

**Mise en valeur
des bois de résonance en Suisse
Projet No. 5.162**



Rapport final

**à l'intention du
Fonds pour les recherches forestières et l'utilisation du bois
c/o Direction fédérale des forêts, Berne**

**Responsable du projet:
Philippe Domont, Ing. for. EPFZ
SYLVACOM, Rebbergstrasse 45, 8049 Zurich**

Zurich, avril 2000

Mise en valeur des bois de résonance en Suisse

Rapport final

Résumé

Zusammenfassung

1 Introduction	9
2 Objet de l'étude	10
2.1 Hypothèses à la base de l'étude et commentaires	10
2.1.1 Le bois de résonance: produit rare et précieux des forêts de montagne	10
2.1.2 Un produit méconnu	11
2.1.3 Une commercialisation passive ou inexistante	12
3 But de l'étude	13
4 Travaux effectués	14
4.1 Enquêtes de terrain, visites d'entreprises, voyages d'études, interviews	14
4.2 Démarches de prospection d'arbres et de bois de résonance	14
4.3 Cours de perfectionnement, enseignement	14
4.4 Information, médias, conseils	15
4.5 Recherche bibliographique	15
5 Résultats	16
5.1 Critères d'identification de l'épicéa à bois de résonance	16
5.1.1 Remarques préliminaire sur les bois de résonance «haut de gamme» et «deuxième choix»	16
5.1.2 Critères d'identification du bois de résonance «haut de gamme»	17
5.1.3 Identification du bois de résonance «deuxième choix»	18
5.1.4 Identification de l'arbre à bois de résonance sur pied	18
5.1.5 Identification des grumes ou des billons en forêt	19
5.1.6 Identification des grumes ou des billons en scierie	19
5.2 Aspects écologiques et sylvicoles des peuplements à bois de résonance	21
5.2.1 Introduction	21
5.2.2 Caractéristiques générales des peuplements à bois de résonance	21
5.2.3 Caractéristiques écologiques et sylvicoles de six régions suisses «à bois de résonance»	22
5.2.4 Mesures sylvicoles propices au bois de résonance	26

5.2.5	Remarques sur la récolte des bois	26
5.3	Estimation du potentiel de production dans des peuplements et régions choisis	27
5.3.1	Introduction	27
5.3.2	Un potentiel de production et de commercialisation difficile à évaluer – mais bien présent	27
5.3.3	Les assortiments recherchés	29
5.3.4	Les proportions de bois de résonance dans les coupes	30
5.3.5	Exemple d'une double sélection et d'une collaboration réussie	31
5.3.6	Exemple de vente de bois de résonance «avec défauts»	32
5.3.7	Bille isolée	33
5.3.8	Estimation du potentiel commercial à l'échelle régionale ou nationale	33
5.3.9	Problèmes de commercialisation du bois de résonance	34
5.4	Valorisation des résultats pour la recherche et la pratique	36
5.4.1	Réseau de contacts	36
5.4.2	Cours de perfectionnement/colloques/enseignement	36
5.4.3	Travail d'information dans les médias professionnels et grand public	36
5.4.4	Conseils (demandes de renseignements)	36
5.4.5	Liste des personnes ressources	37

6 Recommandations pour valoriser le bois de résonance 40

6.1	Développer le marketing et la logistique pour le bois de résonance (et pour les bois de qualité en général)	40
6.2	Intégrer le bois de résonance dans les politiques de sylviculture et de biodiversité	40
6.3	Compléter la formation dans le domaine forestier et dans le domaine du bois	40
6.4	Intégrer davantage les bois «haut de gamme» en tant que vecteur d'image dans les relations publiques de la forêt et du bois	41
6.5	Etudier et faire connaître les traditions concernant le bois de résonance et les autres bois précieux	41

7 Bibliographie 42

8 Annexes 45

8.1	Documents photographiques et commentaires (16 photos, uniquement sur demande)	45
-----	---	----

Rapport final

Remerciements

Cette étude a bénéficié, en plus du soutien du Fonds pour les recherches et l'utilisation du bois, de la collaboration de nombreux chercheurs et praticiens. Qu'ils et qu'elles soient remerciés pour avoir mis leur temps et leurs compétences à disposition. Une reconnaissance particulière va à:

Paul Barandun, SELVA, Chur, Ion Barbu, Institut de recherche forestières, RO-Câmpulung, Mihaly Bariska, EPFZ, Zurich, Marcel Berdoz, forestier, Rossinières, Jean-Louis Berney, Arrdt. forestier, Le Pont, Philippe Bodart, luthier, F-Besançon, Voicita Bucur, INRA F-Nancy, Dorothea Bünzli, A-Linz, André Clément, INRA, F-Nancy, Francesco Dellagiacoma, Ufficio Forestale, I-Cavalese, Andreas Eggenberger, forestier, Grabs, Nicolae Geambasu, Institut de recherche forestières, RO- Bucarest, Philippe Goergen, DRAC, F-Besançon, Stephan Hagmann, forestier et scieur, Fideris, Hansruedi Hösli Ecole intercantonale de lutherie, Brienz, Rudolf Isler, luthier, Zürich, Jean-Marie Lehmann, Bois de résonance, Les Paccots, Bernard Michaud, Bois de Lutherie, F-Amancey, André Mottier, menuisier, Les Moulins, Olivier Nougarede, INRA, F-Ivry, Bernhard Pfister, Jecklin Musik AG, Zürich, Frédéric Schaffter, forestier, Rossemaison, Helmut Schmidt-Vogt, Professeur, Freiburg i.B., Ruedi Schorro, forestier, Klosters, Jürg Stahel, Arrondt. forestier, Klosters, Hans Weissmüller, forestier, Horboden, Stefan Zeltner, spécialiste du commerce des bois, Trin, Ulrich Zimmermann, luthier, Brienz, Ernst Zürcher EPFZ, Zürich.

Résumé

Les travaux du projet «Mise en valeur des bois de résonance en Suisse» se sont déroulés de l'automne 1997 au printemps 2000. L'hypothèse de base, à savoir que les forêts suisses de montagne contiennent une certaine proportion de bois de résonance, mais que ce dernier est peu valorisé, a pu être vérifiée. Les connaissances permettant une meilleure valorisation ont été rassemblées et un début de sensibilisation a eu lieu. Des recommandations ont été formulées afin de poursuivre la mise en valeur du bois de résonance et celle d'autres assortiments de valeur.

Les buts du projet ont été les suivants:

- Obtenir un catalogue de critères d'observation utiles aux gestionnaires forestiers
- Améliorer les connaissances sur les critères écologiques et sylvicoles
- Obtenir une première estimation du pourcentage en volume de bois de résonance dans des peuplements et des régions donnés
- Faire connaître le bois de résonance, sensibiliser les praticiens et les propriétaires forestiers à la nécessité de le valoriser

Les travaux suivants ont été réalisés:

- Enquêtes de terrain, visites d'entreprises, en Suisse, en France, en Italie et en Roumanie entre 1997 et 1999. Thèmes: Aménagement des forêts, sylviculture, commerce des bois, traditions.
- Prospection de bois de résonance
Nous avons inventorié des peuplements sur pied, des coupes et des parcs à grumes en compagnie de professionnels
- Cours de perfectionnement, enseignement, information par les médias professionnels et grand public (journaux, TV), conseils

Résultats

Critères d'identification de l'épicéa à bois de résonance

Les critères généraux qui permettent l'identification du bois de résonance sont décrits dans le rapport.

La (pré)sélection de cette qualité de bois est praticable par les professionnels de la forêt et du bois. Pratiquement, c'est surtout l'identification des grumes (en forêt ou en scierie) qui aura la priorité. Mais l'observation des arbres sur pied donne des informations complémentaires qui peuvent se révéler précieuses pour l'estimation de la qualité du bois.

Aspects écologiques et sylvicoles des peuplements à bois de résonance

Des exemples de stations forestières favorables ont été décrits à l'étranger et en Suisse. Les mesures sylvicoles favorables à la présence de bois de résonance sont décrites, avec quelques commentaires sur la récolte des bois.

Estimation du potentiel de production et de commercialisation

Une estimation quelque peu précise du potentiel de production de bois de résonance n'est guère possible avec des moyens qui ne soient pas disproportionnés par rapport à la valeur économique globale du produit. Cette question a pu être tout de même approchée grâce à des observations locales et à des enquêtes. Il n'est pas exagéré d'estimer le potentiel des entreprises forestières suisses à un volume de 1000 à 3000 mètres cubes de bois de résonance par an. Cela correspond à des recettes supplémentaires potentielles de 1 à 2 millions de francs pour les propriétaires de forêts de montagne. Cette somme est moins importante en terme de finance qu'en terme d'exemple à suivre pour une meilleure commercialisation des bois de qualité en général et qu'en terme d'image pour toute la filière forêt-bois.

Le potentiel de production est aussi lié aux possibilités de commercialisation. Les problèmes pratiques posés par la mise sur le marché de petites quantités ont été abordés et des recommandations formulées. L'idée d'organiser des ventes de bois séparées pour le bois de résonance et pour les autres assortiments «haut de gamme» est souvent abandonnée: la raison la plus souvent évoquée est la crainte d'engendrer des conflits avec les marchands de bois.

Valorisation des résultats pour la pratique et pour le public

La valorisation des résultats de la présente étude ont déjà commencé pendant la durée du projet même: création d'un réseau de contact (forestiers et propriétaires de forêts, marchands de bois, facteurs d'instruments de musique et chercheurs), cours de perfectionnement, colloques, enseignement, conseils, relations publiques.

Recommandations pour valoriser le bois de résonance

1. Développer la logistique et le marketing pour le bois de résonance et pour les bois de qualité en général

- poursuivre le développement d'un réseau de contact entre les partenaires concernés par les bois de résonance
- organiser la vente groupée des bois de valeur à l'échelle régionale (certains propriétaires ont déjà adopté cette démarche – avec succès)
- développer les bourses électroniques des bois en incluant le bois de résonance
- introduire l'assortiment bois de résonance dans les usages du commerce des bois

2. Intégrer le bois de résonance dans les politiques de sylviculture et de biodiversité

- intégrer les épicéas à bois de résonance dans les réserves génétiques
- appliquer les mesures sylvicoles favorables
- garder des périodes de rotation assez longues (diamètres!)

3. Compléter la formation dans le domaine forestier et dans le domaine du bois

- compléter les programmes d'enseignement (domaines concernés: propriétés et utilisation du bois, marketing, sylviculture, relations publiques, sociologie)
- créer des documents didactiques sur le bois de résonance (dossiers, fiches techniques, documents audiovisuels, matériel de démonstration etc.)

4. Intégrer davantage les bois «haut de gamme» dans les relations publiques forestières en tant que vecteur d'image

- intégrer le bois de résonance dans les activités d'information et de relations publiques: prospectus touristiques, guides d'excursion, expositions, concerts, séminaires, travail avec les médias, manifestations en commun avec d'autres corps de métier etc.

5. Etudier les traditions concernant le bois de résonance et les autres bois précieux

- favoriser l'intérêt interdisciplinaire pour l'étude des traditions mises en rapport avec les connaissances actuelles: exploitation forestière, récolte du bois (date d'abattage!), manutention du bois, travail du bois, facture d'instrument de musique etc.
Angles d'approche: sciences naturelles et forestières, ethnologie, sociologie, histoire et d'autres.

Zusammenfassung

Das Projekt „Aufwertung des Klangholzes in der Schweiz“ wurde vom Herbst 1997 bis zum Frühling 2000 bearbeitet. Die Haupthypothese des Projektes, wonach das Fichtenklangholz in allen Bergregionen vorkommt, in der Waldbewirtschaftung aber kaum als solches wahrgenommen und genutzt wird, konnte bestätigt werden. Die Kenntnisse, die eine bessere Wertschöpfung durch das Klangholz erlauben könnten, wurden zusammengetragen und den betroffenen Kreisen durch eine erste Sensibilisierungsphase vermittelt. Empfehlungen für eine aktive Aufwertung des Fichtenklangholzes – und der übrigen hochwertigen Sortimenten – wurden formuliert.

Die Ziele des Projektes waren:

- Zusammenstellen eines Merkmalkataloges zur Identifizierung des Klangholzes
- Verbesserung der Kenntnisse über ökologische und waldbauliche Kriterien
- Erste Schätzung des Klangholzanteiles in ausgewählten Regionen und Waldbeständen
- Klangholz bekannt machen; Praktiker und Waldeigentümer für eine bessere Wertschöpfung sensibilisieren

Folgende Arbeiten wurden realisiert:

- Feldbeobachtungen in Wäldern, Forstbetrieben, Sägereien und Werkstätten (Schweiz, Frankreich, Italien und Rumänien) in den Jahren 1997 bis 1999. Themen: Waldbewirtschaftung, Holzhandel, Holzbearbeitung, Traditionen
- Prospektion nach Klangholz: In Zusammenarbeit mit Spezialisten haben wir Waldbestände, Holzschläge und Holzlagerplätze nach Klangholz durchsucht
- Weiterbildungskurse, Unterricht, Medienarbeit (Fachpresse, Tageszeitungen, TV), Beratungen

Resultate

Zusammenstellen der Kenntnisse über Identifikationsmerkmale der Klangholzfichten

Die generellen Kriterien zur Identifikation der Klangholzfichten sind im Bericht beschrieben. Die (Vor)sortierung dieses Holzsortimentes ist durch die Wald- und Holzfachleute durchführbar. In der Praxis wird vor allem die Identifikation am liegenden Stamm (im Wald, an der Waldstrasse, auf dem Holzlagerplatz oder in der Sägerei) praktiziert. Die Beobachtung der stehenden Bäume bringt aber wertvolle Zusatzinformationen über die zu erwartende Holzqualität.

Ökologische und waldbauliche Aspekte im Zusammenhang mit Fichtenklangholz

Beispiele von günstigen Klangholzstandorten im Ausland und in der Schweiz werden beschrieben. Die Förderung des Klangholzes durch waldbauliche Massnahmen wird aufgezeigt.

Schätzung des Produktions- und Vermarktungspotentials

Eine präzise Schätzung des Produktionspotentials von Klangholz wäre nur mit aufwendigen Untersuchungen möglich, die angesichts des globalen ökonomischen Stellenwertes des Klangholzes unverhältnismässig teuer wären. Mit gezielten lokalen Beobachtungen und mit Umfragen wurden aber Erkenntnisse gewonnen, die eine vorsichtige Hochrechnung erlauben. Es ist nicht übertrieben zu behaupten, dass das Produktionspotential der Schweizer Forstbetriebe zwischen 1000 und 3000 Kubikmeter Fichtenklangholz pro Jahr liegt. Dies entspricht zusätzlichen jährlichen Einnahmen von 1 bis 2 Millionen Franken für die Bergwaldbesitzer. Allerdings ist die Bedeutung dieses Betrages nicht in finanzieller Hinsicht am Grössten. Vielmehr ist die bewusste Nutzung des Klangholzes eine Grundlage für die Pflege und die Entwicklung des Image von Wald und Holz. Zudem stellt der

bewusste Umgang mit Klangholz ein Beispiel für eine bessere Nutzung aller hochwertigen Holzsortimente dar.

