

# Développement d'une méthode de récolte forestière à faible impact

Présenté à la MRC de Papineau



Septembre 2013



## ISFORT

Institut des Sciences  
de la Forêt tempérée



**Rédaction et conception :**

Philippe Nolet, Chercheur et Directeur du développement et des partenariats, ISFORT <sup>1</sup>  
Régis Pouliot, B. Sc., ISFORT

**Remerciements**

Nous tenons à remercier Serge Raposo de Foresterie Dryade pour les essais de tyrolienne et pour son professionnalisme dans tout le processus d'évaluation de la productivité et de la rentabilité de l'approche. Aussi, un merci particulier et chaleureux à Marguerite Lepage et Brian Fisher. Pour nous avoir permis d'effectuer les tests de tyrolienne dans leur érablière. Roger St-Denis, ébéniste, nous a prodigué de judicieux conseils pour lors des tests de la scierie mobile et nous lui en sommes fort reconnaissants. Enfin, nous tenons à souligner l'apport d'Amélie Goulet pour le travail technique sur le terrain.

<sup>1</sup> Institut des Sciences de la Forêt tempérée  
58, rue Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0  
Tél : (819) 983-6589  
Courriel : [philippe.nolet@ugo.ca](mailto:philippe.nolet@ugo.ca)

Citation suggérée :

Nolet, P. et R. Pouliot 2013. Développement d'une méthode de récolte forestière à faible impact, Ripon, Qc. 28 p.

## Table des matières

Table des matières .....	ii
Liste des tableaux et figures .....	iii
Introduction.....	1
Retour sur le principe de base de l'utilisation de la tyrolienne .....	2
Les grandes étapes .....	3
Le matériel nécessaire.....	3
Les améliorations apportées .....	11
La tension .....	11
L'application de la tension.....	11
La mesure de la tension.....	11
L'attache en amont.....	11
L'installation en hauteur.....	13
Le halage des billots vers la tyrolienne.....	14
La levée des billots .....	15
Les ponts et les charriots de transport.....	17
Les ponts avant et les charriots à flanc simple.....	17
Les ponts arrière et les charriots à doubles flancs .....	18
Le contrôle de la descente vers l'aval .....	19
L'organisation du travail.....	20
Le câble.....	21
La sécurité .....	21
Potentiel et développement .....	21
L'analyse de rentabilité .....	23
Méthodologie .....	23
Résultats .....	24
Discussion et conclusion.....	27

## Liste des tableaux et figures

### Tableaux

Tableau 1: Description de l'équipement nécessaire pour l'installation et l'utilisation de la tyrolienne .....	4
Tableau 2: Valeur des billots vendus à l'usine de sciage .....	24
Tableau 3: Valeur, pour les grumes sciées sur la scierie portative, brutes et une fois sciées .....	25
Tableau 4: Nombres d'heures consacrées à l'extraction et ou la transformation des grumes selon les procédés utilisés .....	26
Tableau 5: Salaires horaires réalisés et potentiels en fonction des processus d'extraction/transformation .....	27

### Figures

Figure 1: Illustration de l'utilisation de la tyrolienne pour extraire les billots du peuplement forestier .....	2
Figure 2: Démonstration de l'utilisation du joint de câbles .....	12
Figure 3: Démonstration du joint entre le tensiomètre et le joint de câbles .....	13
Figure 4: Démonstration du lien entre le câble du Sumo, du tensiomètre et du câble de la tyrolienne .....	13
Figure 5: Utilisation du siège auto-grimpant pour installer le câble sur l'arbre aval-pivot.....	14
Figure 6: Installation d'une poulie en hauteur pour le halage des billots. À gauche, le câble est attaché au billot que l'on désire apporter sous la tyrolienne; à gauche, le câble est attaché au Portable Winch.....	15
Figure 7: Démonstration de deux outils pour soulever un billot sur la tyrolienne. À gauche, la poulie auto-bloquante et à droite, le palan à chaîne .....	16
Figure 8: Démonstration de l'utilisation du pont arrière .....	19
Figure 9: Démonstration de l'utilisation d'une gaule tronquée pour ralentir la descente d'un billot. À droite, le câble est attaché au billot monté sur la tyrolienne. C'est par ce nœud de friction que le billot est retenu. En tirant vers le haut, le nœud se défait graduellement. ....	20

### Introduction

Dans le cadre de travaux précédents, nous avons défini une nouvelle approche sylvicole que nous avons appelé la sylviculture à faible intensité, à faible impact et axée sur la qualité.

L'approche repose sur l'idée qu'il est possible, en forêt feuillue dominée par l'érable à sucre, de concentrer la récolte sur des tiges de qualité, et ce, à rendement soutenu. De plus, en récoltant une faible proportion des tiges du peuplement (ex. : 5-10%) et en réduisant les impacts sur l'écosystème forestier en utilisant une technologie plus légère, il est possible de rendre cette approche plus écologique que l'approche traditionnelle du jardinage avec assainissement. Enfin cette approche étant axée sur la récolte de tiges de qualité, elle pourrait être conjuguée avec une stratégie de mise en valeur de marchés de niche. Bien que les différentes facettes de l'approche ont été présentées de façon simultanée et intégrée, les facettes pourraient aussi être utilisées de façon isolée.

Dans un article soumis à la revue scientifique *Forestry*, nous nous sommes concentrés à démontrer qu'il est possible d'utiliser une approche de faible intensité axée sur la récolte de tiges de qualité sans procéder à un écrémage de la forêt. L'approche requiert toutefois que l'on abandonne l'idée absolue d'accroître la qualité des peuplements au profit de l'idée qui vise à maintenir la qualité des peuplements. La sortie prévue de cet article est Janvier 2014 et nous référons donc le lecteur à cet article pour approfondir sur cette facette de l'approche.

