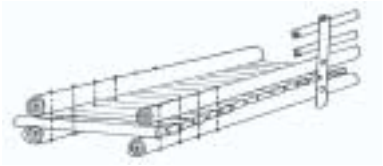
Pont simple en bois ronds assemblés

Passerelles piétonnes, accès privés ou passages provisoires



Willi Eyer, Ingénieur forestier EPF
Daniel Christinaz, Technicien (illustrations)
Jean Cyril Favre, Ingénieur forestier EPF (traduction)

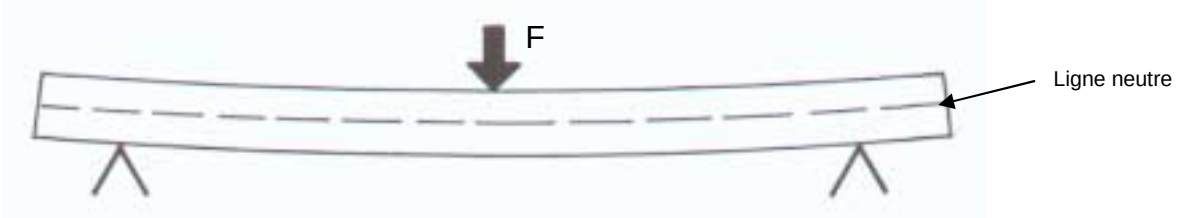
1. Introduction

Il existe plusieurs bonnes publications et de nombreuses expériences pratiques sur la construction de ponts simples en bois d'une largeur de 1 à 3 m et d'une portée de 2 à 10 m, pour lesquels tous les éléments sont en bois ronds, y compris les poutres porteuses. Leur résistance n'est cependant que rarement abordée, alors qu'elle est l'un des principaux points faibles des poutres en bois ronds.
Le présent document illustre une nouvelle idée simple qui améliore grandement ce problème. Il s'adresse aux spécialistes disposant d'une expérience pratique, tout particulièrement aux forestiers et aux bûcherons.

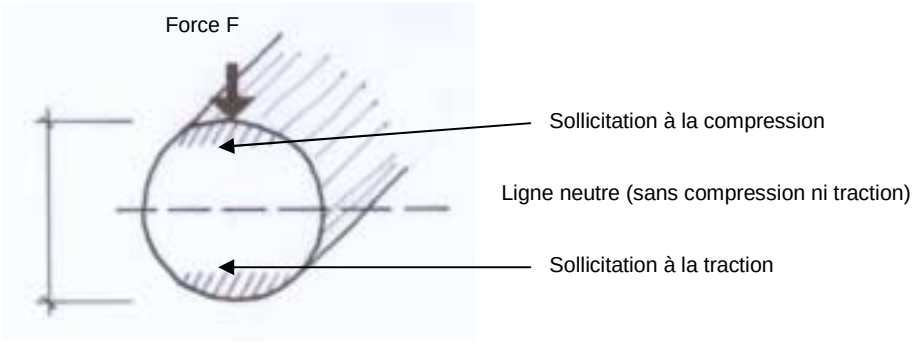
Dans le cas des ponts importants et fortement sollicités, il est en général recommandé d'utiliser des éléments porteurs en acier (types HEA ou HEB) et de limiter l'utilisation du bois à la construction d'un tablier relativement facile à remplacer. Pour les petites passerelles piétonnes, les accès privés et les passages provisoires, où les coûts doivent rester minimums, l'utilisation de poutres en rondins reste cependant une option. Ce choix peut également être influencé par des difficultés d'accès au chantier ou des aspects esthétiques ou écologiques.

2. Moment de résistance d'une poutre

La force de résistance d'une poutre est d'autant plus grande que les parties de la poutre soumises à la compression et à la traction sont éloignées de la ligne neutre, où ne s'exercent ni traction ni compression. Ce principe est concrétisé de manière simple dans le cas des poutres acier à profil en T double de type HEA ou HEB.
Un bois rond est dans ce sens très défavorable, la majeure partie de la section de la poutre se trouvant à proximité immédiate de la ligne neutre. Le moment de résistance pour une section ronde est $W_y = D^3 \times Pi / 32$ (où D = diamètre de la section), ou de manière simplifiée environ $0.1 \times D^3$.