Das nutzbare Produktionspotential steht in Verbindung mit den Vermarktungsmöglichkeiten. Lösungsvorschläge bei der problematischen Kommerzialisierung von kleinen Mengen wurden formuliert. Die Idee, separate Wertholzverkäufe für das Klangholz und für die anderen Wertholzsortimente zu organisieren wird oft wegen der Befürchtung verworfen, man würde Konflikte mit den Sägern und Holzhändlern verursachen.

Umsetzung der Resultate für die Praxis und für die Öffentlichkeit

Die Umsetzung der Resultate hat schon während der Projektphase angefangen: Anlauf eines Kontaktnetzes (Forstleute, Waldbesitzer, Holzhändler, Instrumentenbauer, Wissenschaftler), Weiterbildungskurse, Unterricht, Beratung, Öffentlichkeitsarbeit.

Empfehlungen für eine Aufwertung des Klangholzes

1. Logistik und Marketing für das Klangholz verbessern

- Kontaktnetz zwischen am Klangholz interessierten Partnern weiterentwickeln
- Klangholz-, resp. Wertholzverkäufe regional organisieren (gewisse Waldbesitzer pflegen schon den separaten Verkauf – mit Erfolg)
- elektronische Kanäle nutzen und entwickeln (Holzbörsen)
- das Klangholzsortiment in die Holzhandelsgebräuche aufnehmen

2. Das Klangholz bei Waldbau- und Biodiversitäts-Strategien mitberücksichtigen

- Klangholzflächen bei der Schaffung von Genreservaten mitberücksichtigen
- nützliche waldbauliche Massnahmen anwenden
- lange Umtriebszeiten lokal sichern (Durchmesser!)

3. Ausbildungslehrgänge mit dem Thema Klangholz bereichern

- Thema Klangholz in die Unterrichtsprogramme integrieren (betroffene Gebiete: Holzeigenschaften- und verwendung, Marketing, Waldbau, Öffentlichkeitsarbeit, Soziologie)
- Unterrichtshilfen zum Klangholz schaffen (Dossiers, Merkblätter, audiovisuelle Dokumente, Demonstrationsmaterial usw.)

4. Wertholzsortimente vermehrt als Imageträger in die forstliche Öffentlichkeitsarbeit integrieren

- das Klangholz vermehrt bei der Öffentlichkeitsarbeit beiziehen: Prospekte (Tourismus), Exkursionsführer, Ausstellungen, Konzerte, Seminare, Medienarbeit, Berufsgruppenübergreifende Veranstaltungen usw.

5. Traditionen über das Klangholz und über andere Werthölzer erforschen

- interdisziplinäres Interesse über die Traditionen betreffend Wald- und Holznutzung fördern; Zusammenbringen der wissenschaftlichen, empirischen und traditionsmässigen Kenntnisse und Erfahrungen (Natur- und Forstwissenschaften, Ethnologie, Soziologie, Geschichte, Instrumentenbau usw.)

1 Introduction

La demande de soutien déposée au Fonds du bois pour le projet «Mise en valeur des bois de résonance en Suisse» a été acceptée en novembre 1997. Dans sa réponse, la Commission responsable d'attribuer les crédits de recherche a demandé au requérant, à côté de l'étude proposée sur le bois de résonance, d'insister sur l'aspect de la sensibilisation et d'intégrer cet aspect dans la démarche du projet. Cette condition a été respectée et a donné cours à divers travaux dans les domaines de l'information et de la formation.

Il n'y a pas eu d'autres soutiens financiers au projet, mais par contre des collaborations précieuses de la part de nombreux chercheurs, de praticiens forestiers, de spécialistes du bois, et de facteurs d'instruments dans divers pays.

Nous espérons que les informations et expériences générées par le projet seront utiles à la mise en valeur future du bois de résonance, produit exceptionnel des forêts de montagne.

2 Objet de l'étude

La notion de bois de résonance est utilisée en général pour désigner le bois d'épicéa employé dans la construction des tables d'harmonie ou d'autres pièces de divers instruments de musique. On parle aussi parfois de «bois de résonance» pour d'autres bois qui entrent en jeu dans la fabrication de l'instrument, sans toutefois jouer un rôle aussi important que l'épicéa pour la sonorité. C'est le cas en particulier de l'érable ondé, choisi en priorité pour son effet décoratif et utilisé principalement pour le fonds et le manche des violons, des altos, des violoncelles ou des guitares.

Le bois de résonance devant être identifié à plusieurs niveaux de la chaîne de production entre la forêt et l'atelier de lutherie, on distingue les critères d'identification:

- pour l'arbre sur pied
- pour la bille découpée (en forêt ou en scierie)
- pour la planchette préparée par le marchand de bois de résonance

L'étude a porté uniquement sur l'épicéa, que ce soit l'arbre sur pied ou la bille découpée. A côté de l'identification proprement dite, les questions de logistique et de commercialisation ont été régulièrement discutées lors des interviews et des colloques.

2.1 Hypothèses à la base de l'étude et commentaires

Dans le projet de recherche soumis au Fonds du bois, diverses hypothèses ont été énoncées en rapport avec le produit «bois de résonance», en particulier:

- Le bois de résonance est un produit rare, mais présent en principe dans toutes les régions de l'arc alpin, du Jura français aux Carpates roumaines; en Suisse, on peut le trouver dans toutes les régions de montagne.
- Le bois de résonance est un produit méconnu; les propriétaires et gestionnaires forestiers ont des difficultés à l'identifier, sur pied ou sous forme de billon.
- Le bois de résonance n'est, en règle générale, pas pris en compte dans la commercialisation; le produit n'est pas mis en valeur comme il pourrait l'être.

2.1.1 Le bois de résonance: produit rare et précieux des forêts de montagne

Le bois de résonance est un des produits les plus précieux que la forêt suisse puisse livrer. Il est lié à une tradition séculaire de la fabrication des instruments de musique. La valeur marchande du bois brut et des produits semi-finis est nettement plus élevée que celle des meilleures qualités de bois de construction (entre 2 et 5 fois pour une bille d'épicéa, jusqu'à trente fois pour une bille d'érable ondée). Les exigences posées aux qualités technologiques du bois de résonance, fonction des processus de croissance de l'arbre, sont extrêmement élevées (voir 5.1). Le bois de résonance est le produit le plus prestigieux des bois à haute performance, qui comptent aussi, avec des exigences techniques un peu moins élevées, les bois à tavillons et à targes (certaines boîtes à fromage qui demandent du bois de tranchage) ou encore les bois de layette ou les bois destinés à la construction aéronautique. Pour la menuiserie fine, le déroulage ou le tranchage, on recherche aussi des bois de haute qualité – même si le «haut de gamme» extrême n'est pas vraiment une nécessité – et concurrencent souvent les luthiers ou les marchands de bois de résonance dans la recherche des meilleurs bois.

«Sans forêt , pas de musique!»

Le bois de résonance d'épicéa est utilisé dans le monde entier pour la fabrication de divers instruments qui comportent une table d'harmonie: pianos, clavecins, guitares, violons, altos, violoncelles, contrebasses, cymbalums, harpes ou encore cithares. Même bien avant l'avènement du violon au 17ème siècle et de son âge d'or en Italie, les instruments anciens comme les luths ou les violes, prédécesseurs des instruments modernes, aussi étaient construits en utilisant l'épicéa pour la table, partie essentielle pour la sonorité des instruments. Car ce ne sont pas les cordes que nous entendons lorsque nous écoutons la musique d'un violon, d'une guitare ou d'un piano, mais bien la table d'harmonie en épicéa, respectivement les vibrations qu'elle transmet par toute sa surface à l'air qui atteint nos oreilles. Jusqu'à l'heure actuelle, aucun autre bois ni aucun produit synthétique n'a pu rivaliser avec lui pour des instruments de bonne qualité. Il faut remarquer toutefois que certaines essences se prêtent également fort bien à la fabrication de tables d'harmonie: il est difficile de savoir combien de violoncelles ou de contrebasses ont été construits autrefois avec du sapin blanc, car même l'oeil averti ne peut pas sans autres faire la différence – et l'oreille exercée non plus. De même, d'autres espèces résineuses peuvent indiquer des propriétés acoustiques excellentes, par exemple l'épicéa de Sitka (*Picea sitchensis*) ou le Red cedar (*Thuja gigantea*).

Un produit européen

Les épicéas produisant le bois de résonance sélectionné depuis des siècles ne poussent que dans les massifs alpins d'Europe centrale et occidentale, qui s'étendent du Jura aux Carpates. La Suisse est bien située à l'intérieur de cette zone privilégiée pour la qualité de ses bois de lutherie. Les principaux pays concernés sont en outre: France, Autriche, Italie, Allemagne, Tchéquie, Slovaquie, Slovénie, Pologne, Roumanie, Russie, Ukraine. La question d'une gestion durable et adaptée aux besoins du marché se pose donc pour la foresterie du pays. Les acheteurs les plus importants viennent d'Allemagne (marchands de bois de résonance) et du Japon (fabrication de pianos). Les acheteurs les plus connus sont les luthiers, qui achètent de petites quantités directement en forêt ou par l'intermédiaire d'un marchand de bois de résonance. Une entreprise de bois de résonance a réussi à s'implanter en France voisine à la fin des années 80.

Une fabrication mondiale

Depuis quelques dizaines d'années, la fabrication industrielle d'instruments de musique n'est plus l'apanage de l'Europe. Le Japon, La Corée du Sud, la Chine, sont devenus de gros producteurs industriels d'instruments. Le Japon est de loin le premier producteur de pianos. Le bois de résonance utilisé n'est plus toujours l'épicéa européen, mais souvent ses cousins sibériens ou américains. Suite aux difficultés des marchands de bois de résonance de trouver suffisamment de bois d'épicéa européen, la tendance à utiliser ces «produits de substitution» s'accroît d'année en année, du moins pour les instruments de série bon marché. Il se pourrait même que certains pianos allemands à queue «haut de gamme» se construisent depuis quelques années avec des espèces différentes de l'épicéa européen.

2.1.2 Un produit méconnu

Les exigences de qualité posées au bois de résonance étant extrêmement élevés, il n'est pas étonnant qu'il soit réputé pour sa rareté et pour certaines difficultés d'identification en forêt ou en scierie. De même, la mise sur le marché demande de développer activement les relations avec des réseaux commerciaux particuliers et de chercher des solutions logistiques efficaces pour limiter les coûts de sélection et de transport du produit.

Tous les pays connaissent des critères de classification des bois et les utilisent dans la commercialisation. Dans les bois de haute qualité, on mentionne en Suisse le bois de tavillon, utilisé traditionnellement pour couvrir les façades ou les toitures. Le bois de résonance n'est pas mentionné dans les listes de produits. Jusqu'à présent, il n'a guère été

introduit dans la formation professionnelle des forestiers (mais on observe depuis peu un intérêt nouveau pour ce produit spécialisé).

2.1.3 Une commercialisation passive ou inexistante

Le bois de résonance suisse est souvent vendu à bas prix dans des lots où se côtoient la bonne et la mauvaise qualité (Stahel, Michaud, Lehmann, Hagmann). Les marchands de bois de résonance étrangers (Allemagne, Italie, France) s'approvisionnent surtout dans les scieries. Il y a lieu d'admettre que la majorité du bois de résonance suisse n'est pas valorisé à sa juste valeur et qu'il est débité pour d'autres utilisations, au mieux pour la charpente ou la menuiserie. Même si le produit est rare, cette situation n'est guère compatible avec le principe d'utilisation rationnelle des ressources naturelles, ni avec celui d'une gestion durable d'un matériau précieux, à haute signification culturelle et qui tend à se raréfier dans tous les pays producteurs (Kluck 1997b, Ziegler 1960, Sovarel 1988).

Certains pays comme la Pologne, la Roumanie ou l'ex-Allemagne de l'Est exploitent systématiquement et parfois épuisent leurs ressources en bois de résonance (Sovarel 1988, Polawski et al. 1987, Blossfeld et al., 1984). En Roumanie, on a mis sur pied des programmes de conservation génétique in situ et de reproduction, afin de freiner la disparition progressive d'idéotypes autrefois très répandus (Dragoi, 1993 et manuscrit).

Les luthiers se plaignent soit de la difficulté de trouver des planches de qualité et de dimensions suffisantes, soit des prix élevés et croissants qu'il faut payer pour ces produits. Ceci est devenu un problème pour les jeunes luthiers cherchant à se constituer un stock suffisant de bois pour la durée de leur vie professionnelle (Isler, 1997). On peut en effet constater qu'une planchette d'épicéa de bonne qualité pour la confection d'un violon coûte entre 20 et 80 francs, ce qui correspond à 13'000 et 53'000 francs/m³ de bois. La planchette d'érable est vendue quant à elle de 80 à 800 francs, ce qui conduit à un prix du m³ de bois travaillé de 53'000 à 530'000 francs!

Les entreprises forestières suisses de montagne sont prédestinées à produire du bois de résonance (voir illustration 3). Cette vocation est justifiée non seulement par la situation privilégiée des forêts suisses dans la zone de croissance de ces bois de qualité, mais aussi par le prix élevé de la main d'oeuvre et la nécessité de mettre sur le marché des produits à haute valeur ajoutée. La combinaison est idéale avec la tradition suisse en matière de précision et de qualité et avec les principes de durabilité appliquée par l'économie forestière.

Il n'est pas seulement question de valoriser le bois de résonance sur le plan économique, mais aussi – et peut-être surtout – de garder vivant le rôle de ce produit «haut de gamme» sur les plans psychologique et culturel: le bois de résonance est le produit symbolique par excellence, il peut être un vecteur d'image pour toute la filière bois.

