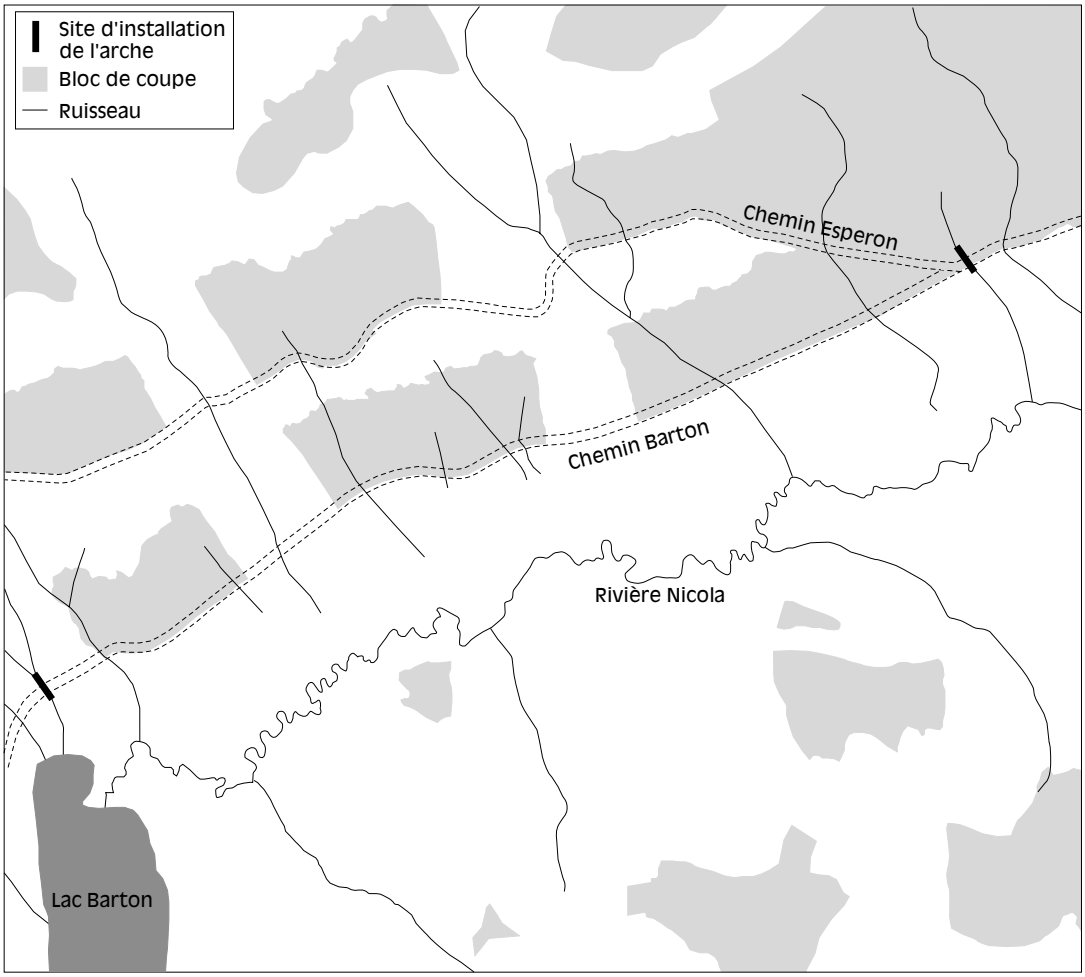

Figure 1. Emplacement des arches sur les chemins Barton et Esperon.

en aluminium, il serait possible de réduire la fréquence des inspections et de prévoir plus facilement la durée des nouvelles structures.

Sur le site Barton, la largeur du cours d'eau naturel variait de 61 à 68 cm, et le canal avait une profondeur moyenne de 39 cm. Une section localisée du ruisseau près de la sortie du ponceau de bois avait 124 cm de largeur. Le ruisseau est classé de catégorie S4[3] et coule dans le lac Barton approximativement à 300 m en aval de la traversée. Le lac Barton est relié directement à la rivière Nicola. Aucun poisson n'a été observé sur ce site mais, étant donné la pente légère (approximativement 5 %) et l'absence de barrières visibles entre le lac Barton et l'endroit de la traversée, on suppose que la truite arc-en-ciel fréquente cette partie du ruisseau. Des dépôts de sable et de gravier se trouvaient en amont de la traversée, fournissant la preuve de débordement sur la berge. La pente du cours d'eau immédiatement en amont et en aval de la traversée était approximativement de 6 %.

[3] La classification de ruisseaux S4 réfère à des cours d'eau poissonneux et/ou servant à l'approvisionnement public en eau, qui ont en moyenne moins de 1,5 m de largeur (BCMOF et BC Environment, 1998).

Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC)

Division de l'Est et Siège social
580 boul. St-Jean
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9
(514) 694-1140
(514) 694-4351
admin@mtl.feric.ca

Division de l'Ouest
2601 East Mall
Vancouver, BC, V6T 1Z4
(604) 228-1555
(604) 228-0999
admin@vcr.feric.ca

Mise en garde

Avantage est publié uniquement à titre d'information pour les membres et les partenaires de FERIC. Il ne doit pas être interprété comme une approbation par FERIC d'un produit ou d'un service à l'exclusion d'autres qui peuvent être adéquats.

This publication is also available in English.

© Copyright FERIC 2005. Imprimé au Canada sur du papier recyclé.

Le ruisseau coulait à peine durant la période d'installation en août. L'entrée du ponceau en bois mesurait 78 cm de large et 55 cm de haut, et la sortie 88 cm de large et 43 cm de haut. L'épaisseur du remblai par-dessus le ponceau en bois, à la ligne centrale de la route, était d'approximativement 1,8 m (figure 2).

Sur le site Esperon, la largeur du cours d'eau naturel variait de 87 à 104 cm, et la profondeur du canal entre 30 et 71 cm. Le ruisseau est classé S4 et coule dans la rivière Nicola à approximativement 600 m en aval de la traversée. Des poissons avaient été observés sur ce site et on supposait qu'il s'agissait de truite arc-en-ciel. Le ruisseau passe dans une ancienne coupe à blanc en amont de l'endroit de la traversée. Même si le ruisseau ne coulait pas durant la période d'installation, il y avait des mares d'eau isolées le long de son canal. De l'eau stagnante s'était aussi accumulée à l'entrée et à la sortie du ponceau de bois. La pente du ruisseau immédiatement en amont et en aval de la traversée était approximativement de 1 %. L'entrée du ponceau de bois mesurait 90 cm de large et 58 cm de haut, alors que la sortie avait 135 cm de large et 75 cm de haut. L'épaisseur du remblai sur le ponceau à la ligne centrale de la route était approximativement de 65 cm.

Planification et design

Un levé topographique des deux emplacements a permis de produire le plan et les vues de profil des sites de construction pour servir de base aux dessins des installations. Les attributs du site montrés sur chacun des dessins comprenaient le canal du ruisseau, le pied du talus de la route, le bord de la surface de roulement, ainsi que l'angle de pente du talus. Les arches proposées ont été superposées sur les dessins, montrant la longueur du ponceau requis pour l'angle de pente et l'épaisseur du talus existant. La pente moyenne du canal naturel du ruisseau a été donnée pour chaque site. Les arches d'aluminium avaient la même orientation par rapport à la route que les ponceaux de bois

Figure 2. Entrée du ponceau de bois sur le site Barton.

Figure 3. Empilements des matériaux d'implantation montrant une charge de roches à chaque extrémité du roc broyé.

qu'elles remplaçaient. Les installations devaient avoir lieu pendant la période autorisée pour les travaux à l'intérieur du cours d'eau, ou « fenêtre de travail », selon la région et les espèces de poisson rencontrées localement.[4] Les dimensions des arches ont été déterminées en tenant compte de la largeur du ruisseau naturel à chacun des sites, et de façon à permettre le passage d'une crue correspondant aux plus hautes eaux depuis 100 ans (Q100).

Compte tenu du remblai plus épais, le design pour l'arche du site Barton spécifiait des semelles plus larges et un ponceau plus long que pour l'arche d'Esperon.

Des roches et du roc broyé ont été transportés et empilés sur les sites d'installation préalablement au début des travaux (figure 3) afin d'éviter les retards. Deux charges (24 m^3) de roc broyé ont

[4] La période préférée pour les travaux à l'intérieur du cours d'eau, selon les espèces de poissons et l'aire géographique, est indiquée dans DFO et al., 1993. Cette fenêtre de travail est généralement considérée comme étant la période de moindre risque pour l'espèce de poisson présente.

d'abord été livrées par un camion à benne preneuse; le temps de livraison aller-retour était de 1 heure par charge. Ensuite, deux charges (18 m^3) de roches ont été livrées par un camion tandem équipé d'une benne pour service sévère; le temps de livraison aller-retour était de 30 minutes par charge. Les roches avaient des dimensions variables; celles de la première charge mesuraient de 18 à 42 cm alors que celles de la seconde, plus grosses, mesuraient de 72 à 95 cm. Le camion tandem a placé une charge de roches à chaque extrémité du granulat concassé déjà livré.