Illustr. 1: Déformation d'une poutre en rondin sous l'effet d'une force F et ligne neutre

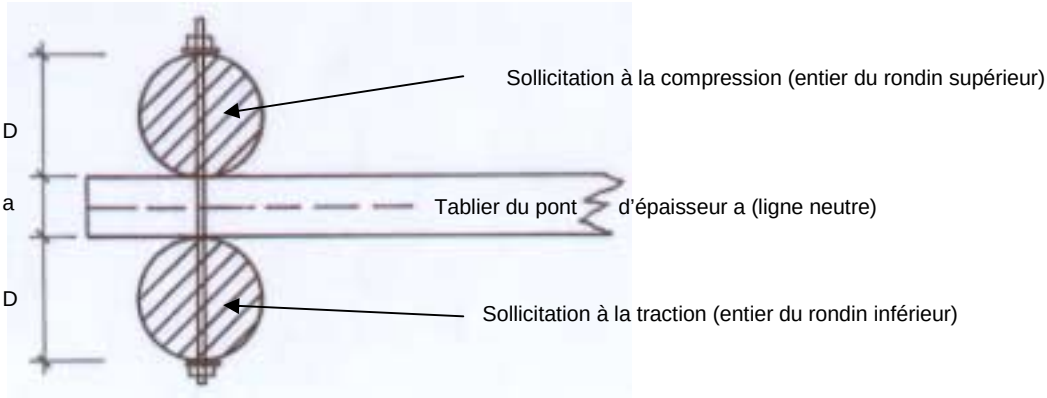


Illustr. 2: Section et moment de résistance d'une poutre en bois ronds

3. Poutre double en bois ronds assemblés

Deux rondins superposés et assemblés de manière rigide influencent grandement le moment de résistance: non seulement la section est naturellement doublée, mais surtout la répartition des bois autour de la ligne neutre est très nettement améliorée. La distance des deux rondins par rapport à la ligne neutre est encore augmentée par l'insertion du tablier, ce qui d'une part simplifie la construction en elle-même et d'autre part augmente d'autant plus la résistance. D'autres effets positifs accessoires sont :

- L'intégration directe des bordures latérales.
- La fixation des montants de la balustrade à ces deux éléments rigides est grandement facilitée.



Illustr. 3 Section d'une poutre double mixte en bois rond

Il est alors fondamental que l'assemblage soit rigide, pour que le moment de résistance – en admettant a = 1/3 D (par ex. diamètre du rondin 30 cm, plateau du tablier 10 cm) – puisse être calculé de manière approximative selon : (Formule de Steiner, selon A. Böll):

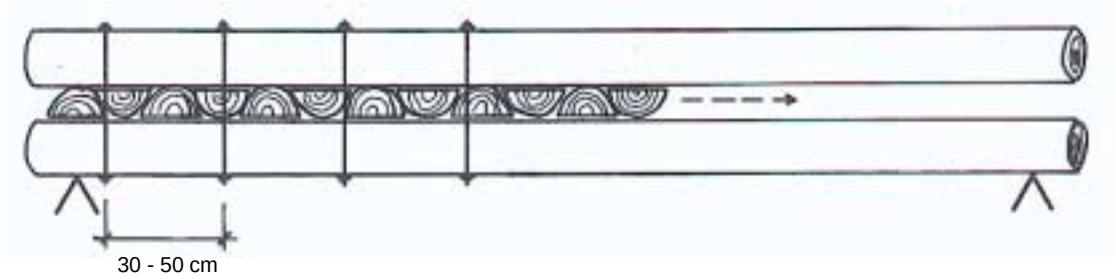
$W_y = 73\ Pi\ D^3 / 336 = \text{env. } 0.68\ D^3$

On obtient alors un moment de résistance env. 7 fois plus grand et non pas seulement 2 fois plus grand, que lors de l'utilisation simple de deux rondins parallèles !