3 But de l'étude

Les travaux sur le thème du bois de résonance ont été réalisés dans les buts suivants:

Thème 1: Connaissances des aspects morphologiques (habitus)

But: Obtenir un catalogue de critères d'observation utiles aux gestionnaires forestiers

Thème 2: Connaissances des aspects écologiques et sylvicoles

But: Améliorer les connaissances sur les critères écologiques et sylvicoles

Thème 3: Potentiel de production dans des peuplements et régions choisis

But: Obtenir une première estimation du pourcentage en volume de bois de résonance dans des peuplements et des régions particulières

Thème 4: Valorisation des résultats pour la pratique

But: Faire connaître le bois de résonance, sensibiliser les praticiens et les propriétaires forestiers à la nécessité de le valoriser

4 Travaux effectués

S'agissant de réaliser des interviews de spécialistes et de connaisseurs, d'observer la filière forêt-bois, de visiter des régions connues pour leur bois de résonance (forêts, scieries, entreprises de transformation, artisans), d'étudier la littérature et, de plus, de sensibiliser les praticiens forestiers à la question du bois de résonance, le travail a été réparti volontairement sur une assez longue période (plus de deux années). Par là, il a été possible de profiter de synergies importantes: participation à des voyages d'études, invitation à des colloques, demandes de conseils de la part des praticiens, organisation de visites pour des spécialistes étrangers en Suisse. La collecte d'information et le réseau de contact n'aurait pas été si important si l'étude avait été réalisée rapidement en quelques mois.

Les types de travaux effectués ont été les suivants:

4.1 Enquêtes de terrain, visites d'entreprises, voyages d'études, interviews

De nombreuses forêts, entreprises forestières et scieries qui produisent du bois de résonance ont été visitées en Suisse, en France, en Italie et en Roumanie entre 1997 et 1999. Les discussions ont permis de mieux connaître la filière forêt-bois (production et vente du bois de résonance), de même que d'approfondir des questions touchant l'identification et la sylviculture des épicéas à bois de résonance.

Un voyage d'étude de dix jours a été réalisé en 1997 en Roumanie, en collaboration avec des chercheurs français et canadiens (forestiers, ethnologues, sociologues), sur le thème du bois de résonance et du bois à tavillons. Deux voyages ont eu lieu en Italie, dans le Val di Fiemme. A ces voyages s'ajoutent de nombreux séjours dans le Jura français et dans plusieurs régions de Suisse.

4.2 Démarches de prospection d'arbres et de bois de résonance

L'auteur de l'étude a eu la chance de pouvoir accompagner à plusieurs reprises un marchand professionnel de bois de résonance dans ses recherches en forêt et en scierie. Cet ancien forestier a accepté de décrire sa démarche de prospection en France et dans le reste de l'Europe, ce qui n'est pas le cas de la plupart des marchands de bois de résonance, qui entretiennent soigneusement une ambiance de secret autour de leur métier. Nous avons ainsi parcouru des forêts après le martelage, dans le but de repérer les épicéas les plus prometteurs. De même, nous avons visité des scieries, à la recherche de billes susceptibles de devenir «bois à musique».

4.3 Cours de perfectionnement, enseignement

Un premier cours de perfectionnement a été donné sous forme de colloque en automne 1999 à Saas/GR. Un second cours est programmé à l'automne 2000 en Suisse romande dans le Pays d'en Haut/VD. Les publics abordés sont les forestiers, les propriétaires de forêts, les facteurs d'instruments, les marchands de bois, les chercheurs et les politiciens.

L'auteur a donné des cours à l'école de lutherie de Brienz sur les aspects forestiers du bois de résonance. Il est intervenu au colloque forêt-bois de l'EPFZ et à un colloque international sur le thème du bois de résonance à Lajoux/F.

4.4 Information, médias, conseils

Des articles ont été rédigés pour les médias forestiers suisses et, à l'occasion du colloque de Saas, un dossier de presse a été confectionné à l'intention des médias grand public.

Plusieurs demandes de conseils ont été adressées au projet. Il s'agit en général de questions liées à l'identification ou à la vente du bois de résonance. Un voyage d'étude a été organisé en Suisse pour des collègues forestiers italiens (Val di Fiemme) sur le thème «bois de résonance en Suisse».

La liste des personnes ressources sera utile à toute personne qui souhaite approfondir l'une ou l'autre question touchant le bois de résonance ou qui cherche des partenaires professionnels ou commerciaux.

4.5 Recherche bibliographique

Les données bibliographiques préparées pour la soumission du projet de recherches ont été enrichies de données plus récentes. L'auteur a collaboré à un travail de diplôme sur le bois de résonance, dont certains résultats ont été intégrés dans l'étude présente.

5 Résultats

5.1 Critères d'identification de l'épicéa à bois de résonance

5.1.1 Remarques préliminaires sur les bois de résonance «haut de gamme» et «deuxième choix»

Si le bois de résonance est en soi déjà un produit «haut de gamme» par rapport aux autres assortiments ligneux, la distinction «haut de gamme» et «deuxième choix» existe aussi à l'intérieur des assortiments de bois de résonance.

De plus, il faut distinguer la qualité du bois lui-même (sur une bille ou sur une planchette) de la qualité d'une bille entière, qui peut comporter des parties «haut de gamme» et des parties «deuxième choix» ou «inutilisables».

Le bois de haute qualité est recherché par un maître-luthier qui construit de nouveaux violons ou par tout autre facteur d'instrument de musique qui fabrique des instruments «haut de gamme». Les produits semi-finis (planchettes de diverses dimensions servant à la fabrication des instruments de musique) «haut de gamme» sont la référence obligée pour le commerce et l'utilisation du bois de résonance: aucun bois n'est trop bon pour un travail aussi exigeant en savoir, en savoir-faire et en temps que la fabrication artisanale d'instruments de musique.

C'est cette utilisation «haut de gamme», surtout pour le violon, qui donne au bois de résonance sa réputation du nec plus ultra. De plus, comme ce sont en général les instruments les meilleurs qui sont construits de ce bois, et que (en principe) ces instruments sont joués par les artistes de renom, un système de synergie s'est mis en place. Il contribue à la construction de l'image de qualité entre la nature (la forêt), la musique et les facteurs d'instruments, puisant eux-mêmes leur savoir dans des traditions également réputées (écoles de lutherie italiennes des 17ème/18ème siècles).

Les facteurs qui diminuent la qualité d'une planchette peuvent être par exemple: densité un peu élevée, légère coloration, fil pas très droit, irrégularité dans l'accroissement.

Les facteurs qui diminuent la qualité d'une bille entière sont

- a) soit la qualité du bois en soi: les critères sont les mêmes que pour la planchette
- b) soit la part de défauts localisés qui rendent certaines parties de la bille inutilisable: par exemple branches, poches de résines, pourriture, bois de compression (autant de facteurs qui compliquent le «désossement» de la bille en planchettes et diminuent le rendement final)

Une planchette de bois de résonance «haut de gamme» peut donc provenir d'une bille «haut de gamme» ou d'une bille comportant des défauts.

Pour obtenir le volume de bois demandé par la fabrication industrielle ou semi-industrielle des instruments de musique, les produits de deuxième choix (aussi bien les planchettes que les billes de bois rond) sont indispensables.

5.1.2 Critères d'identification du bois de résonance «haut de gamme»

Les forestiers, les marchands de bois de résonance, les scieurs et les facteurs d'instruments doivent estimer la qualité des bois qu'ils vendent ou qu'ils achètent, sous peine de vendre trop bon marché ou d'acheter trop cher. Cette estimation peut se faire:

- sur l'arbre sur pied (forestiers, marchands de bois, marchands de bois de résonance, plus rarement les facteurs d'instruments)
- sur les billes en forêt ou en scierie (forestiers, marchands de bois, marchands de bois de résonance, rarement les facteurs d'instruments)
- sur le produit semi-fini, sous forme de planchettes de diverses dimensions (marchands de bois de résonance, facteurs d'instruments) (voir aussi 5.3.2)

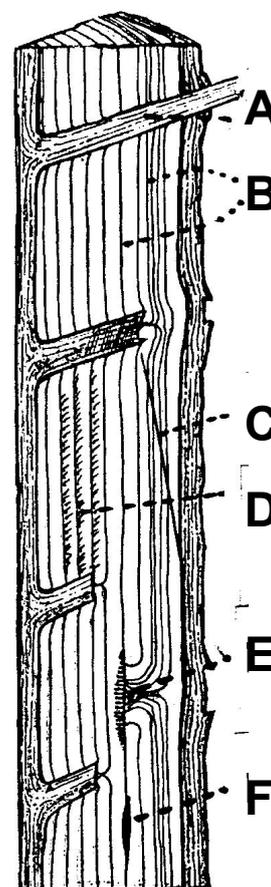
Certains luthiers achètent un ou plusieurs arbres (ou billes) au cours de leur vie professionnelle. Les caractéristiques recherchées varient selon les écoles et selon les expériences individuelles des facteurs d'instruments, dont le travail est toujours lié à une recherche personnelle et où la qualité du bois n'est qu'un critère parmi d'autres – même s'il est important – pour la fabrication d'instrument de haute qualité.

Malgré les différences individuelles des utilisateurs, certaines caractéristiques du matériau sont reconnues comme étant fondamentales (Illustr. 1, photos 2, 6, 13, 14):

- croissance régulière (resp. diminution régulière de la largeur des cernes avec l'âge, sans variations brusques, **B**)
- fil droit (pas de fibre torse, **C**)
- faible proportion de bois final
- sans noeuds sur 5 m au moins (**A**)
- sans poches de résine (**F**)
- sans bois de compression (**D**)
- largeur des cernes ne dépassant pas une certaine mesure, en fonction de l'instrument (par exemple 0,5 à 1,5 millimètre pour le violon, en principe, pas plus de deux millimètres, sauf pour des instruments comme le violoncelle ou la contrebasse)
- bois léger < 450 g/dm³, très bon < 380 g/dm³)
- cas spéciaux: le caractère «coudrier» (chenillé) est recherché par certains facteurs d'instruments

de plus, le tronc de l'arbre (ou la bille) «haut de gamme» doit être

- aussi cylindrique que possible
- rond
- droit
- vertical
- sans blessure (**E**)
- sans pourriture (sauf au centre, si peu étendue) (photo 7)
- diamètre: au moins 55 cm (45 cm pour certains produits)



Illustr. 1: critères de qualité du bois de résonance illustrés par des contre-exemples

On peut ajouter à ces qualités des caractéristiques physiques du bois qui se mesurent avec des instruments ou, avec une grande expérience de contact avec le bois, au toucher. Il s'agit en particulier de l'élasticité et de la résistance du bois, dans le sens des fibres ou perpendiculaires à ces dernières. On mesure parfois la vitesse de propagation des ondes dans le bois. On recherche des vitesses élevées (5000 à 6000 m/s, combinées à une forte différenciation entre les valeurs longitudinales et radiales (Bucur, 1999). Ces éléments n'ont cependant pas fait l'objet de l'étude présente.

5.1.3 Identification du bois de résonance «deuxième choix»

Si la description macroscopique du bois de résonance «haut de gamme» est assez simple à effectuer, il est moins facile de décrire les diverses qualités de bois utilisées à travers le monde pour produire à grande échelle des instruments de qualité très variables. Il n'existe pas de classification des défauts autorisés: toute la question est de savoir où se situera la tolérance du marchand de bois de résonance à l'achat, d'où l'importance d'avoir des relations suivies avec lui. Il est important de noter qu'un des défauts les plus graves pour les grumes de sciage, la pourriture du centre, n'est pas nécessairement un défaut pour le bois de résonance!

5.1.4 Identification de l'arbre à bois de résonance sur pied

Dans la littérature, la recherche d'un «arbre à violon» ou d'un «arbre à musique» sur pied fait partie des activités les plus spectaculaires que puisse entreprendre un luthier ou un marchand de bois de résonance. Le lien quasi mythique avec la forêt, enfermant ses secrets, mêlé à une démarche de détective sur les traces d'un produit extrêmement rare, est un ingrédient puissamment évocateur.

Les enquêtes menées en Suisse, en Italie, en Roumanie et en France ont permis de confirmer à quel point il est difficile de découvrir «l'épicéa idéal», l'arbre sans défaut. D'ailleurs, la difficulté de repérer les critères de qualité du bois depuis l'extérieur n'est pas particulière à un produit «haut de gamme» comme le bois de résonance, mais bien générale pour tous les assortiments recherchés par le scieur ou l'artisan.

Dans la pratique, la règle est l'identification du bois de résonance sous forme de billon, en forêt même, en bordure de chemin forestier ou en scierie (photos 8, 9).

Pour l'acheteur qui souhaite mettre toutes les chances de son côté, l'idéal est de voir les arbres en forêt, puis d'inspecter à nouveau les billons correspondants. C'est ainsi qu'il obtiendra le maximum d'informations sur l'intérieur du produit et qu'il diminuera au mieux le risque d'effectuer un mauvais investissement.

L'observation de l'arbre sur pied permet de saisir des critères qui échappent à la vue du seul billon (photos 1, 2, 3, 4, 5):

- taille et disposition des chicots dans la partie supérieure de l'arbre → probabilité de retrouver des restes de branches dans le bois
- forme de la couronne et du tronc → tendance à la formation de bois de compression
- développement des empâtements → tendance à la formation de bois de compression

Y a-t-il une infaillibilité en matière d'identification du bois de résonance?

La littérature est riche de récits où les prospecteurs (luthiers, marchands...) auraient découvert la façon idéale de trouver l'arbre de leur rêve: port de l'arbre, type d'écorce, son rendu par le tronc frappé... D'autres (le luthier tyrolien Stainer) aurait écouté le son émis par les troncs dévalant les pentes lors du débardage). Certains auteurs et praticiens pensent que les caractères morphologiques de l'écorce (type d'écailles et de fissuration, couleur), branches obliques, types de ramification (Pascovici 1938, Zieger 1960, Cereches 1997) sont des indicateurs de la qualité du bois. On ne relate cependant pas le succès effectif remporté par ce genre d'identification une fois le tronc ouvert. A notre connaissance, il n'existe pas d'étude statistique de validité générale sur le sujet.

Il ne faut cependant pas exclure qu'un certain nombre de connaisseurs spécialement bons observateurs aient développé une sensibilité et une expérience au-dessus de la moyenne dans leur effort de reconnaître la qualité des arbres sur pied. Cette hypothèse est particulièrement plausible dans des peuplements forestiers bien connus de l'intéressé, dont l'oeil a pu se forger en suivant les arbres depuis la forêt jusqu'à la scierie ou en les transformant lui-même. Les caractéristiques morphologiques indiquées ci-dessus peuvent ainsi revêtir une signification locale particulière.

Ainsi, en connaissant bien une forêt donnée, on pourra estimer la probabilité qu'un beau tronc bien droit, cylindrique, sans branches apparentes sur la bille de pied, contienne une proportion appréciable de bois de résonance. Le gestionnaire – ou le marchand de bois prospecteur – doit donc lui-même s'efforcer d'observer dans chaque forêt la qualité des bois abattus et tenter d'examiner s'ils correspondent ou non à des critères morphologiques extérieurs.