Dans le cadre de nos travaux précédents, nous avons commencé à développer une approche à faible impact basée sur l'utilisation de tyrolienne. Nous avons choisi cette approche, car c'est celle qui nous apparaît provoquer le moins d'impact sur les sols forestiers. Nous ne cherchons pas ici à comparer cette approche à d'autres méthodes (ex. : chevaux, machinerie très légère) et surtout pas à dénigrer ces approches. Nous sommes au fait que des approches utilisant des tyroliennes ont déjà été développées dans des milieux à très fort relief. Normalement, ces approches requièrent un appareillage lourd et complexe et transportent les tiges au-dessus de la forêt. Notre approche repose sur l'utilisation d'un appareillage souple qui transporte les billots récoltés entre les arbres du peuplement aménagé. Nous avons toutefois recensé un nombre important de lacunes à améliorer pour rendre l'approche plus intéressante au niveau opérationnel. Ainsi, le présent projet visait, en grande partie, à apporter des améliorations à l'approche que nous avons commencé à développer.

D'autre part, le projet visait également à vérifier dans quelle mesure une telle approche peut être rentable. Nous avons donc procédé, une fois les principales améliorations que nous avons pu effectuer, à un test de rentabilité. Ce test de rentabilité a été fait en considérant la valeur des billots ronds et la valeur des billots sciés. Ainsi, nous présentons dans ce rapport les principales améliorations apportées à l'approche et une évaluation de la rentabilité potentielle de l'approche.

### Retour sur le principe de base de l'utilisation de la tyrolienne

Le principe de l'utilisation de la tyrolienne est illustré, tel que nous l'avons utilisé, à la Figure 1. L'idée derrière l'utilisation de la tyrolienne est qu'en soulevant au départ le billot sur la tyrolienne, on retire une grande partie du poids de celui-ci pour son transport subséquent. Ce faisant, on économise énormément d'énergie, en plus de limiter les impacts au sol. La ligne de la tyrolienne doit être orientée de façon à se rendre le plus près possible du chemin forestier par lequel le bois sera transporté. Il est également nécessaire que l'axe, qui sera utilisé pour l'installation de la tyrolienne, tienne compte d'une pente naturelle descendante favorisant le transport des billots sur le câble. Quant à la tyrolienne elle-même, nous avons utilisé un câble synthétique Dyneema de 9,5 mm de diamètre. C'est un câble qui, en plus d'être très léger, permet l'application d'une très grande tension (plus de 2000 kg). Nous proposons toutefois d'utiliser un câble un peu plus gros qui permettra l'utilisation d'une tension encore plus élevée.



Figure 1: Illustration de l'utilisation de la tyrolienne pour extraire les billots du peuplement forestier.

## Les grandes étapes

Les grandes étapes de l'utilisation de la tyrolienne sont les suivantes :

1. Choix de la ligne de la tyrolienne et choix des tiges à récolter. Ces choix doivent être faits de façon simultanée. Il ne sert à rien d'installer une tyrolienne là où il n'y a que très peu d'arbres à récolter comme il ne sert à rien de choisir des arbres à récolter là où il sera impossible ou très difficile d'installer/utiliser une tyrolienne.
2. Abattage des arbres et débitage. Nous proposons de débiter en 7-8 pieds pour éviter des poids trop lourds.
3. Installation de la tyrolienne. Nous décrivons plus loin comment procéder à cette étape.
4. Installation de ponts qui servent à maintenir le câble de la tyrolienne en hauteur. Différents types de ponts peuvent être installés; nous y reviendrons plus loin. Cette étape pourrait aussi être exécutée après un premier essai de débusquage des billots pour voir les endroits les plus appropriés pour les installer.
5. Halage des billots vers la tyrolienne. Cette étape est exécutée avec le Portable Winch comme nous le verrons plus tard également.
6. Installation des chariots sur la tyrolienne suivie de la levée des billots (un à la fois évidemment) sur la tyrolienne.
7. Glissement du billot vers l'aval de la tyrolienne avec un ralentissement de la descente au besoin. Utilisation des ponts au besoin également.
8. Descente du billot de la tyrolienne une fois rendu à destination.

## Le matériel nécessaire

Le matériel nécessaire pour l'utilisation de la tyrolienne est présenté au Tableau 1. Nous estimons qu'un investissement d'environ 7 000 \$ est nécessaire. Ce montant peut paraître élevé, mais il l'est beaucoup moins que la machinerie normalement utilisée pour le débusquage. Le matériel présenté tient compte des améliorations qui suivent et des procédés que nous croyons les plus pertinents.

Tableau 1: Description de l'équipement nécessaire pour l'installation et l'utilisation de la tyrolienne

Item	Quantité	Utilité	Prix \$ (sans taxes)	Total	# produit ou modèle	Fournisseur Suggéré	Image
Sangle à cliquet	2	Hauban, répartition de la tension de l'arbre porteur de la tyrolienne sur autre(s) arbre(s)	30 \$	60\$		Diverses quincailleries	
Câble d'acier 5/8 avec crochets	66 pieds	Mettre tension dans tyrolienne	325 \$	325		Fournisseur du SUMO	
Caisson de transport du treuil	1		129 \$	129	PCA-0100	Portable Winch	

Récolte forestière à faible impact

Chaîne acier 6' + crochet	4	Attacher les billots sur les palans à chaîne	20	80		Diverses quincailleries	
Corde de retenue polyester double tresse 10mmx100m 3/8"	60m	Retenir billot lorsqu'il est monté avec les palans par une seule personne	30	30	PCA-1203M	Portable Winch	
Cône forestier	1	Hallage des billots avec le treuil	198 \$	198	PCA-1290	Portable Winch	
Corde Dyneema 3/8" diam	600 '	Tyrolienne, câble tendu sur lequel les poulies circulent	1260 \$ (2.10/pi ed)	1260	PCA-1230	Portable Winch	