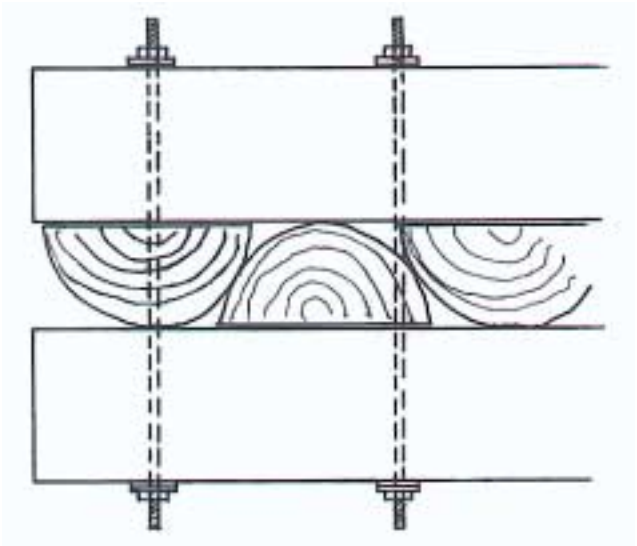
Grâce à ce type de construction, le basculement de cette construction assemblée en cas de charge n'est pas possible, alors que des profils métalliques HEA ou HEB nécessiteraient d'être assurés contre le basculement ou la torsion.

4. Liaisons

L'assemblage doit se faire à l'aide de tiges filetées (D min. = 12 mm à 20 mm selon les dimensions du pont). L'écart doit être de 30 - 50 cm ; plus la charge attendue est grande plus l'écart doit être petit. Il est très important que les rondelles d'appui soient larges et massives (min. 40 mm), les tiges filetées pouvant être fortement sollicitées en cas de charge importante et les écrous risquant de s'enfoncer dans le bois. Il faut absolument éviter d'entailler les rondins de quelque façon que ce soit pour éviter d'en affaiblir la résistance !



Illustr. 4: Répartition des liaisons avec tiges filetées



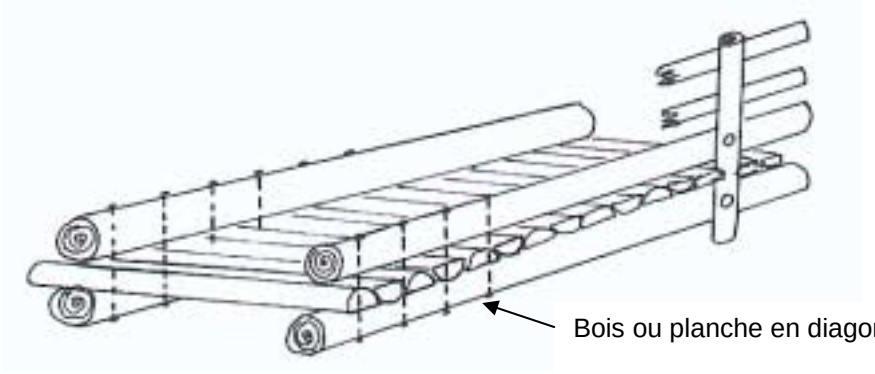
Illustr. 5: détail de l'illustr. 4

5. Construction

Il est fortement recommandé de procéder au montage de la totalité du plateau directement à proximité de son emplacement définitif.
Afin de faciliter les travaux sur le dessous du tablier (percement des trous, vissage) et d'améliorer la hauteur de travail, les deux rondins inférieurs, proprement écorcés, doivent être posés sur des étais.

Sur cette base est alors montée le tablier, composé de rondins de diamètre min. 10 cm ou à la rigueur de demi-rondins ou de bois équarris. Des rondins entiers ne se prêtent pas en tant que platelage définitif pour des raisons de sécurité, ceux-ci étant extrêmement glissant en cas d'humidité. La largeur et l'épaisseur des traverses dépendent du but d'utilisation du pont. Si le pont doit servir de chaussée à des véhicules, son épaisseur doit être calculée (20 cm suffisent - sans calculs - pour un véhicule normal et une largeur de chaussée de 2 m). Les traverses doivent être au minimum 10 cm plus longues que la distance entre les poutres.
Les différences de hauteur le long de la ligne de pose de la deuxième poutre doivent être égalisées au mieux en rabotant les traverses (tester avec une ficelle). Afin de freiner la décomposition, les côtés entaillés doivent à la fin se situer sous le pont ; le plateau devra donc être retourné avant sa pose.
La seconde poutre, qui doit présenter les mêmes dimensions que la première, est alors posée et si nécessaire fixée de manière provisoire. La queue du rondin doit être croisée avec celle de la poutre inférieure. Les trous à l'aide d'une perceuse, d'un diamètre légèrement inférieure par rapport aux tiges filetées, s'effectuent au possible au milieu de la poutre et à travers l'entier du „sandwich", selon illustr. 3 et 4. Les traverses peuvent être percées à n'importe quel endroit. Une mise en place et un vissage au fur et à mesure des tiges filetées diminuent tout problème de précision des trous.