5.1.5 Identification des grumes ou des billons en forêt

Par rapport à l'arbre sur pied, l'observation du billon offre certains avantages déterminants (photos 6, 8):

- on peut voir sous l'écorce si le fil est droit ou non
- la régularité des accroissements est bien visible
- la proportion de bois final est bien visible
- on peut s'assurer de l'absence de bois de compression
- souvent, des indices sur la présence de poches de résine et de restes de branches sont décelables

Les luthiers et les marchands rechercheront de préférence une bille entièrement «haut de gamme». Mais rappelons qu'une bille peut très bien contenir du très bon bois de résonance dans une de ses moitiés seulement et que ces produits «50% bois de résonance» sont aussi recherchés et ont davantage de valeur marchande que les bois des assortiments traditionnels.

Lorsque le chef de chantier ou le forestier savent reconnaître les billes de valeur, ils peuvent les marquer et les regrouper pour une vente «qualité» ou pour un client particulier.

5.1.6 Identification des grumes ou des billons en scierie

Il est probable que la plus grande partie du bois de résonance vendue en Suisse à l'état rond l'est à partir des scieries, qui mettent les belles billes de côté pour les marchands de bois de résonance ou pour d'autres utilisations «haut de gamme». Mais il semble que cette sélection ne soit guère systématique et que la grande partie du bois de résonance finissent, dans le meilleur des cas, à la menuiserie ou dans la construction. Les scieurs disent souvent «n'avoir pas le temps» de mettre des billes de côté ou de «déplacer toute une pile de bois» pour permettre à un acheteur éventuel d'acquiescer une bille.

Il existe cependant des exceptions et le tri en scierie est certainement efficace lorsque les intéressés peuvent compter sur la collaboration du scieur. Le machiniste qui manipule les bois avant leur passage sur la scie occupe le poste-clé pour la sélection du bois de résonance.

Avantages en scierie (photo 9):

- les plus belles qualités peuvent être regroupées
- on peut retourner les billes
- le bois est en général écorcé

Possibilités d'observer certains critères de qualité du bois aux divers stades de transformation

critère	Arbre sur pied	Bille - forêt ou scierie	bille sciée en deux	planchette
fibres torses	plus ou moins	oui (sans écorce)	oui	oui
régularité de l'accroissement	non	oui	oui	oui
largeur bois final	non	oui	oui	oui
noeuds	mal	partiel	en principe oui	oui
poches de résines	non	mal	partiel	surprises possibles
bois de compression	partiel	partiel	oui	oui
Bilan identification	approximatif	assez bien	bien	très bien

Remarque: l'importance de faire un bon choix lors de l'identification d'un arbre sur pied ou d'une bille tronçonnée n'est pas la même pour tous les corps de métier concernés. Le marchand de bois de résonance, surtout s'il recherche le «haut de gamme», doit éviter d'acheter les billes trop chères, car il n'en tire qu'un produit semi-fini qu'il doit rentabiliser. A l'autre extrême, le facteur d'instrument qui remarque a posteriori avoir acheté une bille trop cher pour la qualité reçue, compensera ce mauvais choix du produit brut par la plus-value de son travail. Ainsi, le prix du matériel nécessaire à la fabrication d'un violon ne dépasse guère 500 francs, alors que son prix de vente se situera entre 10'000 et 20'000 francs. Même si un luthier ne tire que quelques violons d'un mètre cube de bois de résonance (500 à 1000 francs/m³ pour la table en épicéa), cela a relativement peu d'influence sur le résultat commercial.

Le marchand de bois de résonance qui recherche du «deuxième choix» a davantage de liberté pour acheter les billes brutes. Il peut se contenter de billes dont une moitié seulement répond au critère de la qualité «bois de résonance» (en montagne, la qualité du côté amont est souvent meilleure, les branches étant plus persistantes du côté aval). Le prix d'achat sera aussi abaissé en conséquence. De plus, certains marchands peuvent valoriser les parties de moindre qualité en produisant d'autres assortiments. Et ceux qui produisent des qualités de bois de résonance moindre (violons ou guitares d'usine par exemple) traitent des volumes de bois beaucoup plus importants que les producteurs du «haut de gamme», ce qui offre des possibilités supplémentaires de rationalisation.

5.2 Aspects écologiques et sylvicoles des peuplements à bois de résonance

5.2.1 Introduction

L'étude présente n'a pas eu pour but de dresser un portrait scientifique et représentatif des peuplements à bois de résonance. Pour ce faire, il faudrait engager des travaux d'une toute autre dimension. Nous nous sommes simplement appliqués à relever les données qui peuvent intéresser les praticiens.

Certaines régions sont particulièrement connues, parfois depuis des siècles, pour livrer un bois de résonance de haute qualité. Nous avons pu étudier de plus près une région italienne et une région roumaine où le service forestier et la recherche s'efforcent de mieux connaître et de mieux gérer ce patrimoine ligneux. La recherche de bois de résonance dans les forêts du Jura français a également livré des informations sur la sylviculture. De plus, nous avons contacté les gestionnaires forestiers de cinq régions suisses connues pour leur bois de résonance (illustration 2). Nous avons dressé un portrait de ces régions et avons visité les forêts et les scieries de plusieurs d'entre elles.

Dans le Val di Fiemme, nous avons trouvé d'excellentes conditions pour examiner la relation entre la sylviculture, l'exploitation forestière et la commercialisation du bois de résonance (photos 2, 5). La vente de ce bois s'y opère depuis des siècles. D'autre part, les forestiers s'efforcent d'améliorer encore la sylviculture et l'exploitation en fonction de cet assortiment réputé (Dellagiacomà, 1999). Des recherches scientifiques se sont déroulées ces dernières années dans la vallée (Uzielli et al., 1993).

La station de recherche forestière de Bucarest a réalisé une étude importante sur les conditions écologiques des stations à bois de résonance de 1984 à 1988 (Geambașu, 1995). La région étudiée, la partie de la chaîne des Carpates orientée nord-sud, est presque aussi étendue que la Suisse et boisée à 70%. Malheureusement, en Roumanie, on utilise le même nom technique pour le bois de résonance destiné aux instruments de musique et pour le bois destiné à la fabrication de tavillons. Or le bois de tavillon peut être récolté à des altitudes inférieures à celles du bois de résonance et comporter en particulier les caractéristiques suivantes, problématiques pour les instruments de musique: cernes larges de plusieurs millimètres, poches de résines, bois de compression.

L'étude roumaine est toutefois très intéressante, car elle met en relation les peuplements de bois de haute qualité avec les critères écologiques et sylvicoles comme le type de sol, le climat, l'altitude, la structure ou encore la composition des peuplements. Nous avons étudié une partie de cette région lors d'un voyage d'étude de dix jours avec les spécialistes locaux. Nous faisons référence aux recherches roumaines et italiennes de cas en cas.

5.2.2 Caractéristiques générales des peuplements à bois de résonance

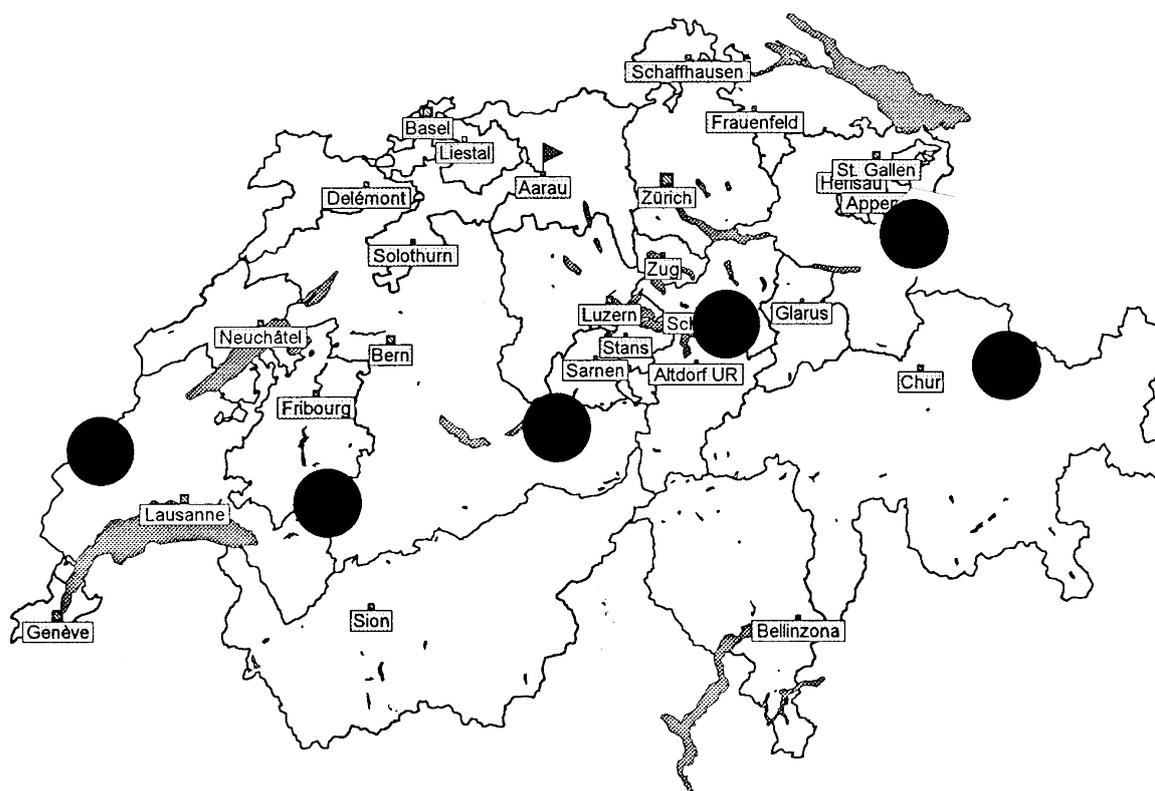
La présence de bois de résonance dans certaines forêts de montagne répond à des critères de base connus de façon générale pour les bois de haute qualité. Aux dispositions génétiques favorables de certains épicéas (bois léger, fibre droite, branches fines, élagage naturel aisé, tronc rond et cylindrique, etc.) s'ajoutent les effets positifs liés à la station (croissance régulière, bois final discret, absence de bois de compression, de poches de résine et de fissures) de même que les influences dues aux interventions sylvicoles (élagage, stabilité, position sociale, rythme de croissance, dégâts de débardage). Certaines caractéristiques déterminant la qualité, attribuées ici aux domaines génétique, écologique et sylvicole, peuvent être en fait influencées simultanément par deux ou trois de ces domaines (par exemple l'élagage naturel, la forme du tronc ou encore la stabilité).

D'après la littérature, et d'après la plupart des témoignage de praticiens, les stations favorables au bois de résonance

- se situent en montagne (pour la vitesse de croissance réduite et la faible part de bois final)
- bénéficient d'une alimentation en eau régulière durant la période de végétation (pour la régularité de la croissance)
- sont plus ou moins protégées des vents (pour l'absence de bois de compression, de fissures, de poches de résine)
- ne sont pas trop en pente (pour l'absence de bois de compression)
- sont plutôt orientées vers le nord et le nord-est

5.2.3 Caractéristiques écologiques et sylvicoles de six régions suisses «à bois de résonance»

Sur la base d'une enquête auprès des gestionnaires forestiers, un bref portrait de six régions suisses connues pour livrer du bois de résonance a été brossé. Les informations ont été complétées par des observations propres et des commentaires ont été ajoutés, principalement en rapport avec les stations italiennes, roumaines et françaises. Les six régions concernées sont: Appenzell / AI, Brienz / Iseltwald BE, Klosters / Prättigau GR, Muotathal / SZ, Risoud / Vallée de Joux VD, Rougemont / Pays d'en Haut VD



Illustr. 2: Les six régions connues pour produire du bois de résonance; d'ouest en est: Risoud VD, Pays d'En Haut VD, Brienz BE, Muotathal SZ, Appenzell AI, Prättigau GR

5.2.3.1 Altitude

Les six régions suisses comportent des altitudes favorables situées entre 1000 et 1700 mètres, l'amplitude possible variant fortement selon les endroits.

Altitude des peuplements à bois de résonance

Appenzell								
Brienz								
Klosters								
Muotathal								
Risoud								
Rougemont								
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700

Les données de la littérature confirment qu'en Europe, l'altitude favorable au bois de résonance varie avec le climat et le relief:

- Jura suisse et français: 1000 – 1300 m
- Alpes: 1000 – 1900 m
- Carpates et Bohème: 800 – 1200 m
- Monts métallifères: 650 – 900 m

5.2.3.2 Exposition des stations à bois de résonance

Les expositions indiquées pour les six stations correspondent aux données de la littérature. A l'envers, les conditions écologiques sont plus stables qu'à l'endroit. La croissance est généralement plus régulière, grâce à des conditions d'humidité du sol favorable durant la période de végétation.

Pour les six stations, les expositions se répartissent comme suit:

Exposition des stations à bois de résonance

Appenzell								
Brienz								
Klosters								
Muotathal								
Risoud								
Rougemont								
	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE

Autres observations sur l'exposition (exemples ponctuels; Paneveggio: Val di Fiemme/I)

Grd Risoud								
Paneveggio I*								
Paneveggio II*								
Paneveggio III*								
Paneveggio IV*								
Klosters I								
Klosters II								
	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE

*Val di Fiemme/I

Ces exemples ponctuels montrent qu'il existe des exceptions aux orientations nord et que des stations connues peuvent être orientées davantage vers le sud.

5.2.3.3 Associations végétales principales:

L'épicéa à bois de résonance peut se rencontrer dans diverses associations végétales. Les exemples suivants ont été mentionnés par les gestionnaires:

- Sapinière mixte à fougères / *Farn-Tannenmischwald* EK48*
- Hêtraie à sapins avec luzule des bois / *Tannenbuchenwald mit Waldsimse* EK 19*
- Diverses Hêtraies à sapins / *verschiedene Fichten-Tannen-Buchenwälder*
- «Mosaïque de pessières subalpine» / «*Mosaik aus Subalpinen-Waldgesellschaften*»
- Adénostylaie à épicéa / *Alpendost-Fichtenwald* EK 60*
- Pessière à véronique / *Ehrenpreis-Fichtenwald* EK 55*
- Pessière et pessière-sapinière moyenne, *Fichten-Tannenwald*

* (EK: Ellenberg/Klözli)

Cette liste n'est certainement pas exhaustive. Elle donne une première idée sur le genre de stations favorables.

