

## Contrôle physiologique et biomécanique 2020



### Sentier arboricole au Relais du Chat

73 Bourget du Lac et St Paul sur Yenne

### Rapport d'expertise

#### *Objet de la commande*

Par acceptation du devis daté du 16 février 2020, M. MATTHIEU Julien, gestionnaire du futur site, a confié au réseau Arbre Conseil® de l'Office National des Forêts, la réalisation du contrôle de l'état mécanique, physiologique et sanitaire des arbres potentiellement utilisés pour le projet de sentier arboricole.

Le site se trouve entre le relais des aigles et le décollage des parapentes, sur la partie sommitale de la chaîne de l'Épine, à 1500 m d'altitude. Il est traversé par le sentier de randonnée conduisant au Molard noir et la Dent du chat.

La phase terrain a été réalisée le 17 février 2020.

#### *Méthodologie employée*

##### **Analyse des arbres :**

L'expertise a été réalisée à l'aide des outils suivants : jumelles, marteau, mètre ruban, dendromètre, canne métallique.

L'étude repose sur l'observation et l'étude des défaillances mécaniques pouvant avoir une incidence sur la dangerosité de l'arbre. La localisation et la nature des défauts de structure sont effectuées suivant une analyse visuelle des différentes parties de l'arbre (départs de racines, collet, tronc, charpentières, branches et rameaux).

Cette méthodologie de détection des défauts est inspirée de la méthode V.T.A. de Claus MATTHECK (1994).

Elle consiste à rechercher selon une méthodologie précise les symptômes externes traduisant un problème physiologique, sanitaire ou mécanique. En l'absence de symptôme, l'examen s'arrête. Si un symptôme est présent, l'investigation se poursuit jusqu'à l'évaluation du défaut.

Ne sont pris en compte que les défauts pouvant avoir une influence, à court, moyen ou long terme sur la gestion de l'arbre. La description des défauts est arrêtée dès la détection d'un défaut réhibitoire, nous

avons donc exclu de ce document les défauts mineurs n'ayant pas d'incidence décisive sur l'avenir de l'arbre.

Les investigations ont porté sur :

- Les caractéristiques dendrométriques de l'arbre et ses particularités.
- Le stade de développement physiologique : indépendant de l'âge réel de l'arbre, il est défini par une observation détaillée de la couronne de l'arbre. Plusieurs critères permettent de situer l'arbre sur une échelle de stades de développement physiologique et de déceler des comportements anormaux symptomatiques d'éventuelles pathologies.
- L'état sanitaire : les traces d'agression sont recherchées sur toutes les parties de l'arbre, depuis l'empatement racinaire jusqu'aux rameaux. Les agents pathogènes ainsi décelés permettent d'évaluer l'état sanitaire de l'arbre.
- La tenue mécanique de l'arbre : elle est évaluée par la présence ou l'absence de faiblesses mécaniques et par la capacité de réaction de l'arbre. Elle permet d'apprécier la dangerosité de l'arbre. Pour cette partie de l'expertise, l'observation est complétée par le martèlement du pourtour du collet et du tronc jusqu'à 2 mètres de hauteur à l'aide du marteau et par l'utilisation du pénétromètre si nécessaire. L'analyse des sonorités obtenues lors du martèlement permet de déceler d'éventuelles cavités internes au niveau des parties frappées.

L'appréciation de la probabilité de rupture est obtenue en prenant en considération les seuils usuellement utilisés dans l'évaluation de la tenue mécanique des arbres et l'action des agents pathogènes identifiés. Les agents lignivores ont été recherchés d'après la présence de fructifications ou de symptômes. Cette identification permet d'appréhender l'évolution du défaut en tenant compte du pouvoir lignivore du champignon (rapidité d'évolution), de son degré de parasitisme (comportement parasite/saprophyte) et des zones de bois infestées (aubier et/ou duramen).

L'appréciation finale du praticien a été établie en fonction de la position des cavités, des capacités de réaction de l'arbre et de l'expérience acquise.

### **Limite de l'étude**

L'arbre présente en général une grande inertie dans sa réponse à un stress ou à une blessure. Ces agressions peuvent ne s'affirmer qu'au bout de plusieurs mois voire, plusieurs années. L'expertise est une photographie de l'état sanitaire et mécanique le jour de l'étude.

Les contraintes éoliennes, les anciennes plaies de taille, les interventions dans l'environnement de l'arbre, telles que la création de tranchées, le compactage des sols et les modifications de l'environnement de l'arbre, peuvent générer des défauts évolutifs actuellement indécélables. Certains de ces défauts, masqués par la structure de l'écorce ou situés au niveau du système racinaire, peuvent engendrer une rupture lors de tensions.