Après le fastidieux serrage de toutes les tiges filetées, le plateau est terminé et rigide. Afin d'éviter un décalage horizontal durant la manipulation du plateau, il est recommandé de clouer ou de visser au minimum un bois en diagonal sur le plateau. Celui-ci peut alors être tourné, à l'aide d'un câble ou d'une machine, porté sur les appuis et ajusté de manière définitive. Autour de leurs extrémités, les poutres ne doivent pas être en contact direct avec la terre (par exemple habillage avec des pierres).
Les montants des balustrades peuvent être au préalable vissés aux deux poutres, tout en prenant garde à utiliser des vis suffisamment longues. Toute finition nécessitant des entailles doit se faire sur les montants et non sur les poutres ! Les traverses du plateau, situées à l'endroit même de la fixation des montants de la balustrade seront sciées aussi précisément que possible, le coincement des montants entre les traverses améliorant la stabilité générale de la barrière.



Illustr. 6: schéma du plateau

6. Dimensionnement et aptitude au service

6.1 Dimensionnement

La tabelle ci-dessous fournit des indications sur la portance de cette construction. On admet alors une charge ponctuelle au milieu du pont avec répartition uniforme de la charge sur les deux poutres. Le poids propre du pont est pris en compte pour une largeur de 2 m. Il s'agit de valeurs approximatives ; elles correspondent environ à la charge admissible par axe d'un véhicule. Dans la réalité, une charge donnée se répartit sur l'entier du pont et non seulement à son milieu (personnes, écart entre les axes d'un véhicule), ce qui augmente le facteur de sécurité. Les valeurs n'ont pas été testées en fonction de la flèche admissible, ce qui au vu des faibles portées et du type de construction n'apparaît pas nécessaire.

Tab. 1 : Pont en bois avec deux poutres doubles assemblées
Portance estimée en tonnes (charge maximale au milieu du pont)

	Portée du pont (distance entre les appuis)								
Diamètre	2 - 3 m	3 - 4 m	4 – 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m	7 - 8 m	8 - 9 m	9 - 10 m	10 - 11 m
16 - 18 cm	7.3	5.1	3.8	3.0	2.3	1.9	1.5	1.2	0.9
18 - 20 cm	10.2	7.1	5.4	4.2	3.4	2.8	2.3	1.8	1.5
20 - 22 cm	13.8	9.7	7.3	5.8	4.7	3.9	3.2	2.7	2.2
22 - 24 cm	18.2	12.8	9.7	7.7	6.3	5.2	4.4	3.7	3.1
24 - 26 cm	23.4	16.5	12.6	10.0	8.2	6.8	5.8	4.9	4.1
26 - 28 cm	29.6	20.8	15.9	12.7	10.5	8.8	7.4	6.3	5.4
28 - 30 cm	36.7	25.9	19.8	15.9	13.1	11.0	9.4	8.0	6.9
30 - 32 cm	44.9	31.7	24.3	19.5	16.1	13.6	11.6	10.0	8.7
32 - 34 cm	54.2	38.3	29.4	23.6	19.6	16.6	14.2	12.3	10.7
34 - 36 cm	64.7	45.8	35.2	28.3	23.5	19.9	17.1	14.8	13.0
36 - 38 cm	76.5	54.2	41.6	33.6	27.9	23.7	20.4	17.7	15.5
38 - 40 cm	96.7	68.6	52.8	42.6	35.5	30.2	26.1	22.7	20.0

Diamètre : Diamètre des deux poutres en rondins écorcés au milieu du pont. Le diamètre des rondins peut quelque peu diminuer à proximité des appuis, sans pour autant réduire la portance.

Portance : Le poids propre du pont est pris en compte sur la base d'une largeur d'environ 2 m.
Le poids spécifique du bois considéré est de 800 kg/m3, la contrainte de traction de 7 N/mm2.

A titre de comparaison, les valeurs analogues pour une couche simple de rondins sont données ci-dessous.