Un camion avec semi-remorque surbaissée a livré les deux arches (pré-assemblées) en un seul voyage la veille du début des installations. Une excavatrice John Deere 200 LC, équipée d'un godet de nettoyage et d'un doigt mobile, a déchargé les arches, qui étaient pourvues d'œillets de levage le long du sommet pour aider à les soulever et à les déplacer (figure 4). L'arche du site Barton a été placée le long de l'emprise de la route à côté du lieu de l'installation, alors que l'arche d'Esperon a été chargée sur une petite remorque pour, au moment voulu, être tirée 3,5 km plus loin par une camionnette.

Figure 4. L'arche est soulevée du camion de livraison en préparation pour être placée sur une petite remorque.

Figure 5. Arche et semelles en aluminium ondulé montrant le profil d'ondulation et l'espace entre les sections de semelle.

Matériaux et équipement

Les deux arches Dur-A-Span^{MD} pour service forestier avaient la même portée (largeur) et la même élévation (1220 et 610 mm, respectivement, avec une superficie en bout de 0,58 m^2), mais des longueurs et des dimensions de semelles différentes. L'arche de Barton avait 13,7 m de long avec des semelles de 43 cm de largeur, et celle d'Esperon avait 11,0 m de long avec des semelles de 31 cm de largeur. Les semelles n'étaient pas continues sur toute la longueur de chaque arche; l'espace entre chaque section de semelle était d'approximativement 10 cm. Des semelles plus larges ont été choisies pour le site de Barton à cause du remblai plus épais. Les arches pesaient 38 kg/m, et le profil d'ondulation était de 64 mm de profond et 230 mm de large (figure 5). Les semelles étaient conçues pour une surface ayant une capacité portante de 200 kPa. Les arches sont conçues pour une charge nominale L100 (poids brut du véhicule d'approximativement 91 tonnes), avec une couverture compactée minimale de 600 mm.

L'équipement utilisé durant l'installation comprenait une excavatrice John Deere 200 LC Logger de 20 tonnes avec godet de nettoyage, doigt mobile et mât d'une portée approximative de 8,5 m; une pompe refoulante Honda de 3,7 kW fonctionnant à l'essence, ainsi que des boyaux; des sacs de sable et une feuille de plastique pour construire une digue; ainsi qu'un compacteur à plaque vibrante Wacker de 4,1 kW et 86 kg, fonctionnant à l'essence. Il y avait également d'autres outils et fournitures tels que clinomètre, ruban à mesurer et peinture à pulvériser.

Préparation du site

La préparation consistait dans l'assèchement des sites et l'enlèvement des ponceaux de bois du type boîte.

Assèchement

Une digue, constituée de trois rangées de sacs de sable, a été construite immédiatement en amont du ponceau en bois. Une feuille de plastique a été étendue sur l'avant des sacs de sable du côté amont. Sur le site Barton, l'écoulement dans le ruisseau était minime et l'eau accumulée derrière la digue n'a dû être pompée qu'une seule fois pendant l'installation. Cette eau a été déversée sur le parterre forestier, loin du canal du ruisseau, approximativement à 20 m en aval du site de la traversée.

Sur le site d'Esperon, un bassin naturel à l'entrée a été pompé pour le vider de son eau, deux cuvettes, une à chaque extrémité du ponceau de bois, ont ensuite été creusées pour recueillir l'eau d'écoulement. Les cuvettes ont dû être pompées une fois seulement pendant l'installation. Ici aussi, toute l'eau pompée a été déversée sur le parterre forestier, loin du canal du ruisseau, approximativement 20 m en aval de la traversée.

Enlèvement du ponceau de bois

L'excavatrice a enlevé autant de remblai que possible sur les longerons de bois rond afin d'empêcher le remblai de la route de pénétrer dans le canal du ruisseau, et a ensuite retiré les longerons (figure 6). Enfin, elle a extrait les billes de seuil et a enlevé les dormants. Les billes constituant le ponceau ont ensuite été placées au hasard dans l'emprise au bas de la route, pour servir de gros débris ligneux au sol. L'enlèvement complet des vieux ponceaux de bois a pris 1,5 heure sur chaque site.

Installation

Chaque installation a demandé une journée, incluant l'enlèvement du ponceau existant. Les deux installations ont été faites en deux jours consécutifs. L'installation comprenait huit étapes : excavation, préparation du lit, mise en place de l'arche, remblayage, recouvrement des semelles, renforcement des pentes du remblai, raccordement du canal du ruisseau, et construction de la forme finale de la route.