## Récolte forestière à faible impact

Crochet d'acier	4	Accroché au tuyau et grosse manille	10 \$	40		Diverses quincailleries	
Crochet plat à œil 5/16"	2	Attacher câble de tyrolienne aux haubans	4 \$	8		Diverses quincailleries	
Manille 5/8"	10	Bouts tyrolienne et haubans	4 \$	40		Diverses quincailleries	
Mousqueton bloquant en acier	4	Attacher poulie aluminium à une sangle sur un arbre pour faire passer le câble de tyrolienne	20 \$	80			

Récolte forestière à faible impact

Mechanical jack (48' mais possible 60')	1 ou plus selon type terrain	Système de pont arrière	75 \$	75	ULT72484	Napa	
Palan à chaîne	4	Lever la bille, attacher billot sur poulies de la tyrolienne	175 \$	700		Napa	
Port-A-Wrap III Aluminium.	1	Contrôler la vitesse de descente d'un billot lourd	90 \$	90		Sécurité Landry	

## Récolte forestière à faible impact

Poulie simple (côtés oscillants acier inox 4" diamètre)	8	Chariot pour installer les palans et les déplacer sur le câble. Descendre la bille de bois	36 \$	296	PCA-1274	Portable Winch	
Poulie double pour tyrolienne (argent)  *option à poulie grise)	2	Déplacer le billot avec tyrolienne	60 \$	120	Petzl-Tandem speed	Sécurité Landry	
Sangle	8	Attacher hauban à un arbre	40 \$	320		Commerce spécialisé	

Sumo	1	Tendre le câble de la tyrolienne	1000 \$	1000		Fournisseur SUMO	
Tensiomètre	1	Mesurer la tension appliquée dans la tyrolienne	876 \$	760	Dillon Dynamomètre	Avery Weigh-Tronix ULC	
Treuil portable mécanique	1	Tirer corde	837 \$	837	PCW5000	Portable Winch	
Câble (40 m) pour portable winch	2	Sert pour le halage des billots	50	200			

Tuyau acier soudé avec deux crochets* diamètre 2-3cm longueur 30 cm	2	Système d'attache du câble de tyrolienne au câble d'acier. (Enrouler câble sans nœuds sur le tuyau).	60 \$	120		Soudeur local	
Climbing Treestand	1	Utilisé pour attacher du matériel en hauteur	325 \$	325		Summit <a href="http://www.summitstands.com">http://www.summitstands.com</a>	

## Les améliorations apportées

### La tension

La mise sous tension de la tyrolienne (dans notre cas, un câble Dyneema de 9.5 mm) a requis plusieurs améliorations. Nous voulions que cette mise sous tension soit rapide et sécuritaire.

### L'application de la tension

Après plusieurs semaines de recherche, nous avons trouvé un outil fort intéressant, le Sumo, qui est en quelque sorte un tire-fort puissant et robuste et qui permet de mettre une tension aussi élevée que 3000 kg sur un câble par la seule énergie humaine. Le Sumo est muni d'un câble d'acier de 5/8 pouce dont la longueur peut varier (30 m dans notre cas). Son principal désavantage est qu'il est lourd à transporter en forêt. Mettre la tension dans le câble, une fois toutes les autres étapes nécessaires énumérées ci-bas effectuées, prend environ 5 minutes. À noter qu'il serait possible de multiplier la tension appliquée par le Sumo en utilisant un système de poulies. Toutefois, il faudrait alors s'assurer que l'ensemble des autres composantes puissent aussi soutenir la tension appliquée.

### La mesure de la tension

Aussi après des semaines de recherche, nous avons déniché un tensiomètre permettant de mesurer la tension appliquée au câble. Le tensiomètre est robuste et permet d'appliquer et de mesurer une tension aussi élevée que 4000 kg. Contrairement à d'autres tensiomètres plus sophistiqués, la lecture de la tension se fait sur un cadran à 20 kg près. Des tensiomètres électroniques directement branchés sur un ordinateur sont disponibles mais sont beaucoup plus dispendieux et présentent une précision que nous n'avons pas besoin.

### L'attache en amont

Dans nos essais antérieurs, le câble de la tyrolienne était attaché sur des sangles, qui elles, étaient attachées directement sur les arbres pivot en amont et en aval de la tyrolienne. La tension était alors extrêmement forte sur les arbres qui avaient tendance à pencher avec le système racinaire vers la tyrolienne. Cela avait pour conséquence de briser les arbres pivots et de diminuer la tension dans le câble (puisque les arbres se rapprochaient l'un de l'autre). Maintenant, nous attachons une sangle au bas d'un arbre (l'arbre pivot-amont-racinaire) à laquelle nous attachons une manille. Avec cette manille, nous attachons le câble de la tyrolienne

(le bout avec l'œillet). Par la suite, le câble de la tyrolienne est introduit dans une poulie, elle-même installée toute en hauteur sur l'arbre pivot-amont-tronc. Cette façon de faire réduit sensiblement la force exercée sur l'arbre pivot-amont-tronc en la reléguant à l'arbre-pivot-amont-racinaire. Il est important toutefois que les deux arbres soient en santé et de bonne dimension. De plus, l'arbre pivot-amont-tronc ne doit pas présenter d'inclinaison, car la force exercée pourrait accentuer cette inclinaison et par le fait même briser l'arbre. Aussi pour s'assurer de ne pas briser l'arbre pivot-amont-tronc, un hauban (sangle à cliquet) est installé entre celui-ci et l'arbre pivot-amont-racine.

L'attache en aval est quelque peu plus complexe qu'en amont. D'abord, comme en amont, le câble de la tyrolienne passe aussi par une poulie installée sur une sangle, elle-même installée en hauteur sur l'arbre pivot-aval-tronc. Là où c'est un peu plus compliqué, c'est que les tyroliennes que l'on installe n'ont pas toujours la même longueur et qu'on ne peut avoir d'œillet pour attacher ce bout du câble. On ne peut pas faire de nœuds non plus, car cela briserait le câble et, en raison de la tension appliquée dans le câble, le nœud serait impossible à défaire et rendrait le câble inutilisable par la suite. Nous avons donc développé un outil muni a) d'une tige métallique sur lequel on exécute un nœud de tension (Figure 2) et b) de 2 œillets sur les lesquels on attache une manille auquel on viendra joindre le tensiomètre (Figure 3) puis le câble du Sumo (Figure 4). Cet outil, que nous nommons le joint de câbles, a été confectionné sur mesure pour nos besoins. Il présente l'énorme avantage de ne pas abîmer le câble. Un hauban est aussi installé pour s'assurer de ne pas briser l'arbre pivot-aval-tronc lorsque celui-ci ne présente pas un diamètre d'au moins 50 cm.