5.2.3.4 Types de sol principaux:

Les types de sols suivants ont été mentionnés:

- sols limoneux faiblement à moyennement humides (grès, marnes, moraines) / *schwach bis mässig vernässte Lehme der Sandsteine, Mergel und Moräne*
- sols bruts – éboulis calcaires podzolisés, changeants / *Rohhumus – podsolierte Kalkschuttböden, wechselnd*
- riche en pierre / *skelettreich*
- brunisol
- mull

Val di Fiemme: sols riches en minéraux, perméables, productifs même en étant superficiels; Roumanie: sols bruns, sols bruns acides

On ne trouve pas le bois de résonance uniquement sur des sols pauvres (qui peuvent expliquer la lenteur des accroissements). Certains sols sont assez productifs (par exemple Val di Fiemme), sans que toutefois les arbres à bois de résonance ne poussent trop vite. Cette constatation pousse un chercheur spécialiste de la nutrition des arbres forestiers à poser une hypothèse: les épicéas à bois de résonance auraient la propriété de «contrôler» leur alimentation. «Ils ne mangent pas comme des cochons!» (Clément, 1999).

5.2.3.5 Roche-mère:

Suivant les régions, le bois de résonance pousse sur une roche-mère calcaire (par exemple Malm, Karrenfels, Bündnerschiefer...) ou cristalline (par exemple Gneis de la Silvrettadecke).

Roumanie: roches sédimentaires (argiles, grès, marnes calcaires); peu de bois de résonance sur roche cristalline

Val di Fiemme/I: porphyres

Cette brève liste montre que le bois de résonance n'est pas lié à un substrat géologique particulier et qu'on le trouve aussi bien sur des roches cristallines que sédimentaires.

5.2.3.6 Structure des peuplements à bois de résonance

Les données de la littérature ne s'accordent pas sur la relation entre la structure des peuplements (forêt étagée, forêt équienne) et la présence du bois de résonance. Schmid Vogt (1995), se référant surtout à des auteurs allemands, pense que le «meilleur bois de résonance» a été trouvé autrefois dans des forêts vierges, où les épicéas ont poussé serrés et ont été accompagnés d'un bas étage dense, favorable à l'élagage naturel. Il explique aussi la finesse des cernes annuelles par la place limitée qui empêche le

développement des couronnes. Zieger (1960) pense que les arbres dominés et les arbres prédominants ont peu de chance de produire du bois de résonance.

On sait cependant que de magnifiques épicéas à bois de résonance se développent en forêt jardinée, où les couronnes se développent librement à partir d'un certain âge. La finesse des accroissements est alors déterminée par les facteurs de la station (sol et climat) et probablement aussi par des facteurs génétiques.

Les peuplements à bois de résonance des six régions suisses étudiées ont des structures de

- futaie régulière (1 indication)
- futaie régulière et jardinée (3 indications)
- futaie jardinée (2 indications)

Dans les Carpates, les chercheurs et praticiens roumains recommandent d'introduire progressivement le jardinage.

En Roumanie, la fréquence d'arbres à bois de résonance augmente avec la différenciation de la structure verticale des peuplements. En moyenne, dans les surfaces étudiées des Carpates orientales, on trouve deux fois plus de bois de résonance dans les forêts bien étagées (2 arbres/ha) que dans les autres (1 arbre/ha). De plus, les arbres à bois de résonance ont un coefficient d'élancement plus élevé (Geambaçu, 1995)

Le rajeunissement naturel sous l'abri de l'ancien peuplement permet la formation de branches fines, elles aussi favorables à l'égagement naturel. Il arrive que cet élagage se fasse par l'arbre lui-même: les branches des épicéas colonnaires descendent parfois le long du tronc et enveloppent la bille de pied comme le ferait un peuplement accessoire.

Le facteur déterminant pour la qualité d'un tronc est logiquement à chercher dans le déroulement de sa croissance individuelle. Les facteurs favorables (qui déterminent le dosage de la lumière) peuvent se présenter aussi bien dans un peuplement étagé que dans une futaie équienne.

5.2.3.7 Mélange des essences

Les données de la littérature ne sont pas univoques en ce qui concerne le mélange des essences favorables au bois de résonance: les exemples cités proviennent autant de forêts pures que de forêts mélangés. En Suisse, les épicéas à bois de résonance sont signalés dans des:

- peuplement pur (> 90%) AI, BE, GR, SZ
- peuplements mélangés avec le sapin blanc (Préalpes VD et Jura VD)

En Roumanie, la présence du bois de résonance augmente avec la proportion de sapin blanc, avec un maximum à 40% de degré de mélange.

Sur le Jura français aussi, la plupart des peuplements sont mélangés (sapin, épicéa et dans une moindre mesure hêtre et érable)

Dans le Val di Fiemme, les peuplements d'épicéas sont purs par nature

Le mélange des essences n'est pas une condition indispensable à la présence du bois de résonance. Lorsque la nature permet la coexistence naturelle de plusieurs espèces d'arbres, le mélange peut influencer positivement la proportion du bois de résonance.

5.2.4 Mesures sylvicoles propices au bois de résonance

La production de bois de résonance de qualité demande les mêmes interventions que toute autre production de bois «haut de gamme» recherché par les artisans fabricant des instruments de musique, des modèles réduits, des tavillons (etc.) ou par l'industrie spécialisée dans le tranchage, le déroulage ou l'aéronautique. Les critères communs aux bois «haut de gamme» sont avant tout

- l'absence de branches
- une fibre droite
- une croissance régulière
- un bois sain

S'y ajoutent pour le bois de résonance:

- un bois final discret
- un bois léger
- ... et le fait qu'une pourriture peu étendue au centre de la bille ne pose pas de problème pour le bois de résonance (débitage sur quartier, non-utilisation du centre)

Les praticiens conscients qu'un peuplement contient du bois «haut de gamme» vont particulièrement s'appliquer à respecter les règles d'une sylviculture proche de la nature:

- assurer un rajeunissement naturel sous couvert du vieux peuplement (on ne connaît pas de bois de résonance provenant d'une plantation)
- viser un diamètre minimal de 50 à 60 cm (une planchette de violoncelle ou de guitare ne peut être découpée que dans une bille d'au moins 55 cm de diamètre)
- tendre à une bonne stabilité du peuplement (fissures, poches de résine...)
- favoriser le peuplement accessoire (élagage naturel)
- diminuer autant que possible les dégâts de débardage (source de pourriture du tronc)
- éviter les éclaircies brusques (irrégularité de l'accroissement) (Val di Fiemme: moins de 20% du matériel sur pied lors des coupes de régénération)
- éviter les dégâts du gibier (en particulier l'écorçage au stade du perchis)

5.2.5 Remarques sur la récolte des bois

La récolte des bois ne fait pas partie des thèmes traités par l'étude. Voici cependant quelques brèves remarques sur des thèmes souvent discutés.

date d'abattage

D'une façon générale, les coupes s'effectuent en hiver, lorsque l'arbre n'est pas en sève. Mais un nouvel élément apparaît depuis quelques années: les chercheurs comme les praticiens soulèvent de plus en plus la question du rôle des phases lunaires sur les processus biologiques qui nous entourent ou qui nous influencent aussi directement. Ainsi, la qualité du bois (p. ex. sa densité et sa tendance à travailler) est mise en rapport avec la date d'abattage et la phase lunaire correspondante (Zürcher et al., 1998, 2000). Les dates proposées sont situées à différents moments de l'année, la période de fin décembre et début janvier étant la plus recommandée.

Des recherches de pointe ont commencé à l'EPF-Zurich et il est actuellement trop tôt pour tirer des conclusions pratiques définitives. Les chercheurs en sont actuellement à opposer leurs arguments dans un domaine qui pourrait bien remettre un certain nombre d'habitudes (d'agir et de penser) en cause.

Dans le cadre de l'étude, nous avons donné une place à cette question lors des colloques de Saas et de Lajoux (voir documents de cours «Tagungsunterlagen Klangholz, Saas 1999»).

Il sera intéressant de suivre les projets actuellement en cours. Il serait tout à fait judicieux d'étendre les recherches actuelles, centrées sur l'approche scientifique, vers une approche

sociologique ou ethnologique, afin de faire le lien avec les très anciennes traditions des métiers du bois en rapport avec les phases lunaires. Il serait ainsi possible de faire la part des choses entre certaines croyances superficielles quant à l'influence de la lune et les savoirs et savoir-faire traditionnels fondés sur un empirisme qui peut échapper aux perceptions actuelles.

Indépendamment des discussions scientifiques, il importe de savoir qu'il existe un marché pour le „bois de lune“, un critère traditionnel dans le monde de la lutherie. Les propriétaires forestiers peuvent donc retenir ce critère pour leur palette de produits.

Les renseignements sur l'état actuel des recherches peuvent être obtenu auprès de Ernst Zürcher, chaire des sciences du bois, EPF-Zurich.

méthode d'abattage

Il va de soit que les bois de haute valeur doivent être abattus et transportés avec le maximum de précautions possible.

On recommande parfois d'abattre les arbres vers le bas (ce qui ne favorise guère la douceur du choc au contact du sol...), et d'attendre un certain temps avant d'élaguer les branches. Ce procédé doit permettre de «purger» l'arbre de la sève encore présente dans le bois par évaporation et par gravitation. Ce procédé est aussi utilisé avec les planches stockées verticalement. Une autre tradition consiste à laisser le bois se vidanger dans l'eau d'une rivière ou d'un bassin pendant plusieurs semaines.

entreposage des bois

L'entreposage des bois en forêt ou en scierie avant la transformation doit aussi faire l'objet de toutes les précautions, afin d'éviter l'attaque d'insectes ou l'apparition de colorations. Les risques de bleuissement sont particulièrement élevés au début du printemps, alors que la neige fond et que le soleil peut frapper très fortement les billes entreposées en forêt ou en scierie. Il est indiqué de fendre ou de scier rapidement les billes afin de favoriser le séchage (photo 10).

5.3 Estimation du potentiel de production dans des peuplements et régions choisis

5.3.1 Introduction

Le marché du bois de résonance (vente et achat de bois rond) est, encore davantage que pour les autres assortiments de bois, un marché international. La production d'un pays correspond rarement à la demande indigène. De plus, le marché est mondial, alors que l'épicéa est confiné à l'Europe. En Suisse, la demande en bois de résonance est très faible et dépend surtout de la construction d'orgues (25 entreprises), qui consomment annuellement quelques dizaines de mètres cubes de bois de résonance. Les 230 luthiers du pays (les violons étant la référence obligée pour la qualité du bois de résonance), de même que les quelques ateliers de fabrication de clavecins ou de harpes, n'utilisent que quelques m³ de bois par an (Bariska, 1996). Ainsi, la consommation en Suisse ne doit guère dépasser 50 m³ en moyenne par an. Par contre, un pays comme le Japon, qui construit plus de 100'000 pianos par année, achète des milliers de m³ d'épicéa de résonance. (Chaque piano comporte sur toute sa surface une table d'harmonie en bois de résonance; dans un piano à queue, son épaisseur varie de 6 à 9 mm). Le bois de résonance suisse doit et peut donc trouver sa place sur le marché mondial, à travers les marchands spécialisés actifs sur tous les continents.

5.3.2 Un potentiel de production et de commercialisation difficile à évaluer – mais bien présent

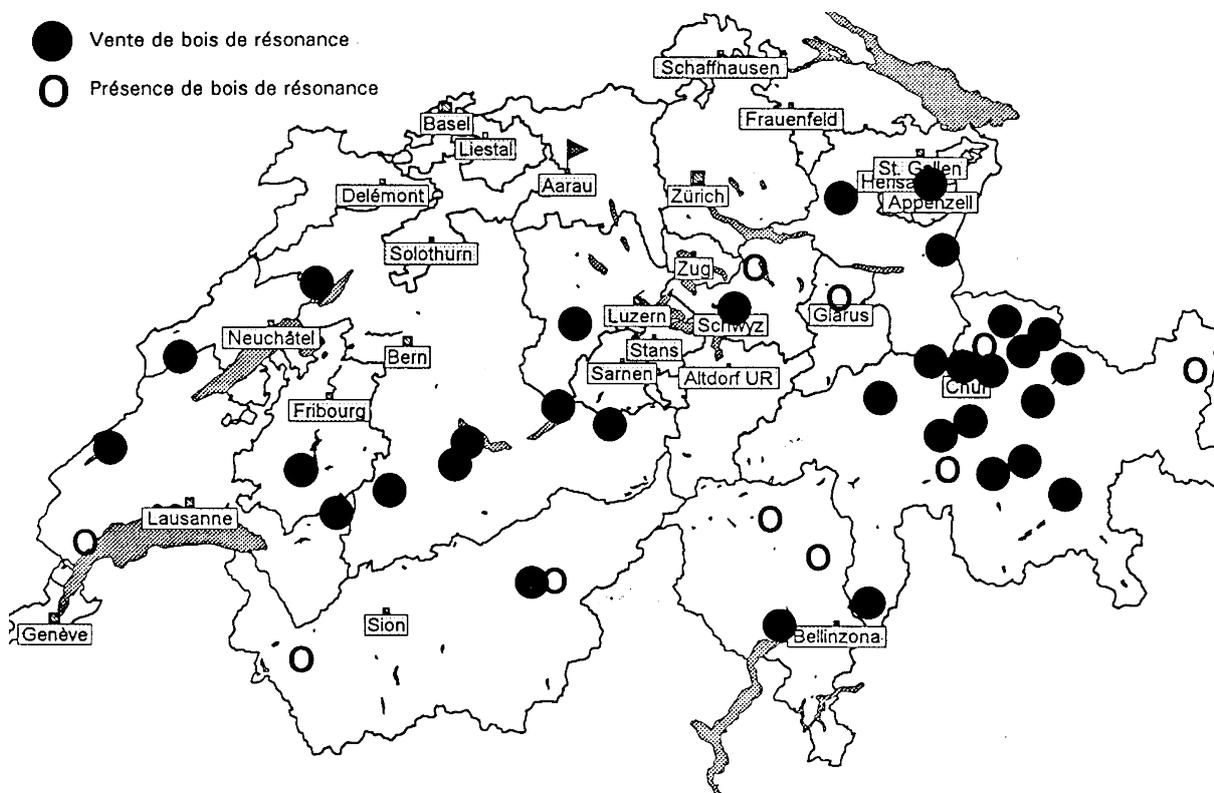
Il n'est guère possible d'obtenir des chiffres précis sur le volume de bois de résonance sur pied. Pour les raisons évoquées ci-dessus, un tel inventaire serait hors de prix. Mais les statistiques concernant le bois rond commercialisé en tant que bois de résonance en Suisse ou dans le monde sont aussi inexistantes. Les raisons en sont que

- les statistiques habituelles de vente de bois rond ne tiennent pas compte du bois de résonance
- la plus grande partie du bois de résonance est probablement identifiée puis écoulée à partir des scieries, et non directement de la forêt; l'information sur ce sujet n'est cependant disponible qu'au compte-goutte
- dans certains pays ou régions, on vend le bois sur pied, ce qui empêche de connaître les assortiments finalement livrés par les coupes.