Excavation

L'excavatrice a préparé chaque site en dégageant une largeur d'approximativement 3,2 m à la base de la tranchée excavée afin de laisser presque 1 m de chaque côté de l'arche pour le remblai compacté. La largeur de la tranchée à la surface de la route était d'approximativement 6 m. Les excavations sur les deux sites avaient environ 1,7 m de profondeur. La profondeur d'excavation sur le site Barton a été déterminée par l'épaisseur du talus de la route et de la structure existante. Sur le site Esperon, la tranchée a été creusée en dessous du niveau du lit du ruisseau afin de trouver une meilleure surface portante que celle présente au niveau original. Les conditions du sol sous le lit original du ruisseau n'ont pas semblé être améliorées par une excavation plus profonde (figure 7) de sorte qu'une préparation additionnelle du lit a été nécessaire. L'excavation et la préparation des tranchées ont pris environ 2 heures sur chaque site.

Figure 6. Excavatrice enlevant les derniers longerons sur les billes de seuil.

Figure 7. Tranchée creusée sur le site Esperon.

Figure 8. Site Esperon montrant la première couche de grosses roches avant qu'elles ne soient recouvertes de roc broyé. La flèche indique la hauteur de design du remblai.

Figure 9. Compactage de la couche finale par le godet de l'excavatrice.

Figure 10. Rangée continue de roches le long de la ligne centrale du ponceau. Les lignes blanches tiretées montrent l'endroit où des lignes de peinture indiqueraient l'emplacement d'un côté des semelles de l'arche.

Figure 11. L'excavatrice et des travailleurs orientent l'arche pour sa mise en place finale.

Préparation du lit

Après avoir creusé la tranchée au site Barton, l'excavatrice a appuyé sur la base de la tranchée avec l'arrière de son godet afin de déterminer si la capacité portante du sol était adéquate pour supporter l'arche. Une faible quantité de roc broyé a dû être étendue et compactée au moyen de la plaque vibrante dans un endroit mou près de la sortie.

La préparation du lit sur le site Esperon était plus complexe étant donné les mauvaises conditions du sous-sol. Une fois la tranchée creusée en dessous du niveau du lit du ruisseau, des roches ont été placées dans la tranchée (figure 8) et recouvertes de roc broyé pour fournir une fondation adéquate à l'arche. Une ligne a été peinte le long des côtés de l'excavation pour marquer la hauteur des couches de matériaux d'implantation. Enfin, une partie du sol excavé a été étendue sur le roc broyé et compactée au moyen du godet de l'excavatrice (figure 9).

Une fois le lit compacté, l'équipe a marqué la ligne centrale et les lignes des semelles où l'arche devait être positionnée, et indiqué par des piquets les positions d'entrée et de sortie. En préparation pour le recouvrement des semelles, de petites roches (18 à 27 cm) ont été ramassées à la main dans la pile, placées dans le godet de l'excavatrice et déposées en empilement continu sur la ligne centrale (figure 10).

Mise en place de l'arche

L'équipe chargée de l'installation s'est d'abord assurée que les extrémités d'entrée et de sortie de l'arche, qui étaient définies par les empreintes chevauchées des sections du ponceau, étaient correctement alignées avec le ruisseau. L'excavatrice a soulevé l'arche par les deux œillets de levage prévus à cet effet et l'a positionnée de façon à ce qu'elle enjambe l'empilement continu de petites roches (figure 11). Les travailleurs ont réussi à placer l'arche dans la bonne position pendant qu'elle était suspendue. La mise en place finale a été facilitée en marquant l'emplacement des semelles sur le site.

Remblayage

Le remblayage a commencé quand l'arche a été en place, mais avant le recouvrement des semelles du côté intérieur. Des matériaux plus secs, retirés de l'excavation originale, ont été utilisés comme remblai, de même qu'une partie du roc broyé mis en pile.

L'excavatrice alternait la mise en place du remblai d'un côté de l'arche à l'autre, en couches de surélévation d'approximativement 30 à 40 cm d'épaisseur avant compactage. Une plaque vibrante était utilisée pour compacter le remblai entre les couches.

Sur le site Esperon, une partie des matériaux d'origine excavés étaient trop humides pour être réutilisés comme remblai. Par conséquent, du roc broyé empilé et des matériaux provenant du bord et de la surface de la route ont été utilisés comme remblai. Il était possible de le faire parce qu'à cet endroit, la route était plus large que la largeur minimale visée de 7 m. L'excavatrice a également enlevé une partie du remblai de la route à un endroit situé approximativement à 10 m de la traversée. Ceci a créé dans la route une faible dépression qui servait également à drainer loin du ruisseau les eaux de ruissellement à la surface de la route.