Tab. 2: Pont en bois avec deux poutres non assemblées
Portance estimée en tonnes (charge maximale au milieu du pont)

	Portée du pont (distance entre les appuis)								
Diamètre	*2 - 3 m*	*3 - 4 m*	*4 - 5 m*	*5 - 6 m*	*6 - 7 m*	*7 - 8 m*	*8 - 9 m*	*9 - 10 m*	*10 - 11 m*
16 - 18 cm	*0.9*	*0.5*	*0.3*	*0.1*	*0.0*	*-0.1*	*-0.2*	*-0.3*	*-0.4*
18 - 20 cm	*1.3*	*0.8*	*0.5*	*0.3*	*0.1*	*0.0*	*-0.2*	*-0.3*	*-0.4*
20 - 22 cm	*1.8*	*1.2*	*0.8*	*0.5*	*0.2*	*0.1*	*-0.1*	*-0.3*	*-0.4*
22 - 24 cm	*2.4*	*1.6*	*1.1*	*0.7*	*0.4*	*0.2*	*0.0*	*-0.2*	*-0.4*
24 - 26 cm	*3.2*	*2.1*	*1.4*	*1.0*	*0.6*	*0.4*	*0.1*	*-0.1*	*-0.3*
26 - 28 cm	*4.0*	*2.7*	*1.9*	*1.3*	*0.9*	*0.6*	*0.3*	*0.0*	*-0.2*
28 - 30 cm	*5.0*	*3.4*	*2.4*	*1.7*	*1.2*	*0.8*	*0.5*	*0.2*	*-0.1*
30 - 32 cm	*6.2*	*4.2*	*3.0*	*2.2*	*1.6*	*1.1*	*0.7*	*0.4*	*0.1*
32 - 34 cm	*7.5*	*5.1*	*3.7*	*2.7*	*2.0*	*1.5*	*1.0*	*0.6*	*0.2*
34 - 36 cm	*9.0*	*6.1*	*4.5*	*3.3*	*2.5*	*1.9*	*1.3*	*0.9*	*0.5*
36 - 38 cm	*10.7*	*7.3*	*5.4*	*4.0*	*3.1*	*2.3*	*1.7*	*1.2*	*0.7*
38 - 40 cm	*13.5*	*9.3*	*6.9*	*5.3*	*4.1*	*3.1*	*2.4*	*1.7*	*1.2*

Les valeurs négatives signifient que ce dimensionnement n'est pas admissible. Les poutres se cassent théoriquement déjà de par le poids propre du pont, en admettant une contrainte de traction admissible de 7 N/mm2 pour le bois. En cas de grandes portées, le facteur 7 d'amélioration de la portance par ce type de construction assemblée diminue en conséquence directe du poids propre de l'ouvrage.

6.2 Durée de vie

La durée de vie minimale de cette construction est de 10 ans, bien que l'on puisse compter sur une durée de vie de 15 à 20 ans. Le processus d'altération est principalement dû à la décomposition du bois, laquelle peut fortement varier en fonction de l'essence, du matériel de base, des conditions climatiques locales et du mode de construction. Lorsque la pourriture de surface des poutres atteint plusieurs centimètres, des mesures d'entretien voire le remplacement de certaines pièces devient nécessaire. Avec le temps, les charges maximales indiquées dans les tabelles 1 et 2 diminuent évidemment. Le remplacement éventuel de certaines pièces dépend du but de l'ouvrage et des éventuelles conséquences de la défaillance des éléments. Une cassure subite intervient cependant en principe uniquement en cas de charge additionnelle relativement importante par rapport au poids propre du pont.

6.3 Tablier

Les rondins ne doivent pas être laissés tels quels lorsqu'ils sont utilisés pour le tablier, une telle surface présentant des dangers de glissade en cas d'humidité (attention aux obligations découlant de la responsabilité de l'ouvrage !). La pose d'un platelage complémentaire formé de planches non rabotées et d'un système antidérapant quelconque est alors indispensable. La surface des demi-rondins ou des bois équarris non rabotés présentent une meilleure adhérence et peut être laissée telle quelle. En cas d'utilisation de bois équarris, un espacement de ~ 1 cm est recommandé pour l'élimination de l'eau et le séchage des pièces.