Les difficultés d'appréciation de la qualité des structures du système racinaire, l'enracinement de l'arbre et la détection de certains défauts masqués peuvent influencer la fiabilité de la réponse.

### **Calcul de la résistance des arbres :**

Le calcul des charges maximales admissibles a été réalisé dans le cadre de l'utilisation prévue par l'annexe B de la norme NF-EN-15567-1 du 10/07/2015, relative au parcours acrobatique en hauteur.

Les calculs ont été réalisés sur les bases générales de résistance des matériaux en tenant compte des particularités des arbres ainsi que de celles des bois vivants.

Les données de résistance maximales admissibles en compression sont issues de la table des bois verts communément appelée table de Stuttgart.

Les éléments de base de calcul fournis sont :

1. Moment quadratique à 1 m du sol
2. Module d'inertie (flexion) à 1 m du sol
3. Moment de flexion maximal admissible à 1 m du sol (coefficient de pondération de 2)

Les arbres présentent hors autres défauts leur point de fragilité structurelle à 1m du sol.

Les installations de PAH étant des installations fixes le coefficient de pondération est fixé à 2 pour le Moment de flexion maximale admissible. Usuellement en analyse mécanique d'arbres ce coefficient est de 1,5 (méthode SIM).

Le poids propre de l'arbre ainsi qu'une estimation forfaitaire du poids propre des installations (charge verticale) est pris en compte. L'estimation forfaitaire du poids des installations pris en compte est de  $1.5 \times$  le poids propre.

Ces éléments sont fournis dans le détail des calculs sous la mention :

1. Poids propre ;
2. Charge verticale maximale admissible.

Ces deux éléments permettent de déterminer la part résiduelle disponible en compression pour déterminer le Moment de flexion maximal admissible à 1m.

Ces éléments servent de base pour établir la comparaison entre les charges induites par les différentes installations et les charges (poids propre, charge caractéristique charge d'utilisation et charge dynamique) et les charges maximales admissibles par chaque arbre. Cette comparaison est de la compétence du constructeur et/ou du bureau de contrôle des installations.

En cas de charge verticale induite par les installations supérieure à celle calculée forfaitairement, le calcul du Moment de flexion maximal admissible est à reprendre en tenant compte de la valeur déterminée à partir des installations. Entre autres cette situation concerne les grandes tyroliennes où les arbres supports sont la plupart du temps contre-haubanés.

**Validité de l'expertise dans les conditions précisées aux dispositions générales : 1 an.**

## *Résultats de l'expertise*

**Le nombre total d'arbres expertisés est : 18.**

L'expertise physiologique, sanitaire et mécanique a pris en compte les critères suivants : Numéro, essence, état physiologique (B: bon, M: moyen, F: faible), état sanitaire (bon par défaut sinon présence de champignon lignivore ou autre décelé), état biomécanique (défaut majeur observé), notation du défaut et de la structure concernée et synthèse de l'état de l'arbre.

Les arbres expertisés sont majoritairement des sapins pectinés, à l'exception de deux d'entre eux qui sont des épicéas.

Les observations faites ce jour, sont annotées dans le tableau récapitulatif joint au rapport. Les résultats de calcul de résistance ont été calculés dans le tableau joint au rapport.

### **Etat physiologique et sanitaire général**

L'état **physiologique** des arbres constituant le projet de parcours sont bons pour l'ensemble. Un sujet fragile a été exclu lors de la visite et deux autres arbres ont été expertisés pour le remplacer. Il est à noter quelques rameaux secs ponctuels sans gravité. Cependant, le sol étant assez drainant et les étés de plus en plus secs, les risques de dessèchements sont à craindre, surtout pour les épicéas dont l'enracinement est plus superficiel.

Au plan **sanitaire**, pas d'attaque parasitaire observée.

### **Etat mécanique général**

L'état mécanique global reste satisfaisant.

Les défauts observés sont les suivants :

↳ Les déformations de croissance liée à la **concurrence naturelle** entre sujets. La recherche de la lumière provoque quelques inclinaisons lorsque les sujets sont trop proches l'un de l'autre. Les risques restent cependant faibles puisque le redressement sommital de ces tiges est effectif. Autre phénomène, le développement d'un houppier déséquilibré. **4 sujets sont concernés**, les n° 64, 67, 67 bis et 77.

Arbre n°69 : chicots secs ►

↳ La présence de **branches mortes** à purger, lorsqu'un risque de chute sur les usagers est présent ou qu'elles se trouveront à moins de 3 m d'un des futurs équipements. Ces branches mortes le long des troncs sont naturelles et sont consécutives à l'absence de lumière suffisante à la base des houppiers. Les arbres abandonnent alors leurs branches basses et priorisent celles plus en hauteur qui reçoivent plus de lumière et donc ont une meilleure photosynthèse.