Recouvrement des semelles

Les petites roches déposées en empilement continu sur la ligne centrale de l'arche ont été utilisées pour recouvrir les semelles. À cette fin, un travailleur s'est étendu sur une feuille de contreplaqué pour placer les roches à la main sur les semelles. Il déplaçait continuellement la feuille de contreplaqué vers l'avant à mesure que les semelles à sa portée étaient recouvertes. Il a ainsi travaillé dans une seule direction pour la longueur entière du ponceau. Le recouvrement des semelles a pris 12 minutes sur le site Barton et 38 minutes sur le site Esperon.

Renforcement des pentes du remblai

L'excavatrice a placé des roches sur les pentes du remblai autour de l'entrée et de la sortie de l'arche. De grosses roches ont été déposées près de la base de la pente tout près de l'arche, alors que de plus petites ont été placées près du sommet du remblai (figure 12). Ce renforcement avait pour but de diriger les débits élevés dans l'arche tout en fournissant une protection contre l'érosion aux endroits d'entrée et de sortie, de même que d'empêcher les matériaux de la route de tomber dans le ruisseau.

Figure 12. Entrée de l'arche montrant comment les grosses et les petites roches ont été placées sur les pentes du remblai autour de l'arche.

Raccordement du canal du ruisseau

Sur le site Barton, la digue a été démantelée avec soin et la feuille de plastique ainsi que les sacs de sable furent récupérés en vue d'une réutilisation future. Le débit était faible de sorte qu'il n'y avait pas d'eau s'écoulant dans l'arche. Sur le site Esperon, les cuvettes ont été remplies de matériaux de remblayage et le canal du ruisseau a été uniformisé à l'endroit des cuvettes. Là aussi, le débit était minime et on n'a pas observé d'eau passant dans l'arche.

Niveau de la route

L'excavatrice a rétabli le niveau de la route en utilisant le reste des matériaux sur place, laissant la partie la plus basse à 5 à 10 m du ponceau pour diriger l'eau de ruissellement loin du canal du ruisseau. Sur le site Barton, la route a été reconstruite à son profil original, lequel dirigeait les eaux de surface loin du ruisseau (figure 12). L'épaisseur du remblai par-dessus l'arche, à cet endroit, était approximativement de 180 cm à la ligne centrale de la route, soit la même que par-dessus le ponceau original.

Sur le site Esperon, la pente originale de la route était nulle à la traversée du ruisseau, de sorte que la route a été légèrement surélevée à l'endroit de l'arche pour diriger l'eau de ruissellement loin du ruisseau (figure 13). L'épaisseur de remblai par-dessus l'arche était de 84 cm à la ligne centrale de la route, soit 19 cm de plus que par-dessus le ponceau original.

Figure 13. Sortie de l'arche sur le site Esperon montrant la hauteur du remblai par-dessus l'arche et les sections plus basses de chaque côté de l'arche le long de la route.

Coûts du projet

Le tableau 1 montre l'estimation des coûts du projet faite par FERIC. Une équipe de deux personnes a effectué en 2 heures un levé topographique pour chaque traversée. Il a fallu 2 heures additionnelles à une personne pour produire les vues en plan et en profil ainsi que le design pour une traversée. L'achat et la livraison de l'arche représentaient 74 % du coût final après installation pour le site Barton et 66 % pour le site Esperon, comparativement à 50 % lors d'une étude de cas dans un rapport précédent (Gillies, 2002). Le coût de forage et de dynamitage des roches s'élevait à 8 $/m³, alors que le roc broyé coûtait plus cher, soit 4500 $ par jour pour produire 400 m³ (11,25 $/m³). Le coût de chargement dans les camions de livraison est compris dans ces coûts de production.

L'aluminium peut être vendu comme rebut entre 1,10 $/kg et 1,40 $/kg (0,50 $ à 0,65 $ par lb) selon la qualité. Par conséquent,

Tableau 1. Estimation des coûts du projet – sites de Barton et d'Esperon

Catégorie de coûts	Site Barton			Site Esperon		
	Quantité	Coût unitaire ($)	Coût total ($)	Quantité	Coût unitaire ($)	Coût total ($)
Matériaux						
arche d'aluminium	13,7 m	469 [a]	6 425	11,0 m	409	4 499
roc broyé pour lit/remblai	24,4 m³	11,25	275	24,4 m³	11,25	275
roches pour renforcement	18,4 m³	8	147	18,4 m³	8	147
Équipment						
excavatrice @ 20 t	8.75 heures	126,54 [b]	1 107	9,0 heures	126,54 [b]	1 139
camion tandem à benne @ 9,2 m³	1 heure	77,90 [b]	78	1 heure	77,90 [b]	78
camion à benne preneuse @ 12,2 m³	2 heures	85,50 [b]	171	2 heures	85,50 [b]	171
transport (livraison de l'arche)	2.5 heures	100	250	2,5 heures	100	250
compacteur	1 journée	52 [c]	52	1 journée	52 [c]	52
pompe et boyaux	1 journée	93,15 [c]	93	1 journée	93,15 [c]	93
Main-d'œuvre						
levé topographique	4 heures	30,64	123	4 heures	30,64	123
plan du site/design	2 heures	30,64	61	2 heures	30,64	61
préparation du site et installation	9 heures	30,64	276	10 heures	30,64	306
remorquage de la remorque avec ponceau [d]				1 heure	30,64	31
Total			9 058			7 225