Figure 2: Démonstration de l'utilisation du joint de câbles



Figure 3: Démonstration du joint entre le tensiomètre et le joint de câbles



Figure 4: Démonstration du lien entre le câble du Sumo, du tensiomètre et du câble de la tyrolienne

### L'installation en hauteur

Après diverses recherches, nous avons réalisé que le siège d'affût auto-grimpant (utilisé par les chasseurs, Figure 5) est l'outil le plus facile à utiliser pour installer les sangles et les haubans

dans les arbres pivots-troncs. C'est aussi un outil sécuritaire s'il est utilisé selon les consignes, dont celle de toujours être attaché avec un harnais. Grimper dans un arbre pivot et y installer l'outillage nécessaire à la tyrolienne prend environ 10 minutes. Selon la disposition de la tyrolienne et du relief du terrain, il peut aussi être nécessaire de grimper en hauteur pour l'installation des ponts. Nous y reviendrons.



Figure 5: Utilisation du siège auto-grimpant pour installer le câble sur l'arbre aval-pivot

### Le halage des billots vers la tyrolienne

Lors de projets précédents, nous avons déjà utilisé le portable winch pour le halage des tiges vers la tyrolienne et nous en sommes toujours relativement satisfaits. Le principal problème que l'on rencontre toutefois avec cette méthode est que le glissement des billots au sol est parfois bloqué par des obstacles. Quand le halage était effectué à deux personnes, cela n'était pas trop problématique. Toutefois, pour une personne seule, cela peut ralentir considérablement le travail. Pour contrer ce problème, nous proposons d'installer une sangle munie d'une poulie à une hauteur d'environ 2 mètres sur un arbre près de la tyrolienne (Figure 6). Par la suite, le câble de halage du portable winch est passé par cette poulie avant d'être attaché au billot à

tirer. Cette façon de faire soulève l'avant du billot et permet d'éviter une bonne partie des obstacles au sol.



Figure 6: Installation d'une poulie en hauteur pour le halage des billots. À gauche, le câble est attaché au billot que l'on désire apporter sous la tyrolienne; à droite, le câble est attaché au Portable Winch

### La levée des billots

Dans le cadre de ce projet, nous avons testé deux façons de lever le billot sur la tyrolienne : la poulie auto-bloquante et le palan à chaîne. La poulie auto-bloquante présente l'avantage d'être rapide (Figure 7), surtout si on l'utilise de concert avec le portable winch car on peut à ce moment monter des charges très lourdes. Toutefois, le problème avec la poulie auto-bloquantes, c'est la descente du billot une fois arrivée à destination. Il est en effet très difficile de descendre le billot de façon sécuritaire avec la poulie auto-bloquante. La poulie auto-bloquante pourrait être préconisée pour des charges moins lourdes comme des résineux ou des feuillus de petits diamètres (ex. : en bas de 30 cm de diamètre).

Le palan à chaîne est un outil très bien adapté à la levée de lourdes charges, et ce, sans avoir à déployer une force physique extraordinaire (Figure 7). Par exemple, un homme seul peut soulever un billot d'érable de 45 à 50 cm de diamètre et de 3 m de longueur. Le palan à chaîne présente toutefois le désavantage d'être plus lent d'utilisation que la poulie auto-bloquante. Tant la descente que la levée du billot sont sécuritaires avec le palan à chaîne. La montée graduelle fait en sorte que le glissement vers l'aval du billot sur la tyrolienne peut être contrôlé si jamais on a oublié d'attacher le billot avant de le lever sur la tyrolienne. La descente, graduelle aussi, fait en sorte que l'on peut contrôler exactement où on veut déposer le billot, que ce soit sur la remorque qui le transportera par la suite ou encore, comme on le verra, sur la scierie portative.



Figure 7: Démonstration de deux outils pour soulever un billot sur la tyrolienne. À gauche, la poulie auto-bloquante et à droite, le palan à chaîne

## Les ponts et les charriots de transport

Nous rappelons que les ponts sont des endroits particuliers sur le câble de la tyrolienne où ce dernier est maintenu vers le haut afin d'éviter que les billots touchent le sol lors de leur descente. À moins d'avoir le matériel permettant d'appliquer une tension extrêmement élevée (et en supposant que les arbres pivots puissent supporter une telle tension), l'utilisation de ponts est absolument nécessaire.

Les ponts et les charriots de transport sont traités ensemble car ils sont dépendants les uns des autres.

### Les ponts avant et les charriots à flanc simple.

Cette approche consiste à installer des ponts permanents (pendant que la tyrolienne est installée) qui peuvent laisser passer des charriots à flanc simple. Le pont avant tire le câble de la tyrolienne vers le haut en tirant sur un côté du câble, laissant l'autre côté du câble pour le passage du charriot à flanc simple. Un charriot à flanc double ne pourrait passer ce pont, car il serait bloqué par la section du pont qui sert à tirer le câble vers le haut. L'approche du pont avant-charriot à flanc simple est élégante et semble prometteuse, mais de nombreux problèmes doivent être résolus pour en rendre son utilisation plus opérationnelle :