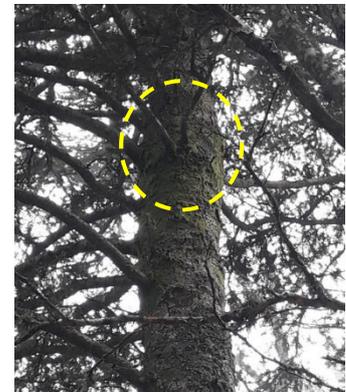


↳ Une suspicion de **dorge** est à noter sur le sapin n° 70, à 8 m de hauteur. C'est un développement anarchique des cellules du bois, fréquent chez le sapin, et consécutive à une attaque de champignon. Mais il nous a été impossible de voir le détail du tronc à ce niveau-là et de confirmer ce défaut.

Arbre n°70 : dorge ? ►

↳ Le **sol** est **piétiné** par le passage des randonneurs, créant des tassements de sol et mise à nu des racines, sur certains sujets, notamment les plus proches du sentier.

↳ Une **fourche** mais sans écorce incluse développée sur l'arbre n° 71, à 7 m de hauteur. Surveiller son évolution.



## Conclusion

Les arbres du projet de parcours arboricole, observés ce jour, ne présentent pas pour l'instant de défauts incompatibles avec leur utilisation comme support d'agrès.

Le plan sera fourni par le maître d'œuvre du projet. Nous avons repris les numéros inscrits sur les arbres pour la présente étude.

Le tableau récapitulatif ci-joint, listent tous les arbres et les décrit un à un, ainsi que les différentes préconisations individuelles.

Des contrôles réguliers devront être réalisés afin de vérifier l'évolution des défauts. Cette démarche reste indispensable pour minimiser la dangerosité de ces arbres et assurer la pérennité de ce patrimoine arboré.

Il est utile de rappeler qu'en matière d'arbre le risque zéro n'existe pas et que les décisions restent du ressort du gestionnaire.

Chambéry, le 21 mars 2020

L'expert Arbre Conseil®

Philippe COUVET

Expertise des arbres du projet de sentier arboricole  
 RELAIS DU CHAT  
 Février 2020

| N° de l'arbre | Caractéristiques |                     |        |        |       |                | Collet          |           | Tronc                            |           | Couronne                 |           | Travaux                                   |         | Surveillance | OBSERVATIONS                               |
|---------------|------------------|---------------------|--------|--------|-------|----------------|-----------------|-----------|----------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|---|---------|--------------|--|
|               | Espèce           | Stade de croissance | Ø (cm) | Ø (cm) | H (m) | Etat sanitaire | Constats        | Incidence | Constats                         | Incidence | Constats                 | Incidence | Taille spécifique ou opération à réaliser | Urgence |              |  |
| 63            | Sapin            | Adulte              | 55     | 58     | 23    | Bon            |                 |           | Blessure cicatrisée, Nord à 15 m | 1         | Sèches à la base         | 1         |   |         |              |  |
| 64            | Sapin            | Adulte              | 62     | 66     | 22    | Bon            |                 |           | Chandelle, Est à 1 m             | 1         | Sèches à la base         | 1         |   |         |              |  |
| 65            | Sapin            | Adulte              | 48     | 53     | 21    | Bon            | Rien à signaler |           |                                  |           |                          |           |   |         |              |  |
| 66            | Sapin            | Adulte              | 70     | 76     | 23    | Bon            |                 |           | Chicots secs, Ouest de 3 à 6 m   | 1         |                          |           |   |         |              |  |
| 67            | Sapin            | Adulte              | 50     | 58     | 21    | Bon            |                 |           | Inclinaison Est                  | 1         |                          |           |   |         |              | Port redressé en partie sommitale.         |
| 67 bis        | Sapin            | Adulte              | 48     | 49     | 23    | Bon            |                 |           |                                  |           | Déséquilibrée Est        | 1         |   |         |              | Concurrence naturelle avec l'arbre voisin. |
| 68            | Sapin            | Adulte              | 41     | 44     | 23    | Bon            |                 |           |                                  |           | Quelques branches sèches | 1         |   |         |              |  |
| 69            | Sapin            | Adulte              | 48     | 52     | 21    | Bon            |                 |           | Chicots secs, Nord à 4 m         | 1         | Sèches à la base         | 1         |   |         |              |  |
| 70            | Sapin            | Adulte              | 53     | 55     | 22    | Bon            |                 |           | Dorge, à 8 m ?                   | 1         |                          |           | Surveiller évolution                      | 3       |              |  |
| 71            | Sapin            | Adulte              | 64     | 69     | 22    | Bon            |                 |           | Fourche à 7 m                    | 2         |                          |           | Surveiller évolution                      | 1       |              |  |
| 72            | Epicéa           | Adulte              | 46     | 49     | 22    | Bon            | Rien à signaler |           |                                  |           |                          |           |   |         |              |  |
| 72 bis        | Epicéa           | Adulte              | 35     | 38     | 20    | Bon            | Rien à signaler |           |                                  |           |                          |           |   |         |              |  |
| 73            | Sapin            | Adulte              | 65     | 70     | 22    | Bon            |                 |           | Ancienne chandelle               | 1         |                          |           |   |         |              | Recouvrement en cours.                     |
| 74            | Sapin            | Adulte              | 63     | 68     | 24    | Bon            | Rien à signaler |           |                                  |           |                          |           |   |         |              |  |
| 75            | Sapin            | Adulte              | 65     | 68     | 22    | Bon            |                 |           | Multi têtes                      | 2         | Sèches à la base         | 1         |   |         |              |  |
| 76            | Sapin            | Adulte              | 52     | 53     | 22    | Bon            |                 |           | Ancienne chandelle à 6 m         | 1         |                          |           |   |         |              |  |
| 77            | Sapin            | Adulte              | 38     | 38     | 20    | Bon            |                 |           | Légère inclinaison               | 1         |                          |           |   |         |              | Port redressé.                             |
| 78            | Sapin            | Adulte              | 54     | 55     | 22    | Bon            |                 |           | Blessure cicatrisée, Nord à 15 m | 1         | Sèches à la base         | 1         |   |         |              |  |