Mais il n'est pas nécessaire de connaître les chiffres du commerce de bois de résonance pour écouler son bois sur le marché. L'important est de vouloir commercialiser ce produit et de savoir que la demande existe:

- la production d'instruments de musique nouveaux dans le monde reste très forte et demande un approvisionnement régulier
- les possibilités de production des forêts européennes ont chuté dans certains pays et pourraient diminuer dans d'autres (épuisement des réserves exploitées non durablement, raccourcissement des périodes de rotation)
- les marchands de bois de résonance sont continuellement à la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement et peinent à trouver certains assortiments
- un phénomène de substitution se développe depuis quelques dizaines d'années, ce qui révèle la demande. D'autres essences, comme par exemple l'épicéa de Sitka, le sapin de Nordmann, le Red Cedar, le Séquoia sempervirens concurrencent l'épicéa européen. Une concurrence pourrait se développer aussi à partir de produit synthétiques (fibres de carbone). C'est pourquoi il est important que les forêts alpines puissent apporter suffisamment de produits de qualité sur le marché, et cela de façon durable.

La carte ci-dessous montre que le bois de résonance est présent en Suisse dans toutes les régions forestières de montagne. Données: enquête auprès des arrondissements forestiers (Galli, 1998,), complété.



Illustr. 3: Vente ou présence de bois de résonance confirmée par l'arrondissement forestier

Source: G. Galli, 1998, complété

5.3.3 Les assortiments recherchés

En principe, le propriétaire de forêt ne s'occupera pas lui-même de définir les diverses utilisations possibles du bois de résonance qu'il met en vente. Son effort principal portera sur l'identification des billes de haute qualité, répondant aux critères suivants:

- qualité bois de résonance (voir 5.1.2 Critères d'identification)
- diamètre aussi large que possible, au minimum 45 cm
- en principe bille de pied (mais les parties supérieures sont également recherchée si le diamètre suffit)

La recherche du bois de résonance adéquat se complique lorsque les dimensions des produits finis prennent de l'ampleur. Il est devenu difficile de trouver des diamètres et des qualités de billes suffisantes pour les violoncelles et les guitares (plus de 20 cm de largeur pour une demi-table). Les billes nécessaires pour ces instruments doivent mesurer au moins 55 cm de diamètre.

Les prix payés pour les billes «haut de gamme» (Frs par m3)

350 SFr/220 euros pour les petits diamètres (produits de fentes)

600-700 SFr/390-440 euros pour des billes jusqu'à 55 cm de diamètre

880 Sfr (max.1250)/550 euros (max.780) pour la plus belle qualité (qualité «guitare» ou «violoncelle»)

Exemple de produits semi-finis fabriqués par le marchand de bois de résonance

(Michaud, 1999)

Table de guitare (2 planchettes)

Longueur = 55 cm largeur = 21 cm épaisseur = 0,4 cm (x2)

(cernes étroits et réguliers, pas de bois de compression, rigide)

Table de violoncelle (2 planchettes)

Longueur = 85 cm largeur = 24 cm épaisseur = 1,5/4,5 cm (x2)

(largeur de cernes en diminuant, bois léger, pas de fibre torse)

Table de clavecin (7 planchettes, au total 100 cm de largeur)

Longueur = 1,7 à 2,3 m, largeur = 10 à 16 cm épaisseur = 0,6 cm

(planchettes voisines dans la bille, cernes réguliers, sans poches de résine, sans branches)

5.3.4 Les proportions de bois de résonance dans les coupes

Diverses coupes ont été visitées en France, en Italie et en Suisse et des renseignements ont été obtenus par ailleurs auprès de marchands, de scieurs et de forestiers au sujet des proportions de bois de résonance dans d'autres régions. Elles confirment la rareté du bois de résonance, en particulier le bois «haut de gamme». Il existe cependant des filières de commercialisation pour des billes moins parfaites, mais tout aussi recherchées par les marchands. Car même lorsqu'une bille comporte des défauts, certaines de ses parties peuvent livrer un bois de résonance parfait. La question n'est pas alors celle de la qualité du produit semi-fini, mais celle de la rentabilité du travail de transformation (beaucoup de travail pour peu de planchettes).

La proportion de billes de bois de résonance de qualité supérieure (où toute la bille est estimée excellente) est de l'ordre de 1% dans les forêts connues pour leur bois de bonne qualité. Cette proportion peut, rarement, monter à plusieurs pour cents (5%,...) pour des parties exceptionnelles..

La situation est différente pour des coupes produisant un excellent bois, mais où les billes ne satisfont pas dans toutes leurs parties aux critères «haut de gamme» (branchus d'un côté, blessures, pourritures...). Pour un prix qui varie entre 200 et 400 francs par m3 (c'est une question de négociation), ce bois peut être vendu comme qualité de résonance de deuxième choix. Ce même bois, vendu dans le circuit normal, rapporterait entre 80 et 200 francs.

Les douze exemples ci-dessous illustrent la grande variabilité des proportions de bois de résonance vendus selon la qualité des peuplements et les besoins de l'acheteur.

Exemples concrets de proportions de bois de résonance dans des coupes d'éclaircie ou de rajeunissement (CH, F, I)

Région	Volume de coupe (m ³)	% bois réson.	Remarques
Risoud VD 1999*	200	0,8	1 bille, 700 Sfr/m ³
Jura VD scierie 1998*	200	0,5–1	+ 2% bois réson. qualité moyenne
1/ Risoux F 1998*	352	0,6	2 billes, 750 Sfr/m ³
2/ Risoux F 1998*	479	1,1	4 billes, 800 Sfr/m ³
3/ Risoux F 1998*	350	0,7	2 billes, 650 Sfr/m ³
4/ Risoux F 1998*	507	1	5 billes, 650/350 Sfr/m ³
Klostern GR 1996	212	100	44 billes, 360 Sfr/m ³ ; pourriture au centre
Klostern GR 1999	77	100	60 billes, 180-330 Sfr/m ³ ; qualité n à rouge
1 / Val di F. 1998**	500	0	bois réson. pour piano; 550-800 Sfr/m ³
4 / Val di F. 1998**	200	6,5	en partie avec pourrit. peu étendue au centre
2 / Val di F. 1998**	70	3,5	bois réson. pour piano; 550-800 Sfr/m ³
3 / Val di F. 1998**	700	3,5	bois réson pour piano; 550-800 Sfr/m ³

* recherche de billes «haut de gamme».

** forêts de Paneveggio

La haute proportion de bois de résonance dans le Val di Fiemme est certainement due à la haute qualité moyenne de ses bois. Mais elle découle aussi du genre de produit recherché par l'acheteur local, qui construit des tables de piano et qui utilise des planchettes plus étroites que les luthiers.

Autres exemples

L'administration forestière bavaroise gère des coupes qui se montent à 2 mio de m³. Le bois de résonance y participe pour 200 à 400 m³, soit 0,1 à 0,2 p. mille. Il faut toutefois préciser que seule une minorité des stations forestières concernées se situent dans la zone de croissance du bois de résonance, dans les montagnes bordant la frontière orientale de la Bavière, ainsi que dans les régions alpines (Starke, 1998).

A l'extrême opposé, on relate des proportions impressionnantes de bois de résonance en Slovénie dans la région de Pokijuka (Kuen, 1997). Selon cette source, le bois de résonance se monterait à 5 à 10% de l'ensemble de la production, pour un prix trois fois supérieur à la moyenne des assortiments d'épicéa. Ce prix pourrait indiquer qu'il ne s'agit pas entièrement de bois de qualité supérieure.

5.3.5 Exemple d'une double sélection et d'une collaboration réussie

La coupe de bois décrite ci-dessous a été martelée par le forestier dans un but sylvicole (éclaircie), puis achetée sur pied par un scieur. Celui-ci a autorisé le marchand de bois de résonance à effectuer une présélection sur les tiges déjà marquées. Les tiges ainsi sélectionnées (45 m³) ont été achetées en commun par le marchand de bois de résonance et par un producteur de boîte à fromage (haute qualité de bois recherchée pour tranchage). En scierie, les billes ont pu être examinées à nouveau et la sélection finale par le marchand de bois de résonance s'est montée à 6 m³. Ainsi, les utilisateurs de bois «haut de gamme» ont pu opérer un choix optimal de la qualité recherchée pour leur produit spécifique, sans devoir acheter en bloc un lot contenant des qualités trop élevées ou trop basses. Cette sélection réussie du produit brut a demandé cependant un grand effort de communication,

basé sur des années de contacts et d'essais infructueux de collaboration entre plusieurs professionnels du bois.

Processus de sélection de la forêt à l'atelier de bois de lutherie (Jura français, 950 mètres, peuplement à tendance jardinée d'épicéas, sapins blancs et hêtres)

surface de forêt concernée (éclaircie)	15,3 ha
volume martelé:	592 m ³
nombre d'arbres martelés:	383
choisis (sur pied) par le marchand de bois de résonance:	45 m ³
finalement sélectionné (qualité de pointe):	6 m ³
volume restant (bonne qualité pour autres utilisations; ici: boîtes à fromages):	39 m ³

Résultat: environ 1% de bois de résonance (haute qualité pour lutherie fine: guitares, violons de maîtres).

Remarque: une proportion plus élevée de bois de résonance aurait pu être identifiée si le produit recherché avait été différent (qualité plus basse, autres instruments de musique)

5.3.6 Exemple de vente de bois de résonance «avec défauts»

L'exemple suivant de vente de bois comportant des défauts majeurs (d'un point de vue d'une utilisation habituelle) est intéressant du point de vue commercial. Il montre que les filières de mise en valeur de produits «haut de gamme» sont parfois plus flexibles qu'on ne pourrait le croire. Le produit brut doit présenter des qualités de base (fibre droite, grain fin etc.), mais les défauts ponctuels (branche, pourriture) peuvent ne jouer qu'un rôle secondaire (photo 7). La flexibilité sera d'autant plus grande que le diamètre de la bille sera important. Seul l'acheteur sait comment il peut valoriser son bois, en fonction des besoins de ses clients. Il est donc important de maintenir des relations suivies avec les acheteurs de bois de résonance afin de profiter des occasions qui se présentent.

Données de la vente de bois de résonance «avec défauts» (Klosters, 1999)

Qualité	volume m ³	bois normal Frs./m ³	résonance Frs./m ³
n	16	200	330
f	40	140	280
r	21	85	180

Billons: diamètre moyen = 60 cm
longueur moyenne= 4,53 m
volume moyen: 1,29 m³

5.3.7 Bille isolée

Des cas de vente de billes isolées ont également été suivis.

Un marchand ou un facteur d'instruments se déplace parfois pour une belle bille.

Le prix offert varie en général de 600 à 1000 francs par mètre cube. Le risque de ne pas conclure la vente reste évidemment élevé (l'oeil de l'acheteur est moins optimiste que celui du vendeur...). Le problème principal lors de la vente d'une bille isolée est celui du rendement de l'opération: temps de déplacement et coût de transport. Si l'on veut éviter les pertes de temps, le vendeur doit pouvoir juger de la qualité de la bille supposée «bois de résonance» et si possible connaître les goûts et besoins de l'acheteur. A l'inverse, l'opération a plus de chance de réussite si l'acheteur connaît déjà la forêt et ses bois et peut s'imaginer le type de produit qui l'attend (photo 8).

L'écoulement de billes de résonance isolées pose des problèmes de logistique et de rentabilité. La solution est à chercher dans le regroupement régional des bois de qualité dans des ventes séparées. Des exemples positifs de changements de la politique de vente existent (Eggenberger, 1999)

5.3.8 Estimation du potentiel commercial à l'échelle régionale ou nationale

Pour les raisons déjà énoncées, il n'est pas possible d'estimer le potentiel de production en bois de résonance d'une manière précise. Les coûts d'un inventaire même rapide seraient disproportionnés et les difficultés méthodologiques resteraient importantes.

De plus, la commercialisation dépend autant du marketing et des relations particulières avec les clients que du potentiel effectivement à disposition en forêt.

Avec les données disponibles actuellement, il est cependant possible de proposer une estimation prudente par extrapolation.

Base d'estimation No1: Estimation des inspecteurs du canton des Grisons

Dans son travail de diplôme, Galli a recueilli les estimations des inspecteurs forestiers quant à la quantité supposée de bois de résonance sur pied dans leur arrondissement. Les réponses à cette question, évidemment très difficile à traiter, ont été les plus complètes dans le canton des Grisons, où le commerce des bois de résonance semble plus présent que dans les autres régions. On peut supposer que les estimations reposent sur les résultats de vente de ces dernières années. Quant à celles-ci, elles sont pour l'essentiel le résultat des demandes actives de la part des marchands de bois de résonance, le tri des bois de résonance n'étant pas systématique. Le potentiel est donc certainement sous-estimé. A partir de ces données, nous proposons l'extrapolation suivante:

Estimation de neuf arrondissements (env. 50'000 ha):

> 3500 m³ de bois de résonance sur pied

Extrapolation Alpes et Préalpes suisses (entre 1000 et 1800 m: 440'000 ha):

>30'000 m³ bois de résonance sur pied.

En estimant que ce potentiel est exploitable sur une période de 30 à 50 ans, la production potentielle de bois de résonance se monterait pour la forêt suisse à plus de 600 à 1000 m³/an

Cet ordre de grandeur est à considérer comme un minimum.

Base d'estimation No2: proportion de bois de résonance dans les coupes

Les diverses observations réalisées dans les coupes de bonne qualité conduisent à des proportions voisines de 1% (0,5 à 2%). En reportant cette donnée sur l'ensemble du territoire, on obtient 3000 m³ de bois de résonance exploitable par an:

critère	volume bois d'épicéa
production Suisse grumes	2,9 m ³
./. ./. ./. ./. ./.	1,4 mio m ³
./. ./. ./. ./.	1,0 mio
./. ./.	0,3 mio
./.	3000 m ³

Par ces deux méthodes d'approche, on obtient un ordre de grandeur comparable du potentiel de production de bois de résonance en Suisse, soit 1000 à 3000 m³ de bois de résonance par année.