[a] Ce coût représente une arche d'aluminium ayant de larges semelles.
[b] Basé sur la méthodologie standard de FERIC pour l'établissement des coûts, pour une machine ayant une classe de poids/capacité de volume donnée.
[c] Basé sur le Guide des taux de location d'équipement 2001-2002 (B.C. Road Builders and Heavy Construction Association, 2001).
[d] Aucun coût n'a été alloué pour la camionnette utilisée pour tirer l'arche d'Esperon jusqu'au site d'installation.

une arche d'aluminium de 520 kg a une valeur de revente potentielle de 570 $ à 730 $, enlèvement et transport non compris. Comparativement, l'acier a une valeur de revente de 0,02 $/kg à 0,08 $/kg (0,01 $ à 0,04 $ par lb).

Les deux installations ont été complétées en une journée. L'excavation peu profonde et la réutilisation des matériaux excavés comme remblai ont contribué aux économies de coût. La livraison préalable des matériaux d'implantation et les courts trajets aller-retour pour le transport se sont également révélés favorables au coût final après installation. Les forestiers sur place ont jugé ces travaux simples et faciles et leurs coûts devraient donc être considérés comme se situant au bas de l'échelle normale.

Structures alternatives

Lors du choix d'une structure pour traverser un cours d'eau, divers facteurs entrent en ligne de compte tels que les conditions du site et du ruisseau, la durée utile prévue, le coût du produit, ainsi que l'expérience locale. La section qui suit discute de certains des coûts et des considérations qu'implique le choix entre une arche, un ponceau à fond recouvert ou un pont de courte portée et compare l'arche à des structures alternatives.[5]

Ponceaux à fond recouvert

Toutes les structures à fond fermé placées le long de cours d'eau poissonneux doivent être installées pendant la fenêtre préférée de travail dans le cours d'eau et dimensionnées de façon à ne pas restreindre le ruisseau à son entrée dans le ponceau. Les ponceaux constitués d'un tuyau en forme d'arche, situés sur des ruisseaux poissonneux, devraient être recouverts de matériaux jusqu'à 20 % de leur hauteur, alors que les ponceaux tubulaires devraient être recouverts jusqu'à 40 % de leur diamètre. Deux études de cas effectuées par FERIC sur des ponceaux à fond recouvert illustrent les coûts qu'implique cette alternative comparativement à ceux de ponceaux constitués d'une arche ouverte. Dans la première étude, on a utilisé pour traverser un ruisseau de 90 cm de largeur un tuyau en forme d'arche ayant une portée de 1390 mm et une hauteur de 970 mm; il avait été acheté et livré au coût de 2 166 $, plus recouvrement intérieur et installation, pour un coût total de 13 131 $ (Gillies, 2003). Même si le coût du tuyau en forme d'arche était de beaucoup inférieur à celui de l'arche en aluminium du site Barton, le coût final du tuyau en arche à fond recouvert était de 45 % (4 073 $) supérieur à celui de l'arche en aluminium installée, principalement à cause du remplissage nécessaire. Dans la deuxième étude, on a installé pour traverser un ruisseau de 1,3 m de largeur un ponceau tubulaire ayant un diamètre de 1600 mm, lequel a été acheté et livré au coût de 2 330 $, plus recouvrement intérieur et installation au coût total de 12 070 $ (Gillies, 2003). Ici encore, même si le coût du ponceau tubulaire était inférieur à celui de l'arche d'aluminium, le coût final après installation était de 33 % (3 012 $) supérieur à celui de l'arche d'aluminium après son installation finale sur le site Barton.