Incidence :

1 : défaut réversible, 2 : défaut à évolution lente, 3 : défaut à évolution rapide, 4 : défaut rédhibitoire

Urgence :

1 : > 5 ans, 2 : de 3 à 5 ans, 3 : de 1 à 3 ans, 4 : < 1 an

| Données à renseigner |               |                    |                    |                       |   | Données renseignées automatiquement |  |                         | Résultats                    |   |   |  |   | Données calculées pour obtenir les résultats    |  |                              |   | Observations |  |
|----------------------|---------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---|-------------------------------------|--|-------------------------|------------------------------|---|---|--|---|---|--|------------------------------|---|--------------|--|
| n° arbre             | Essence       | Ø1 à 1m sur écorce | Ø2 à 1m sur écorce | Épaisseur de l'écorce | PRBS ou t de t / R (Épaisseur écorce enlevée) | Hauteur totale arbre Ht             | Résistance à la compression $\sigma$ max compression | Masse volumique du bois | Coefficient de forme C forme | Poids propre P = p x section x Ht x Cforme x 9,81 | Charge verticale maximale admissible F = 1.5 * poids propre | $\sigma$ compression charges verticales (multipliée coef sécurité 2) | surface portante (aire section- aire section altérée) | Moment quadratique Imin(Ø1,Ø2) section complète | Moment quadratique Imin(Ø1,Ø2) section altérée | Module d'inertie Wmin(Ø1,Ø2) | Moment de flexion maximum Mt=( $\sigma$ max compression- $\sigma$ compression charges verticales)*module inertie/100/2 (divisé par coef sécurité 2) |              |  |
| 63                   | Sapin commun  | 55 cm              | 58 cm              | 1,0 cm                |   | 23 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 31 kN   | <b>47 kN</b>  | 0,07 kN/cm <sup>2</sup>  | 2 331,0 cm <sup>2</sup>                               | 456 888 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 16 317 cm <sup>3</sup>       | 117 kNm   |              |  |
| 64                   | Sapin commun  | 62 cm              | 66 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 38 kN   | <b>57 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 3 016,0 cm <sup>2</sup>                               | 772 078 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 24 127 cm <sup>3</sup>       | 173 kNm   |              |  |
| 65                   | Sapin commun  | 48 cm              | 53 cm              | 1,0 cm                |   | 21 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 23 kN   | <b>35 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 1 843,0 cm <sup>2</sup>                               | 299 529 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 11 746 cm <sup>3</sup>       | 84 kNm  |              |  |
| 66                   | Sapin commun  | 70 cm              | 76 cm              | 1,5 cm                |   | 23 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 52 kN   | <b>78 kN</b>  | 0,07 kN/cm <sup>2</sup>  | 3 841,0 cm <sup>2</sup>                               | 1 279 420 cm <sup>4</sup>                       | 0 cm <sup>4</sup>                              | 35 053 cm <sup>3</sup>       | 251 kNm   |              |  |
| 67                   | Sapin commun  | 50 cm              | 58 cm              | 1,0 cm                |   | 21 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 26 kN   | <b>39 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 2 111,0 cm <sup>2</sup>                               | 413 785 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 14 778 cm <sup>3</sup>       | 106 kNm   |              |  |
| 67b                  | Sapin commun  | 48 cm              | 49 cm              | 0,5 cm                |   | 21 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 22 kN   | <b>33 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 1 772,0 cm <sup>2</sup>                               | 255 148 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 10 631 cm <sup>3</sup>       | 76 kNm  |              |  |
| 68                   | Sapin commun  | 41 cm              | 44 cm              | 0,5 cm                |   | 23 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 18 kN   | <b>27 kN</b>  | 0,07 kN/cm <sup>2</sup>  | 1 351,0 cm <sup>2</sup>                               | 156 112 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 7 261 cm <sup>3</sup>        | 52 kNm  |              |  |
| 69                   | Sapin commun  | 48 cm              | 52 cm              | 1,0 cm                |   | 21 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 22 kN   | <b>33 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 1 806,0 cm <sup>2</sup>                               | 282 252 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 11 290 cm <sup>3</sup>       | 81 kNm  |              |  |