Ce volume de bois de résonance équivaut à une plus-value financière de 500 à 800 francs par m³, soit un ordre de grandeur de un à deux millions de francs par année en faveur des propriétaires forestiers (à condition qu'ils sélectionnent eux-mêmes le bois).

5.3.9 Problèmes de commercialisation du bois de résonance

Si l'on excepte l'activité artisanale ou épisodique de quelques forestiers et marchands de bois de résonance, ce produit est peu pris en compte lors de l'exploitation et du tri des bois. Même dans les lots, le vendeur ne tente que rarement de repérer la présence éventuelle du bois de résonance et d'en tirer parti lors des soumissions. A part de rares exceptions, les propriétaires forestiers n'ont d'ailleurs pas établi de relations suivies avec des marchands de bois de résonance pour commercialiser cet assortiment précieux. Les exemples connus de commercialisation sont dus à l'initiative des marchands qui inspectent des coupes ou des parcs à grumes lors de leurs tournées européennes.

La valorisation déficiente du bois de résonance est certainement due aussi aux méthodes de commercialisation en vigueur. Les propriétaires qui voudraient sélectionner les billes de qualité seraient menacés de boycott par les acheteurs locaux, qui se plaindraient de voir les lots «écrémés» avant la vente.

Problèmes que les forestiers pensent rencontrer s'il fallait commercialiser plus efficacement le bois de résonance

Nos observations, de même que l'enquête de Galli (1998), ont montré les difficultés réelles ou supposées rencontrées dans l'optique de mieux commercialiser le bois de résonance séparément. Seule une minorité a déclaré que la vente séparée ne causerait aucun problème. Dans un cas, on a répondu que la vente séparée des bois de valeur aux enchères était déjà bien établie. Ci-dessous, un choix représentatif des réponses des ingénieurs forestiers d'arrondissement à la question «A quels problèmes vous attendez-vous en cas de ventes séparées du bois de résonance? »:

Problèmes supposés avec acheteurs de bois/Vermutete Probleme mit den Holzkäufern

- *Unwille der Holzkäufer, wenn die schönsten Stämme aus der Submissionsmasse herausgenommen werden*
- *Holzkäufer könnten verärgert werden, wenn «Filet-Stücke» separat verkauft werden*
- *Regelmässige Kunden befürchten, dass sie weniger Holz bester Qualität bekommen werden*
- *Jalousie des scieurs*

- *Cela serait ressenti comme un écrémage des bois*
- *Vos pouvez acheter une bille, mais s'il vous plaît, ne passez pas par le village... le scieur pourrait vous voir...*

Identification du bois de résonance / Erkennen des Klangholzes

- *Klangholzmerkmale schlecht bekannt*
- *Kaum jemand erkennt im Polter das Resonanzholz!*
- *Tri, défauts cachés*
- *Sélection des bois difficile*

Organisation de la vente / Verkaufsorganisation

- *Grosser Aufwand zum Aussortieren; Restsortiment unter Umständen schlechter verkäuflich, schlechter Preis*
- *eventuell zu kleine Mengen (teurer Transport)*
- *Transportproblem – in Kombination mit üblicher Nutzung aber lösbar*
- *Suche nach Abnehmer*
- *La vente est très chère (temps nécessaire)*
- *Vente sur pied, donc pas de sélection possible*
- *Quantités insuffisantes*

Pas de problèmes / Keine Schwierigkeit

- *kein Problem, wir führen jedes Jahr einen Wertholzverkauf für den Forstkreis durch*
- *Die Probleme dürften eher psychologischer als technischer Art sein*

Conclusions et propositions:

Il existe différentes raisons qui expliquent la mauvaise commercialisation du bois de résonance

- commercialisation peu efficace du bois de qualité en général
- pratiquement pas de transformation du bois de résonance en Suisse même
- peu de débouchés possibles en Suisse pour les produits semi-finis
- formation insuffisante du personnel forestier
- difficultés logistiques pour de petites quantités
- comportement passif et anxieux en face des acheteurs (scieurs ou marchands de bois), maintien des traditions à l'avantage des acheteurs habituels

Comme la liste de ces problèmes n'est pas particulière au bois de résonance, mais à la commercialisation des bois de haute qualité en général, la solution est à chercher en commun avec les producteurs et les acheteurs des produits «haut de gamme».

Au niveau logistique, des centrales de vente permettraient une organisation des transports et des ventes plus professionnelle. De plus, des possibilités inédites sont maintenant offertes par les bourses électroniques internationales des bois.

La formation, enfin, peut facilement être améliorée à tous les niveaux.

5.4 Valorisation des résultats pour la recherche et la pratique

Les résultats de la présente étude ont déjà été valorisés de diverses manières et peuvent encore continuer à l'être. Les principaux domaines de valorisation sont les suivants:

5.4.1 Réseau de contacts

Le réseau de contact établi durant la durée de l'étude est à disposition des politiciens, des chercheurs et des praticiens intéressés. Elle contient des adresses de professionnels directement intéressés par le bois de résonance et dont la plupart ont été contactés par le projet. Les spécialités représentées sont:

- facteurs d'instrument de musique
- forestiers/propriétaires forestiers
- marchands de bois généralistes
- marchands de bois de résonance
- chercheurs (forêt, bois, ethnologie, sociologie)

voir liste d'adresse ci-dessous

5.4.2 Cours de perfectionnement/colloques/enseignement

Le premier cours dédié au bois de résonance s'est déroulé en octobre 1999 à Saas GR. Organisé sous forme de colloque et d'exercice pratique, il a trouvé un excellent écho chez les divers corps de métier représentés: facteurs d'instruments, forestiers, propriétaires, chercheurs, politiciens. L'enthousiasme pour le produit ne manque pas auprès de tous ces praticiens concernés. Mais ils doivent recevoir un appui professionnel pour une commercialisation efficace et utile du bois de résonance. La demande s'adresse aux associations de propriétaires en premier lieu. Le rapport de ce colloque est annexé (photo 16).

Un second cours est agendé en novembre 2000 au Pays d'en Haut/VD.

Les travaux du projet ont été présentés à un colloque de l'EPFZ en décembre 1997 et au colloque internationale de Lajoux/F en octobre 1999. Plusieurs heures d'enseignement et une journée d'excursion ont eu lieu avec les élèves de l'école suisse de lutherie de Brienz (photo 15).

5.4.3 Travail d'information dans les médias professionnels et grand public

Des articles dans la presse professionnelle forestière (Bündner Wald, Wald und Holz) et dans les médias grand public ont paru. Deux chaînes de télévision, DRS-rétoromanche et RSI, ont même présenté le cours de perfectionnement de Saas en octobre 1999 et la question du bois de résonance au journal du soir. Les journaux Südschweiz / Bündner Zeitung y ont aussi consacré des articles.

5.4.4 Conseils (demandes de renseignements)

Durant le déroulement du projet, diverses demandes ont été adressées à l'auteur au sujet du bois de résonance (forestiers et marchands de bois).

Projet "Valorisation du bois de résonance en Suisse" Projet "Aufwertung des Resonanzholzes in der Schweiz"

PERSONNES RESSOURCES BOIS DE RESONANCE

FACHPERSONEN RESONANZHOLZ

R = Recherche/Forschung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
iss. Recherche (Res.-HOLZ)	estron des torets avec BK albewirtschaftung mit RH	andel mit Res.Holz/Sägerei	usikinstrumentenbau	aditions bois (R=Recherche) aditionen Holz (R=Forschung)	inique bois et foret ald- und Holzpolitik	ansfert recherche-pratique msetzung Forschung-Praxis	ontact avec le projet: oui ontact mit dem projekt: ja	Prénom	Nom	Rue/entreprise	Nb postal	Localité
		x							Amacher Holz AG	Sägerei	3858	Hofstetten
				R			x	Christen	Audet	63, Bd de Brandebourg	F-94205	Ivry
		x			x		x	Paul	Barandun	SELVA - Bahnhofplatz 8	9000	Chur
R	R						x	Ion	Barbu	Institut de rech. forestier	RO-	Câmpulung
R			R				x	Dr. Mihaly	Bariska	ETH-Zentrum	8092	Zurich
			x				x	Thomas	Bellwald	zum Blauen Stein	3930	Visp
	x						x	Marcel	Berdoz	Les Ebrays	1836	Rossinières
		x					x	Jakob	Berger	Seewis-Station	7214	Grüsch
	x						x	Jean-Louis	Berney	Arrdt. forestier 11	1342	Le Pont
		x						Franz	Betschart	Sägerei	6436	Ried-Muotathal
x							x	Genka	Bluskova	University of Forestry	BUL-1756	Sofia
		x	x	x			x	Philippe	Bodart	53, Grande Rue	F-25000	Besançon
	x				x		x	Jean-Yves	Bouvet	14, rue Plançon BP 329	25017	Besançon cedex
					x		x	SR Christoffel	Brändli	Auwaldweg 7	7302	Landquart
R							x	Voicita	Bucur	INRA	F-54230	Champenoux
		x		x				Camille	Charrière	Les Riaux	1654	Cerniat
R							x	André	Clément	INRA	F-54230	Champenoux
						x	x	Jean	Combe	CP 96	1015	Lausanne
						x		Marco	Conedera	CP 57	6504	Bellinzona

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	x						x	Bruno	Crosignani	Ufficio Distrettuale Forestale	I-38033	Cavalese
	x	x				x	x	Philippe	Domont	Rebbergstrasse 45	8049	Zurich
	x	x					x	Francesco	Dr.Dellagiacomma	Ufficio Forest. Doman.	I-38033	Cavalese
		x					x	Andreas	Eggenberger	Revierforstamt	9472	Grabs
			x				x	Fortunat	Ferrari	Hörbrigstr.35	9011	St-Gallen
		x	x					Kurt	Fischer	Aspistrasse 13	5605	Dottikon
	x							Martin	Flury	Revierförster	7233	Jenaz
		x						Bruder	Fuchs	Am Fischweiher 40	D-82481	Mittenwald
			x					Johannes	Fuchs Johannes	Meistersrüte	9050	Appenzell
	x						x	Joseph	Gabriel	Postfach 656	6431	Schwytz
x							x	Giovanni	Galli	via Martelli 17	6987	Caslano
R	R						x	Nicolae	Geambasu		R-	Bucuresti
			x					Fabrice	Girardin	Rue Numaz-Droz 19	2300	La Chaux-de-Fonds
		x					x	Andreas	Gleissner	Mozartstr.12	D-91088	Bubenreuth
		x						Klaus	Gotz	Postfach 1709	D-91007	Erlangen
	x	x					x	Stephan	Hagmann	Revierförster	7235	Fideris
				R				Prof. Dr. Albert	Hauser	Schlosssbergstrasse 12	8820	Wädenswil
		x					x	Jacques-Aimé	Henchoz	scierie	1831	L'Etivaz
R							x	Rose-Marie	Hofer	Institut de biologie et phys. végét	1015	Dorigny
			x	x			x	Hansruedi	Hösli	Kt.Geigenbauschule	3855	Brienz
			x	x				Rémy	Hug	2, rue des Ecrivains	F-67000	Strasbourg
			x	x			x	Rudolf	Isler	Hirschengraben 22	8001	Zürich
		x							Jäger	Holzhandel	7307	Jenins
		x						Fred	Jaggi	Schreinerei	3863	Nessental
		x						Hans	Kasper	Holzhandel	7214	Seewis-Schmitten
x								Dietmar	Kluck	Institut für Musikinstrumentenbau	D-08267	Zwota
	x							Hans	Kohler	Bannwart	3860	Meiringen
		x						Heinz	Kreutzer	Hüsselmühle 3	D-82481	Mittenwald
				R			x	Pierre	Lamarque	22. Grande-Rue	F-39400	Longchaumois
		x					x	Jean-Marie	Lehmann	BP 69	1619	Les Paccots
			x				x	Pierre	Louis	Ch.de Poudeille 2d	2520	LaNeuveville
		x					x	Horst	Meyer	Neue Aarauerstr. 5	5034	Suhr
	x	x					x	Bernard	Michaud	Fertans	F-25330	Amancey
SYLVACOM Etude de Bois de résonance, 3/2000									Michel & Co	Sägerei	3855	Brienz

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		x					x	André	Mottier	Le Pré	1837	Les Moulins
				R			x	Olivier	Nougarède	63, Bd de Brandebourg	F-94205	Ivry
		x	x				x	Fabio	Ognibeni	Loc. Piera 18	I-38038	Tesero
			x				x	Maurice	Ottiger	xx	xx	Les Paccots
			x				x	Bernhard	Pfister	Jecklin Musik AG Rämstr.30	8001	Zürich
	x						x	Peter	Rovina	Försterschule	3924	St-Niklaus
			x					Karl	Roy	Riedscharteweg 2	D-82481	Mittenwald
		x							Ryter AG	Sägerei	3714	Frutigen
R								Jean-Luc	Sandoz	EPFL - Ch. de Bellerive	1007	Suisse
	x						x	Ruedi	Schorro	Werkhof Forstamt	7250	Klosters
	x						x	Dr. Jürg	Stahel	Rufenastrasse 10	7250	Klosters
		x						Bruno	Starke	Staatl. Sägewerk - Hauptstr.32	D-94518	Spiegelau
		x						Anton	Stohr	Braeueninghoferstr. 14	D-91083	Baiersdorf
	x							Eric	Treboux	La Croix	1269	Bassins
		x						Daniel	Turrian	agriculteur	1839	Flendruz
		x	x				x	Gliga	Vasile	Str. Pandurilor 120	RO-4225	Reghin
R							x	Pierre	Vollenweider	Postfach	8903	Birmensdorf
			x	R				Jürgen	von Stietenron	Schlossbergstr.11	D-78476	Hegne
				x				Rudolf	Walli Sen.		7240	Küblis
	x							Hanspeter	Weber	Revierförster	3855	Brienz
	x						x	Hans	Weissmüller	Riedern	3755	Horboden
		x						Beat	Weyeneth		3765	Oberwyl
		x							Wilhelm Suter Söhne	Sägerei	6436	Ried-Muotathal
		x						Jürg	Wüst	Sandhübelweg 22	5103	Möriken
	x							Felix	Wys	Revierförster	7232	Furna
					x		x	Christoph	Zahn	Postfach	3003	Bern
	x							Jakob	Zaugg	Revierförster	3703	Aeschiried
					x		x	Stefan	Zeltner	Bavurca 42	7014	Trin
			x				x	Ulrich	Zimmermann		3855	Brienz
						x	x	Pier Carlo	Zingari	OEFM - Les Thermes	F-73230	St.Jean d'Arvey
R				x			x	Ernst	Zürcher	ETH Zentrum	8092	Zürich

6 Recommandations pour valoriser le bois de résonance

Nous avons identifié cinq domaines où des améliorations seraient utiles pour donner au bois de résonance la place qui lui revient dans l'économie forestière et dans la transformation du bois.