Arches d'acier à fond ouvert

Des arches d'acier à plaques multiples sont disponibles en dimensions comparables à celles des arches d'aluminium et peuvent être livrées pré-assemblées. Les dimensions varient normalement entre des portées de 800 à 1800 mm, avec hauteurs correspondantes de 400 à 900 mm. Les arches d'acier peuvent supporter une charge nominale roulante de L100, avec une couverture compactée minimum de 400 à 600 mm dépendant des dimensions choisies; elles sont conçues pour une surface ayant une capacité portante de 200 kPa. Les arches d'acier sont plus lourdes que celles en aluminium (87 à 144 kg/m pour les dimen-

[5] Aucune comparaison n'est donnée avec un ponceau de bois du type boîte, puisque l'un des principaux objectifs du remplacement était d'installer des structures permanentes ayant une plus longue durée utile prévue et un calendrier d'inspection moins fréquent.

sions ci-dessus). Selon la longueur de la structure et le poids correspondant, il peut être requis d'avoir une excavatrice plus puissante pour soulever et mettre en place une arche en acier qu'une arche en aluminium. Au point de vue du coût, une arche en acier pré-assemblée, ayant une portée de 1200 mm, une hauteur de 600 mm et une longueur de 13,7 m coûterait normalement environ 6420 $ (livraison non comprise). Ce prix d'achat est le même que celui de l'arche d'aluminium, mais la valeur de revente potentielle serait inférieure. Un muret de soutènement peut être utilisé avec les arches en acier au coût de 1600 $ chacun, selon les dimensions. Lorsque utilisé, le muret peut permettre de raccourcir la longueur de l'arche requise et réduire la nécessité de renforcer les entrées et sorties.

Ponts de courte portée

Les ponts utilisés pour traverser de petits ruisseaux poissonneux (S3 et S4) peuvent habituellement être installés sans aucun travail à l'intérieur du cours d'eau; la période d'installation n'est donc pas limitée par la fenêtre autorisée de travail dans le cours d'eau.[6] Cependant, à cause de leurs coûts, les structures à portée libre conviennent mieux pour de plus grands cours d'eau. Par exemple, FERIC a recueilli de l'information concernant l'installation d'un pont de 6,6 m constitué de poutres-dalles en béton sur des semelles pré-coulées en béton et des culées à blocs imbriqués, pour un ruisseau de 2 m de largeur (Gillies, 2004). Le pont a été acheté et livré au coût de 16 000 $, et le coût final d'installation était de 39 500 $ (incluant le design, la supervision, le suivi environnemental, l'équipement lourd et les fournitures).

Conclusions et mise en application

En 2002, Tolko Industries Ltd. a remplacé dans son opération forestière de Kelowna deux ponts de bois du type boîte par des ponceaux en aluminium constitués d'arches Dur-A-Span^{MD} pour service forestier. En choisissant des arches en aluminium, on espérait pouvoir réduire la fréquence des inspections et prévoir avec plus de fiabilité la durée des nouvelles structures. Les deux arches ont été installées pendant la fenêtre préférée de travail dans le cours d'eau, pour un coût total de 9 058 $ sur le site Barton et de 7 225 $ sur le site Esperon. Le coût d'achat et de livraison des arches représentait 74 et 66 % du coût total d'installation sur les sites Barton et Esperon, respectivement. Les matériaux d'implantation ont été livrés à l'avance sur les sites de construction. Sur chacun des sites, le ruisseau a été asséché, la structure existante enlevée, l'arche installée et le niveau de la route rétabli en une journée. Les facteurs qui ont contribué au bas coût des installations étaient la faible profondeur d'excavation, la réutilisation des matériaux excavés comme remblai et l'effort limité requis pour assécher ces sites.

Des ponceaux constitués de tuyaux ronds ou en forme d'arche, à fond recouvert, et des arches en acier à plaques multiples auraient également été des alternatives possibles pour ces traversées. Les ponceaux à fond fermé coûtent moins cher, mais leurs coûts d'installation peuvent être plus élevés à cause des besoins additionnels d'excavation et de remplissage sur les cours d'eau poissonneux. Une arche d'acier coûte la même chose que celle en aluminium, mais elle est plus lourde et peut, par conséquent, demander une excavatrice plus puissante pour la soulever en place, ou nécessiter un assemblage sur le site. Des ponts à courte portée sont aussi techniquement faisables, mais pas nécessairement économiques.

Quelques points sont à considérer lors de la planification de traversées de cours d'eau :

- Les arches d'aluminium conviennent bien aux petits ruisseaux poissonneux.

[6] Toute activité effectuée dans le canal du ruisseau devrait être réalisée durant la fenêtre de travail dans le cours d'eau, à moins d'être autorisée par Pêches et Océans Canada.

Tolko a choisi d'utiliser ces arches parce que leur portée (1220 mm) correspondait bien aux dimensions du cours d'eau et ne poserait donc pas de restriction au débit de l'eau. L'utilisation d'arches éliminait également le besoin de remplissage, comparativement aux ponceaux à fond fermé dont il faut recouvrir le fond.