| 70                   | Sapin commun  | 53 cm              | 55 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 27 kN   | <b>41 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 2 123,0 cm <sup>2</sup>                               | 372 707 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 14 064 cm <sup>3</sup>       | 101 kNm   |              |  |
| 71                   | Sapin commun  | 64 cm              | 69 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 41 kN   | <b>62 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 3 263,0 cm <sup>2</sup>                               | 915 347 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 27 324 cm <sup>3</sup>       | 196 kNm   |              |  |
| 72                   | Epicéa commun | 46 cm              | 49 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,7 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,85 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 19 kN   | <b>29 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 1 624,0 cm <sup>2</sup>                               | 224 242 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 9 542 cm <sup>3</sup>        | 78 kNm  |              |  |
| 72b                  | Epicéa commun | 35 cm              | 38 cm              | 0,5 cm                |   | 20 m                                | 1,7 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,85 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 11 kN   | <b>17 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 988,0 cm <sup>2</sup>                                 | 84 538 cm <sup>4</sup>                          | 0 cm <sup>4</sup>                              | 4 570 cm <sup>3</sup>        | 38 kNm  |              |  |
| 73                   | Sapin commun  | 65 cm              | 70 cm              | 1,5 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 42 kN   | <b>63 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 3 263,0 cm <sup>2</sup>                               | 915 347 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 27 324 cm <sup>3</sup>       | 196 kNm   |              |  |
| 74                   | Sapin commun  | 63 cm              | 68 cm              | 1,0 cm                |   | 24 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 44 kN   | <b>66 kN</b>  | 0,07 kN/cm <sup>2</sup>  | 3 162,0 cm <sup>2</sup>                               | 860 858 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 26 087 cm <sup>3</sup>       | 187 kNm   |              |  |
| 75                   | Sapin commun  | 65 cm              | 68 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 41 kN   | <b>62 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 3 266,0 cm <sup>2</sup>                               | 889 083 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 26 942 cm <sup>3</sup>       | 194 kNm   |              |  |
| 76                   | Sapin commun  | 52 cm              | 53 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 26 kN   | <b>39 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 2 003,0 cm <sup>2</sup>                               | 325 575 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 12 768 cm <sup>3</sup>       | 92 kNm  |              |  |
| 77                   | Sapin commun  | 38 cm              | 38 cm              | 0,5 cm                |   | 20 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 13 kN   | <b>20 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 1 075,0 cm <sup>2</sup>                               | 91 998 cm <sup>4</sup>                          | 0 cm <sup>4</sup>                              | 4 973 cm <sup>3</sup>        | 36 kNm  |              |  |
| 78                   | Sapin commun  | 54 cm              | 55 cm              | 1,0 cm                |   | 22 m                                | 1,5 kN/cm <sup>2</sup>                               | 0,94 t/m <sup>3</sup>   | 0,6                          | 28 kN   | <b>42 kN</b>  | 0,06 kN/cm <sup>2</sup>  | 2 165,0 cm <sup>2</sup>                               | 380 015 cm <sup>4</sup>                         | 0 cm <sup>4</sup>                              | 14 340 cm <sup>3</sup>       | 103 kNm   |              |  |
|                      |               |                    |                    |                       |   |                                     |  |                         |                              |   |   |  |   |   |  |                              |   |              |  |