- a) Il est peu sécuritaire de monter les billots sur les charriots à flanc simple car ils peuvent tomber du câble de la tyrolienne (ce qui est impossible pour les charriots à double flancs).
- b) Si le charriot tombe, il est difficile d'aller le réinstaller en hauteur sur le câble de la tyrolienne.
- c) Lorsque le charriot transporte un billot très pesant, il se crée une dépression juste avant le pont (le câble en amont du pont se retrouve plus bas que le pont lui-même). L'opérateur se doit donc obligé de tirer sur le billot pour l'aider à passer le pont, ce qui peut s'avérer dangereux. D'abord, le billot peut rapidement se mettre à descendre une fois le pont passé, et l'opérateur de la tyrolienne doit absolument l'éviter. D'autre part, lors du passage du pont (par les deux charriots qui transportent le billot), le câble subit à cet endroit des différences de pression (du haut vers le bas) rapides. Ces différences

- de pression peuvent faire en sorte de faire tomber le charriot de la tyrolienne et de ce fait-même le billot transporté.
- d) Le pont, tel que nous l'avons fait faire, a tendance à briser le câble de la tyrolienne. Comme cela peut être dangereux et comme le câble lui-même est relativement dispendieux, c'est aussi un problème important.

Malgré le potentiel qu'offre cette approche, nous avons donc été contraints de l'abandonner pour le reste du présent projet.

### Les ponts arrière et les charriots à doubles flancs

Cette approche consiste à installer des ponts non-permanents qui sont « activés » en amont (donc en arrière) du billot lorsqu'il accroche par terre au cours de sa descente (exemple : Figure 7). On peut utiliser des charriots à flanc simple ou à double flancs avec ce type de pont mais comme ceux à double flancs sont plus faciles et sécuritaires à utiliser, ce sont ceux que nous avons privilégiés. Dans le cadre du présent projet, nous avons utilisé deux types de pont arrière :

Le premier pont arrière utilisé est tout simplement un cric de ferme qui permet de soulever le câble de la tyrolienne en arrière du billot. Cette méthode est utile quand les billots frottent le sol sur de courtes distances le long de leur descente car il soulève le câble de façon limitée (1 m). Son emploi est facile et flexible.

Le second type de pont utilisé est celui du pont suspendu qui consiste à accrocher, haut dans un arbre, un palan à chaîne (un palan à corde pourrait aussi sans doute être utilisé) de façon à soulever le câble en amont du billot afin de l'aider à reprendre sa course vers le bas (Figure 8). Le pont suspendu a une efficacité plus grande que celle du pont à cric car il permet de soulever davantage le câble de la tyrolienne. Ainsi, une fois actionné, ce pont peut permettre au billot de reprendre sa course sur une longue distance. L'installation de tels ponts est plus longue et nécessite bien évidemment la présence d'arbres de dimension suffisante à proximité.

Bien que les ponts arrière apparaissent plus rudimentaires que les ponts avant, nous croyons qu'il demeure possible d'élaborer des ponts arrière qui seraient plus sophistiqués et peut-être plus faciles d'utilisation que ceux auxquels nous avons pu penser.