- Sur des cours d'eau où le courant est plus fort, l'utilisation d'une arche peut ne pas être aussi souhaitable, étant donné le potentiel d'érosion par le passage de l'eau sous les semelles. Dans un tel cas, le recouvrement intérieur des semelles devrait être fortement augmenté, ou les semelles devraient être placées seulement à l'extérieur du canal d'eau courante pour aider à diminuer le risque d'érosion.
- La livraison de tous les matériaux (p. ex. ponceaux, roc broyé et roches) sur le site préalablement à l'installation permet de poursuivre les travaux sans interruption. Les roches et le roc broyé devraient être placés aussi près que possible du site d'installation, tout en s'assurant de laisser de l'espace pour déposer les matériaux provenant de l'excavation.
- La préparation du plan du site et des dessins subséquents pour ces installations était simple. Il faudrait probablement prévoir plus de temps et de détails pour l'installation d'arches plus grandes ou pour des travaux sur de nouveaux prolongements de route. Lors du remplacement d'anciennes structures, l'orientation du ruisseau à travers la route a déjà été établie et dicte la mise en place de la nouvelle structure, à moins que celle-ci ne doive être installée dans une nouvelle position ou un nouvel emplacement pour aider à rectifier une structure mal alignée/située. Pour une nouvelle traversée, l'orientation de l'arche devrait être étudiée et planifiée avec soin.
- La planification du travail dans le ruisseau à l'intérieur de la fenêtre autorisée a été bénéfique au promoteur du projet puisqu'il n'était pas nécessaire d'obtenir de Pêches et Océans Canada l'autorisation de travailler en dehors de cette période, éliminant ainsi les demandes de permis et les retards additionnels. De plus, la saison est principalement sèche durant cette période et le ruisseau contenait peu d'eau, ce qui réduisait les tâches additionnelles de construction.
- Les longerons, les billes de seuil et les dormants provenant des ponceaux d'origine en bois ont été répartis en bordure de la route, en aval de la traversée, pour servir comme source de gros débris ligneux, éliminant ainsi la nécessité de transporter ces matériaux à un site d'enfouissement. De plus, le fait de les déposer du côté aval du ruisseau assure qu'ils ne peuvent bloquer le ponceau ni faire dévier le courant hors de l'entrée du ponceau.
- Un minimum de temps et d'effort pour assécher le ruisseau à cause de débits très faibles, une excavation peu profonde la réutilisation des matériaux d'excavation et de courtes distances de transport pour les matériaux d'implantation ont contribué au faible coût d'installation. D'autres facteurs ont aussi joué un rôle, soit la décision de livrer les matériaux d'implantation préalablement à l'installation, la livraison des arches pré-assemblées et en un seul voyage, le choix d'équipement de dimensions appropriées à la tâche et la production de plans du site et de dessins simples comportant un niveau adéquat de détails.
- Les deux installations décrites ici ont nécessité l'excavation du lit existant du ruisseau et une préparation de l'aire des semelles de l'arche pour assurer à cette dernière une capacité portante adéquate. S'il n'était pas possible de perturber le canal du ruisseau, il serait préférable d'installer une arche de plus grandes dimensions ou un petit pont.

Références

B.C. Road Builders and Heavy Construction Association. 2001. Equipment rental rate guide. Richmond, BC. 130 p.

British Columbia Ministry of Forests (BCMOF); BC Environment. 1998. Forest practices code of British Columbia : Fish-stream identification guidebook (2nd ed.). Victoria, BC. 70 p.

Department of Fisheries and Oceans Canada (DFO); B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks; B.C. Environment. 1993. Land development guidelines for the protection of aquatic habitat. Vancouver, BC. 128 p.

Gillies, C. 2002. Installation d'une arche-ponceau en aluminium à fond ouvert. FERIC, Vancouver, BC. Rapport Avantage Vol. 3, N° 16. 7 p.

Gillies, C.T. 2003. Closed-bottom corrugated-steel embedded culverts in British Columbia : overview of twelve sites. FERIC, Vancouver, BC. Advantage Report Vol. 4 No. 29. 31 p.

Gillies, C.T. 2004. Closed-bottom corrugated-steel embedded culverts in British Columbia : overview of seven sites. FERIC, Vancouver, BC. Advantage Report Vol. 5 No. 31. 19 p.

Remerciements

L'auteur désire remercier Gary Forster, anciennement de Riverside Forest Products Limited à Kelowna, ainsi que Ted Swab de Tolko Industries Ltd. (Riverside Forest Products Limited au moment de l'étude). Sa reconnaissance s'adresse également au personnel de FERIC pour les révisions du rapport, les graphiques et le travail de mise en page, ainsi que l'édition finale.