6.4 Balustrades

On constate très souvent dans le cas des passerelles piétonnes des espaces trop importants entre la balustrade et le tablier. Les longrines de la balustrade doivent être disposées de manière à ce qu'un petit enfant ne puisse pas glisser accidentellement sous la balustrade. L'écart vertical entre les longrines sur la moitié inférieure de la balustrade devrait se situer entre 15 et 20 cm maximum et la hauteur totale devrait être au minimum de 90 cm. Pour cela 3 longrines (planches ou demi-rondins) sont en général nécessaires. Dans le cas de la présente construction, la poutre supérieure permet déjà une bonne sécurité latérale. On veillera également à ce que les tiges filetées saillantes soient limées, pour limiter les risques de blessure. La balustrade doit être suffisamment stable et doit supporter sans céder la pression exercée par plusieurs personnes s'appuyant lourdement contre elle. Ceci peut être garanti par un nombre suffisant de montants (écart ~ 1.5 m) correctement vissés aux poutres supérieure et inférieure avec des rondelles d'appui suffisamment larges. On évitera également la construction de balustrades plutôt inesthétique de forme triangulaire dépassant latéralement, que l'on observe souvent sur les ponts en rondins. La responsabilité de l'ouvrage prévaut également pour les balustrades !

6.5 Entretien

Durant les premiers mois et les premières années, suite au travail du bois, les tiges filetées doivent impérativement être resserrées périodiquement, afin d'éviter le relâchement de ce système basé sur des liaisons rigides.
Après 5 à 10 ans, un contrôle visuel annuel de la pourriture est indispensable. L'endroit critique de la structure portante se situe au milieu du pont. Le désavantage de cette construction se situe au niveau des traverses qui, si leur solidité n'est plus suffisante doivent être remplacées, chose rendue difficile par leur imbrication entre les poutres en rondins. Il devrait néanmoins être possible de les remplacer par bourrage latéral.

7. Estimation des coûts (construction du plateau uniquement)

Les coûts se limitent essentiellement au travail des forestiers et bûcherons, aux outils et machines (poulies, tracteur, génératrice, tronçonneuse, etc.) ainsi qu'à la fourniture et à la préparation des bois.
Pour la construction d'un plateau de 6 m de long et de 1.5 m de largeur de chaussée, les coûts peuvent être estimés ainsi :

Préparation, installation de la place de travail	Fr.	1'000.--
Poutres en bois rond 1.7 m3	Fr.	400.--
Demi-rondins pour le plateau 1.5 m3	Fr.	500.--
Bois pour les balustrades	Fr.	300.--
Fournitures métalliques (tiges filetées, vis, etc.)	Fr.	500.--
Travail 4 JH	Fr.	2'500.--
Divers, imprévus	Fr.	800.--
Total estimé	**Fr.**	**6'000.--**

A cela s'ajoutent les coûts de construction des appuis – culées et la mise en place du pont, ce qui revient à un coût total de l'ordre de ~ Fr. 10'000.--. En comptant un amortissement sur 15 ans, les coûts annuels sont d'environ Fr. 700.--.
Les coûts globaux dépendent largement de la grandeur de l'ouvrage et du décompte des prestations (prestations propres, matériel personnel, cours d'apprentis, etc.)

8. Sources

La littérature au sujet de la construction de ponts en bois est riche. Elle concerne cependant souvent des ouvrages compliqués avec des portées de 10 à 30 m de type arbalétrier, lamellé-collé, plateau Renfer, etc., qui ne sont pas l'objet du présent document.

- Baustatik. Kurs ETH Zürich, forstliches Ingenieurwesen, Cours du Dr. R. Hirt, 1983
- Notes manuelles, Albert Böll, Ing. ETH, WSL Birmensdorf
- Brücken aus Rundholz, Anleitung zum Selbstbau, Präsidentenkonferenz der Landwirtschaftskammern Österreichs, Löwelstr. 12, 1014 Wien, 1999
- Bündner Wald, Nr. 4 1985, Schwerpunkt Brücken für Wald- und Güterwege, Nr. 1 1989, Schwerpunkt Holzbrückenbau.
- Ponts de fortune en bois, Service du génie et des fortifications, Bulletin du génie n° 14, 1957
- Diverses autres publications, normes, notices personnelles, observations et calculs.

Un merci tout spécial est adressé à MM. A. Böll (FNP Birmensdorf) et F. Thalmann (garde forestier) pour la lecture critique de ce document, et à M. J.C. Favre, Ingénieur forestier EPF, Geosud, pour la traduction.

Fribourg, février 2004
Service des forêts et de la faune, Secteur dangers naturels et génie forestier