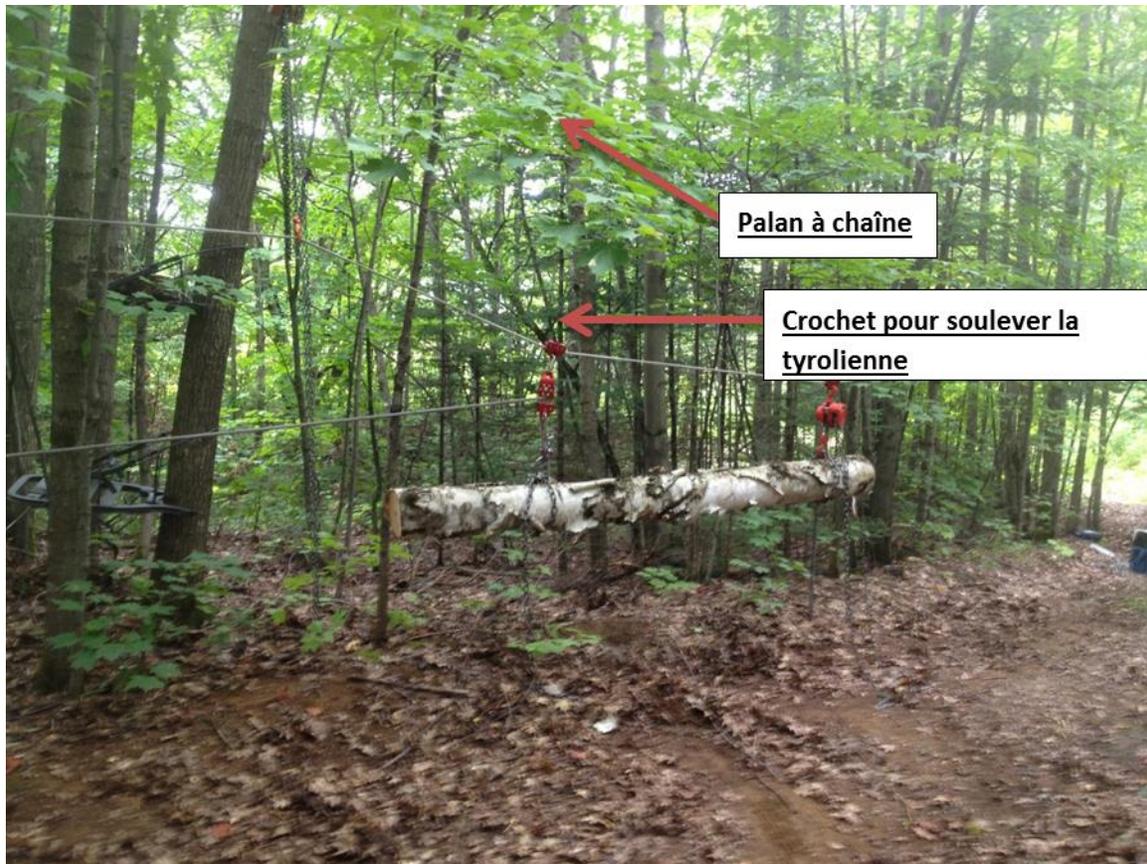


Figure 8: Démonstration de l'utilisation du pont arrière

### Le contrôle de la descente vers l'aval

Lorsqu'un billot roule vers l'aval de la tyrolienne et qu'il n'y pas d'obstacle pour l'arrêter, il faut ralentir son déplacement, car l'arrêt brusque au bout de la tyrolienne par exemple peut entraîner des bris de matériel. Ainsi, lorsque l'on soulève un billot sur la tyrolienne, il faut que celui-ci soit attaché par un câble (câble de descente) à un objet fixe. Le meilleur objet fixe que nous ayons trouvé est un petit arbre (ex. 10 cm de diamètre) tronqué à une hauteur d'environ 60 cm (Figure 9). Le câble de descente est d'abord tout simplement enroulé autour de l'arbre tronqué jusqu'à la fin de la montée sur la tyrolienne (à l'aide du palan à chaîne). Une fois la montée sur la tyrolienne terminée, on peut permettre au billot d'entreprendre lentement son glissement vers l'aval en déroulant graduellement le câble de descente. Une tension sur le câble de descente doit être maintenue tout au long de la course du billot vers l'aval. Le câble de descente doit être assez long pour permettre de contrôler le billot jusqu'au prochain obstacle (ou pont); un câble d'une cinquantaine de mètres nous est apparu suffisant.



Figure 9: Démonstration de l'utilisation d'une gaule tronquée pour ralentir la descente d'un billot. À droite, le câble est attaché au billot monté sur la tyrolienne. C'est par ce nœud de friction que le billot est retenu. En tirant vers le haut, le nœud se défait graduellement.

## L'organisation du travail

Dans le cadre de projets précédents, nous avons remarqué que l'organisation du travail d'équipe était loin d'être optimale pour le débardage des tiges sur la tyrolienne. Alors que certaines parties du travail s'exécutent de façon plus efficace à deux personnes (ex. : le halage des billots vers la tyrolienne avec le portable winch), d'autres peuvent très bien se faire seul (ex. : retenir le billot lors de sa descente). Il n'est pas possible non plus de séparer le travail avec un travailleur en amont et un autre en aval, car les deux travailleurs auraient beaucoup de temps d'attente (non productif). De plus, l'optimisation de l'organisation du travail d'équipe s'avère difficile car les conditions de terrain sont très variables. Par exemple, pour une même longueur de tyrolienne, un terrain peut nécessiter 2 ponts alors qu'un autre n'en nécessitera qu'un. Étant donné cette variabilité, nous avons conclu qu'il était impossible de développer une méthode de travail d'équipe qui soit optimale dans toutes les conditions. Ainsi, l'ensemble de l'approche a été conçue de façon à ce qu'une personne seule puisse exécuter toutes les tâches;

cette personne n'a donc pas de temps d'attente. Pour des raisons de sécurité et pour éviter qu'un travailleur se retrouve isolé en cas d'incident, il pourrait être pensé que, dans un contexte plus opérationnel, deux travailleurs opèrent chacun une tyrolienne côte à côte (ex. séparées de 50 m).

### Le câble

Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé un câble synthétique de la marque Dyneema. Il existe une panoplie de câbles synthétiques sur le marché, mais comme ils sont très dispendieux nous n'avons pas pu en tester plusieurs. Nous ne prétendons aucunement que nous avons utilisé le câble le plus adapté à nos besoins. Toutefois, de toute évidence, les câbles synthétiques sont beaucoup plus adaptés que les câbles d'acier, car ils sont beaucoup plus légers et plus sécuritaires en cas de bris.

### La sécurité

La sécurité dans l'utilisation de l'approche est essentielle et a constamment fait partie de nos préoccupations dans le développement de l'approche. **Malgré nos efforts, nous sommes d'avis que l'approche n'a pas encore un niveau de sécurité lui permettant d'être utilisée de façon opérationnelle.** Avant de pouvoir être utilisée, nous croyons qu'elle devra être soumise à un processus rigoureux de santé et sécurité. Aussi, bien que l'approche peut paraître attrayante, **nous décourageons fortement l'utilisation de l'approche avant qu'elle n'ait été soumise à un tel processus.**

### Potentiel et développement

Nous aurions aimé, à la fin de ce projet, arriver avec une méthodologie d'utilisation de tyrolienne finale. Nos premiers tests avec l'approche des poulies à flanc simple nous ont d'ailleurs laissé croire pendant un certain temps que nous en étions arrivés là. Il demeure, qu'avec des moyens somme toute limités, nous avons grandement amélioré l'approche. Nous avons grandement amélioré tout le processus qui permet de mettre une tension connue, élevée et sécuritaire sur la tyrolienne. Peut-être est-il encore possible d'améliorer cette partie de l'approche (en mettant davantage de tension avec un outillage plus gros), mais il n'est pas certain que les arbres en place pourraient tenir le coup. Il demeure que, peu importe la tension appliquée à la tyrolienne, le poids d'un billot de bois aura toujours pour effet de tirer le câble de la tyrolienne vers le bas et la présence de ponts s'avèrera toujours essentielle aussitôt que l'on

voudra transporter de lourds billots sur de longues distances. Nous croyons que l'activation automatique des ponts arrière, telle l'ouverture de porte de garages, constitue un potentiel de développement intéressant pour rendre l'approche plus productive et pour une utilisation de plus grande envergure.

Enfin, il est important de spécifier que dans le concept de l'approche à faible impact, l'approche par tyrolienne n'est pas une fin en soi, mais un moyen. Ainsi, nous croyons que d'autres moyens, inspirés ou non par nos travaux, pourraient s'inscrire dans l'approche à faible impact.

## L'analyse de rentabilité

L'analyse de rentabilité que nous avons effectuée dans le cadre de ce projet doit être interprétée comme une analyse exploratoire. Une analyse détaillée et complète d'une approche sylvicole doit considérer l'ensemble des coûts reliés à l'utilisation de l'approche (de la planification, à la construction de chemin jusqu'au transport des billes) et son intégration dans un plan d'aménagement forestier. La présente analyse n'est pas entrée dans ce niveau de détails. Par ailleurs, tel que mentionné en introduction, nous avons procédé à une double analyse : une première qui tient compte de la valeur des billes vendues et une seconde qui tient compte de la valeur des billes une fois sciées.

## Méthodologie

Le site d'expérimentation est situé dans une érablière mature (autrefois utilisée pour l'acériculture) à Ripon en Outaouais. La première étape fut d'identifier des tiges de qualité sciage le long d'une ligne potentielle pour l'installation de la tyrolienne. Au total sept érables de 40 à 50 cm de diamètre ont été martelés et abattus. Un total de 29 grumes (qualité sciage) d'une moyenne de 7 pieds de longueur ont été extraites de ces érables. Cette courte longueur, en diminuant le poids de la grume, facilite le transport par la tyrolienne.

Une fois les arbres abattus et débités en grumes, la tyrolienne a été installée tel qu'expliqué précédemment. Il est en effet préférable d'installer la tyrolienne une fois les arbres abattus afin d'éviter qu'un arbre tombe sur le câble de la tyrolienne. Au total, 15 grumes furent débusquées par la tyrolienne, déposées sur une remorque pour ensuite être vendues à une usine de sciage. Les 14 autres grumes furent aussi débusquées par la tyrolienne mais ont été déposés sur une scierie portative, puis sciées en planches de 1 à 2 pouces d'épaisseur en tentant d'optimiser la valeur de celles-ci.

Le temps pour abattre les arbres et les débiter, débusquer les grumes par la tyrolienne, les charger sur la remorque (ou la scierie portative), les transporter (en billots ou en grumes) a été soigneusement noté. Pour les grumes en billot, nous avons obtenu une valeur directement de l'usine de sciage. Pour les grumes en planches, nous avons obtenu une valeur pour chaque planche auprès d'un séchoir. Cette valeur correspond au prix qu'un grossiste pourrait offrir pour les planches en non pas la valeur finale auprès du consommateur. Ainsi, la méthodologie utilisée

permet d'évaluer le gain ou la perte reliée à une transformation en forêt par rapport à une vente des grumes directement à l'usine de sciage.

## Résultats

Nous avons obtenu une valeur totale de 368 \$ pour les grumes vendues à la scierie (Tableau 2). La valeur des billots est dépendante, bien évidemment, de leur qualité et de leur volume. Quant aux grumes que nous avons sciées, nous estimons leur valeur, selon la qualité et le volume, à 250 \$ (Tableau 3). Cette différence de valeur s'explique à la fois par un plus faible volume et une plus faible qualité des billes choisies pour être sciées sur la scierie portative. La valeur des billots, obtenue par la somme de la valeur des planches pour chacun de ceux-ci, est de 413\$. Il est important de noter, d'une part, la faible valeur de certains billots une fois sciée et, d'autre part, que l'augmentation de la valeur des grumes sciées par rapport aux grumes rondes est très hétérogène. Cela s'explique de toute évidence par la difficulté à établir de façon précise le lien entre l'apparence externe d'une grume et la qualité des planches que l'on peut en retirer.

Tableau 2: Valeur des billots vendus à l'usine de sciage

Qualité	Volume net (Pmp Roy)	Valeur
S1	50	23.75 \$
S1	59	28.03 \$
S1	69	32.78 \$
S1	42	19.11 \$
S1	50	22.75 \$
S1	53	24.11 \$
S2	35	14.88 \$
S2	51	21.68 \$
SE	50	27.50 \$
S1	48	21.84 \$
S2	50	21.25 \$
S2	59	25.08 \$
S2	73	31.02 \$
S2	59	25.07 \$
S2	69	29.33 \$
<b>Total</b>	<b>817</b>	<b>368.18 \$</b>

Tableau 3: Valeur, pour les grumes sciées sur la scierie portative, brutes et une fois sciées

Qualité	Volume net (Pmp Roy)	Valeur	Scié vert
SE	59	32.45	60.75 \$
Prime	69	44.85	59.11 \$
SE	50	27.5	36.02 \$
S1	42	18.9	30.44 \$
S2	40	17	22.32 \$
S4	24	3.6	19.75 \$
S2	50	21.25	32.74 \$
S4	79	11.85	57.93 \$
S2	28	11.9	17.23 \$
S4	22	3.3	13.83 \$
S3	22	6.6	9.66 \$
S4	22	3.3	6.15 \$
S1	35	15.75	9.59 \$
SE	59	32.45	37.57 \$
<b>Total</b>	<b>601</b>	<b>250.7</b>	<b>413.08 \$</b>

Le nombre total d'heures nécessaires pour apporter les grumes à l'usine (à partir de l'abattage) est estimé à 36,4 heures/Mpmp. Le nombre d'heures nécessaires pour apporter un volume brut équivalent transformé en planches à un grossiste est estimé à 88,2 heures (Tableau 4). Le débusquage à partir de la tyrolienne (qui comprend l'installation de la tyrolienne et le halage des grumes vers la tyrolienne) est estimé à environ 10,5 heures/Mpmp. Les autres étapes sont différentes selon que l'on envoie directement à l'usine de sciage ou que l'on scie directement en forêt. Dans le premier cas, le chargement et le transport des grumes constituent l'essentiel du travail. Dans le second cas, c'est le sciage des tiges qui constituent l'essentiel du travail bien que le transport constitue aussi un aspect important.

Tableau 4: Nombres d'heures consacrées à l'extraction et ou la transformation des grumes selon les procédés utilisés

Activité	Grumes expédiées à l'usine		Grumes sciées en forêt	
	Réalisé	Amélioration potentielle	Réalisé	Amélioration potentielle
Installation tyrolienne	4.2	4.2	4.2	4.2
Abattage et débitage	6.3	6.3	6.3	6.3
Débusquage et débardage (Billot)	10.2	10.2	10.2	10.2
Chargement (Billots)	4.6	0.4		
Transport aller/retour (Billots)	11.0	5.5		
sciage de grume			58.2	17.5
Chargement et déchargement (grossiste)			2.5	0.3
Transport au grossiste (aller/retour)			6.7	6.7
Total (heures-Mpmp)	36.4	26.7	88.2	45.3

Le technicien qui a effectué l'ensemble des travaux a par contre évalué que des améliorations dans les processus des deux approches pouvaient être apportées (Tableau 4). Dans l'approche traditionnelle de transport du bois à l'usine, un équipement plus adapté permettrait de diminuer grandement le temps de chargement et de transport de telle sorte que le nombre d'heure pourrait être diminué à 26,7 heures (au lieu de 36,4). Dans le cas de l'approche avec la scierie portative, une amélioration du système de transport couplée à l'utilisation d'une scierie portative plus performante permettrait de diminuer le nombre d'heures nécessaires à 45,26 heures (au lieu de 88,2 heures). Il aurait aussi été possible de considérer des améliorations quant au nombre d'heures nécessaires pour l'installation de la tyrolienne. En effet, plus le nombre d'arbres récoltés est élevé, plus le nombre heures d'installation sera amorti par arbre récolté.

À partir des produits des ventes (grumes rondes ou sciées) et du nombre d'heures nécessaires pour chacun des processus et aussi de quelques autres dépenses non présentées (essence, huile, délignage etc.), il est possible d'évaluer le salaire horaire d'un technicien forestier qui effectuerait l'ensemble des tâches (Tableau 5). Il en ressort, que tel que réalisé, les salaires horaires seraient très faibles. Il est donc impératif d'améliorer les processus utilisés, que ce soit pour le transport ou pour la transformation. De façon surprenante, il semble moins intéressant de transformer les billes que de les vendre rondes. Cela s'explique par la faible valeur de certaines billes et aussi par la faible valeur de l'érable sur le marché quand le bois n'est pas de la

plus grande qualité (sélect). Par contre, si le technicien ne s'attardait qu'à scier les grumes de plus grande valeur, il pourrait s'en tirer avec un salaire plus convenable (plus de 17\$/heure).

Tableau 5: Salaires horaires réalisés et potentiels en fonction des processus d'extraction/transformation

Processus d'extraction/transformation	Salaire horaire
Grumes vendus à l'usine, réalisé	11.20 \$
Grumes vendues à l'usine, potentiel	14.95 \$
Grumes sciées en forêt, réalisé	6.24 \$
Grumes sciées en forêt, potentiel	11.55 \$
Meilleures grumes sciées en forêt, potentiel	17.10 \$

### Discussion et conclusion

Dans le cadre de ce projet, nous avons poussé plus loin l'approche de sylviculture à faible impact que nous avons commencé à élaborer dans une étude précédente. Avec le présent projet, nous arrivons à un stade de développement de l'approche du débusquage par tyrolienne qui est intéressant au stade semi-opérationnel. Nous entendons par semi-opérationnel que l'approche peut être utilisée de façon relativement efficace, sans demander d'efforts humains exceptionnels. Elle pourrait surtout être utilisée par des propriétaires de forêts privées qui sont davantage intéressés par le faible impact de l'approche que par sa rentabilité financière. **Il est important aussi de rappeler que l'approche ne doit pas être utilisée avant qu'elle ne soit validée en termes de sécurité.**

Pour rendre l'approche par tyrolienne davantage opérationnelle, il sera important de développer des outils automatisés pour certaines étapes de l'approche. Par exemple, comme nous l'avons déjà mentionné, si les ponts arrière pouvaient être actionnés automatiquement quand les grumes rencontrent un obstacle au sol, cela constituerait un grand pas en avant. De même, si la descente de la grume de la tyrolienne, une fois rendue à destination, pouvait être automatisée, cela constituerait aussi une avancée majeure. De telles avancées requièrent toutefois que des organisations spécialisées (privées ou publiques) dans le développement de machinerie forestière investissent des efforts dans le développement de l'approche ou d'approches semblables.

Le présent projet a aussi mis en relief la difficulté de joindre la sylviculture, les opérations forestières et la transformation du bois. Ces trois grandes branches sont trop souvent

cloisonnées. Il demeure que nous avons pu réaliser qu'il est très peu logique d'abattre des arbres dont la valeur des produits (les planches dans notre cas) ne sera que très faible. Nous croyons que pour une intégration adéquate de la sylviculture jusqu'à la transformation en planches, le technicien forestier devrait même savoir quels sont les produits (seconde et troisième transformation) qu'il est prévu fabriquer à partir de ces planches. De cette connaissance, il pourra mieux identifier les arbres à abattre et les grumes à scier.

Même si l'approche que nous avons développée n'est pas entièrement opérationnelle, nous croyons, une fois sa sécurité assurée, qu'elle pourrait être intéressante pour compléter les opérations forestières conventionnelles. Par exemple, nous croyons qu'elle pourrait être utilisée dans les endroits plus sensibles pour la villégiature ou plus sensibles écologiquement (ex. pentes fortes). Nous croyons aussi que l'approche qui conjugue débusquage par tyrolienne et sciage en forêt pourrait être utile pour aménager les peuplements dits orphelins. La conjugaison des deux approches fait en sorte qu'il est possible d'envisager l'aménagement de ces peuplements avec des investissements pour les chemins forestiers beaucoup moindre que lors des aménagements conventionnels.

Nous sommes conscient que plusieurs des idées développées dans ce projet sont à contre-courant : axer la récolte sur les tiges de qualité, utiliser une méthode de débusquage moins productive mais à moindre impact, etc. Nous ne croyons pas d'ailleurs que les méthodes présentées puissent à court ou moyen termes remplacer les méthodes conventionnelles. Toutefois, nous croyons qu'à long terme, ces idées sont porteuses de changements dans nos façons d'intervenir en forêt.