6.1 Développer le marketing et la logistique pour le bois de résonance (et pour les bois de qualité en général)

Les difficultés rencontrées pour mettre le bois de résonance sur le marché ne font que révéler une politique insatisfaisante de mise en valeur des bois «haut de gamme» sur le marché international. Les problèmes sont autant d'ordre psychologique que logistique. Le type de relation avec les marchands de bois, les traditions de vente, sont aussi importantes que les problèmes de transport (voir 5.3.9).

Il s'agit en particulier de:

- améliorer le réseau de contact entre les partenaires concernés par le bois de résonance (forestiers, propriétaires, marchands de bois, scieurs, facteurs d'instruments de musique)
- organiser des systèmes de vente regroupant les bois de valeur à l'échelle régionale (certains propriétaires pratiquent déjà cette idée; ils n'ont pas été abandonnés par les marchands de bois, au contraire)
- utiliser les moyens électroniques modernes: développer les bourses des bois
- introduire l'assortiment bois de résonance dans les usages du commerce des bois
- créer une fiche technique „bois de résonance“

6.2 Intégrer le bois de résonance dans les politiques de sylviculture et de biodiversité

Par ses particularités physiques et biologiques, les épicéas à bois de résonance font parties des végétaux à conserver dans le cadre des politiques en matière de sylviculture et de biodiversité.

Il s'agit en particulier de

- intégrer les épicéas à bois de résonance dans les réserves génétiques
- appliquer les mesures sylvicoles favorables
- garder des périodes de rotation assez longues (diamètres!)

6.3 Compléter la formation dans le domaine forestier et dans le domaine du bois

Le bois de résonance, tout comme d'autres bois précieux, mérite d'être mieux connu. Les filières de formation de la forêt et du bois pourraient y accorder davantage d'importance, en relation avec les autres produits «haut de gamme» livrés par la forêt

Il s'agit en particulier de

- compléter les programmes d'enseignement (domaines concernés: propriétés et utilisation du bois, marketing, sylviculture, relations publiques, sociologie)
- créer des documents didactiques sur le bois de résonance (dossiers, fiches techniques, documents audiovisuels etc.)

6.4 Intégrer davantage les bois «haut de gamme» en tant que vecteur d'image dans les relations publiques de la forêt et du bois

Le bois de résonance est un des plus puissants vecteurs d'image qui soit pour la forêt et pour le bois en général. Des valeurs profondément enracinées peuvent être portées par cet assortiment: rareté, travail soigné, produit «haut de gamme», lien avec l'histoire, lien entre tradition et le high tech, lien entre la forêt (nature) et la musique (culture), etc.,

Il s'agit en particulier de

- intégrer le bois de résonance dans les activités d'information et de relations publiques: prospectus touristiques, guides d'excursion, expositions, concerts, séminaires, travail avec les médias, manifestations en commun avec d'autres corps de métier etc.

6.5 Etudier et faire connaître les traditions concernant le bois de résonance et les autres bois précieux

- favoriser l'intérêt interdisciplinaire pour l'étude des traditions mises en rapport avec les connaissances actuelles: exploitation forestière, récolte du bois (date d'abattage!), manutention du bois, travail du bois, facture d'instrument de musique etc.
Angle d'approche: sciences naturelles et forestière, ethnologie, sociologie, histoire et d'autres.

7 Bibliographie

- Badea M.* 1972: In problema gospodarii padurilor cu lemn de rezonanta. Rev. Padurilor 87: 358-361.
- Bariska M.* 1996: Zur Geschichte der Holzverwendung beim Musikinstrumentenbau. Schweiz.Z.Forstwes. 147(9): 683-693.
- Bariska M.* 1978: Klangholz, Holzinstrument, Musik. Naturwissenschaftliche Rundschau (2): 45-52.
- Bariska M.* 191984: Buschtrommel und Geige. In: Wälder für die Menschen, (Küchli, C., Editeur). Kümmerly + Frey: 49-80.
- Barszcz A.* 1987: Analysis of the basis of resonance wood on the ground of supplies of the raw material to the Music Industry Plant in Jordanow (en polonais). Sylwan 5: 41-48.
- Blossfeld O., Holz, D.,* 1984: Ueber die Aushaltung, Sortierung und Verwendung von Klangholz in der DDR. Sozialistische Forstwirtschaft 34(3): 90-91.
- Blossfeld O.; Hasemann W.* 1964: Untersuchungen über die Holzeigenschaften verschiedener Verzweigungsformen der Fichte (*Picea abies* Karst.). Archiv für Forstwesen (10): 1007-1030.
- Blossfeld O.; Haasemann W.; Haller K.* 1962: Klangholz und Klangholzsortierung. Sozialistische Forstwirtschaft 12(5): 140-144.
- Bucur V.* 1983: Vers une appréciation objective des propriétés des bois de violon. Revue forestière française 35(2): 130-137.
- Bucur V.* 1987: Varieties of resonance wood and their elastic constants. Journal of the Acoustical Society 47: 42-48.
- Bucur V.,* 1999: Les propriétés acoustiques du bois d'épicéa de résonance en rapport avec sa structure; In: Journées Internationales d'information sur le bois de résonance. Parc national du Haut Jura, Lajoux/F INRA, F-54280 Champenoux Actes des Journées, non publié.
- Cherches D.* 1997: Présentation des méthodes d'aménagement et de gestion forestière dans le bassin du Vaser – Perspectives pour la production d'assortiments de bois de haute qualité. Baia Mare Document d'excursion; photocopie.
- Clément J.,* 1999: Relation entre les teneurs en éléments minéraux et les vitesses de propagation longitudinales et radiales dans différents bois de résonance In: Journées Internationales d'information sur le bois de résonance; Parc national du Haut Jura, Lajoux/F INRA, F-54280 Champenoux Actes des Journées, non publié.
- Constantinescu N.* 1965: Importanta molidului de rezonanta pentru marirea rezistentei molidisurilor la doborituri de vint. Revista Padurilor 12: 8-10.
- Corona E.* 1990: Anomalie anulari nell'abete rosso di risonanza. L'italia forestale e montana (5): 393-397.
- Decouflé L.* 1986: Bois de palettes? Oui, mais pourquoi pas BOIS DE LUTHERIE?. La Forêt privée 168: 67-75.
- Dellagiacomma F.,* 1999: Klangholz in Paneveggio und im Fleimstal in: Tagungsunterlagen «Klangholz», Tagung vom 15.10.99 in Saas/GR, Sylvacom/Selva.
- Delune L.* 1977: Le bois dans les industries de la musique. Revue forest. française 29(2): 143-149.
- Deutsche Demokratische Republik, Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft* 1982: Fachbereichsstandard DK 634.0.835, Rohholz, Klangholz, Bootbauholz, Zündwarenholz: 107-112.
- Domont P.* 1979: Etudes sur l'épicéa coudrier et sur ses propriétés de bois de résonance. Travail de diplôme, Ecole polytechnique fédérale EPFZ, Zurich; 88 p.
- Dragoi S.* 1993: Differentiation of resonant wood spruce using morphological marker traits. Proceedings of IUFRO (S2.2-11), Symposium of Latvia 1993: 174-178.
- Dragoi S.* 1990: Late expression in the differentional structural characters of resonance and common Norway spruce. Manuscrit , 8 p.

- Eggenberger A.*, 1999: Wertholzverkauf im Werdenberg SG. In: Tagungsunterlagen «Klangholz», Tagung vom 15.10.99 in Saas/GR, Sylvacom/Selva.
- Fanta B.* 1980: Resonancni drevo, jeha potreba a orozeni narustu (Le bois de résonance, sa nécessité et la mise en péril de sa croissance). *Lesnictvi* 26: 655-666.
- Feuerstein A.* 1935: Das Klangholz. *Forstwiss. Cbl.* 57(19): 617-624.
- Galli, G.*, 1998: Eigenschaften und Bedeutung des Fichtenklangholzes in der Schweiz; Diplomarbeit ETHZ, Zürich, Abteilung Forstwissenschaften, 48 p.
- Goetze A.; Mette A.-J.* 1982: Erläuterungen zur Uebearbeitung und Neuordnung der TGL 1579. *Sozialistische Forstwirtschaft* 32: 269-271.
- Hill W.H. et al.* 1987: Antonio Stradivari Der Meister des Geigenbaus 1644 – 1737 Deutsche Verlag-Anstalt 158-175.
- Holz D.* 1984: Ueber einige Zusammenhänge zwischen forstlich-biologisch und akustischen Eigenschaften von Klangholz. *Holztechnologie* (1): 31-36.
- Holz D.* 1973: Ueber bedeutsame Eigenschaften nativer Nadel- und Laubhölzer im Hinblick auf mechanische und akustische Parameter von Piano-Resonanzböden. *Holztech.* 14(4): 195-202.
- Holz D.* 1979: Untersuchungen zum Einfluss von Klebfugen und -schichten auf die akustisch wichtigen Eigenschaften von Resonanzholzplatten aus Voll- und Lagenholz. *Holztechnologie* 20(4): 201-206.
- Horacek J.* 1980: Zdrodje rezonancniho dreva (Quellen des Resonanzholzes). *Lesy Pelhrimovska* 65(4).
- Ille R.* 1975: Eigenschaften und Verarbeitung von Fichtenresonanzholz für Meistergeigen. *Holztechnol.* 16: 95-101.
- Ille R.* 1976: Eigenschaften und Verarbeitung von Fichtenresonanzholz für Meistergeigen. *Holztechnol.* 17: 32-35.
- Kleist G.* 1993: Resonanzholz im Geigenbau – Anforderungen, Merkmale, Untersuchungsmethoden Frankfurt. In: *Das Musikinstrument* 7/1993.
- Kluck D.* 1997a: Einfluss von Faserwinkelabweichungen und Jahrringneigungen auf akustisch wichtige Eigenschaften von Resonanzholz. *Holzzentralblatt* 37/38.
- Kluck D.* 1997b: *Communic. Écrite.*
- Kremer P.* 1976: Fichtenklangholz, Eigenschaften, wirtschaftliche und forstliche Bedeutung. Universität Freiburg i.B. *Travail de diplôme non publié*, 49 p.
- Kucera L.* 1997: *Nondestructive Evaluation of Wood Quality. Manuscrit* 15 p.
- Lehmann J.-M.* 1996: *Communic. orale.*
- Michaud B.*, Vom Wald zum halbfertigen Klangholzprodukt. In Tagungsunterlagen «Klangholz», Tagung vom 15.10.99 in Saas/GR, Sylvacom/Selva.
- Millant R. et M.* 1952: *Manuel pratique de lutherie. Librairie Larousse* 268 p.
- Mottier A.*, 1997: *Communic. orale.*
- Paoletti E.; Bruno V.* 1994: Osservazioni su alcune caratteristiche fenotipiche della picea «di risonanza» nella foresta di Paneveggio (TN). *Monti e Boschi* (5): 8-10.
- Pascovici N.*, 1938: Molidul ca lemm de rezonantâ (Die Fichte als Resonanzholz) Cernauti.
- Pascovici N.; Pascovici V.* 1972: Studii si identificari de statiuni cu molid de calitate superioara (rezonanta, claviatura s.a.). *Revista Padurilor* 87: 595-598.
- Pascovici N.; Pascovici V.* 1973: Din experienta indelungata a cercetarii si gospodarii molidului de rezonanta. *Revista Padurilor* 88: 71-74.
- Penzel G.* 1994: Klangholzproduktion in Slowenien. *Allg. Forstzeitschrift* 22: 1255.
- Pfister B.*, 1997: *communic. écrite.*
- Rédaction anon. 1996: Le bois de résonance du Massif du Jura. *Massif du Jura* (2): 64-72.
- Schmidt-Vogt H.* 1996: *Musik und Wald. Rombach Verlag*, 216 p.
- Sovarel S.* 1988: Posibilitati si premise de selectie si de creare a bazelor de inmultire a molidului cu lemn de rezonanta. *Revista Padurilor* (3): 119-125.
- Stahel J.*, 1997: *Communic. orale.*

- Starke B.*, 1998: Fichtenresonanzholz in Bayern. Actes du colloque «Il legno di risonanza della foresta di Paneveggio» Amministrazione delle foreste demaniali die Cavalese e Primiero, Cavalese/I.
- Steinmann P.* 1978: Essai sur le bois de résonance. Travail de diplôme non publié
- Uzielli L. et al.*, 1993: Studio delle caratteristiche tecnologiche, fenotipiche et cariotipiche dell'abete rosso cosiddetto «di risonanza» della foresta di Paneveggio Università degli studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse.
- Werro H.* 1964: Alte und neue Streichinstrumente, deren Werden und deren Stellung im Musikleben. Schweiz.Z.Forstwes. 115: 761-770.
- Zieger E.* 1960: Untersuchungen über äussere Merkmale, Holzeigenschaften und forstgeographische Vorkommen der Resonanzholzqualitäten bei Fichte und einigen anderen Holzarten. Mitt. Staatsforstverwaltung Bayerns 31: 285-298
- Zimmermann U.* 1996: Anforderungen an das Klangholz. Schweiz.Z.Forstwes. 147(9): 695-702.
- Zürcher E. et al.*, 1998: Tree stem, diameter fluctuates with tide. Nature, vol.392/No 6678: 665-666.
- Zürcher E.*, 2000: Fällzeitpunkt, Mondphasen und Holzeigenschaften. Bündnerwald 2: 58-63.

8 Annexes

8.1 Documents photographiques et commentaires (16 photos en couleur; envoi séparé sur demande)

Photo 1: Silhouettes d'épicéas en montagne

Les épicéas à bois de résonance peuvent présenter diverses silhouettes (celui de gauche a un port en colonne, typique de certaines races montagnardes). L'observation de l'arbre sur pied (p. ex. couronne symétrique, tronc vertical et rond, bille de pied sans branches) donne des indications précieuses sur la qualité possible de son bois.

Photo 2: Peuplement à bois de résonance de la commune de Paneveggio/Val di Fiemme

Certaines coupes peuvent donner jusqu'à 5% de bois de résonance (utilisation locale pour la fabrication de piano). Les arbres de qualité sont pressentis sur pied déjà, mais l'identification par l'acheteur se fait en forêt une fois l'arbre abattu et découpé en billons. Les éclaircies et les coupes de mises en lumière se font avec précaution.

Photo3: Elagage naturel

On trouve des épicéas à bois de résonance aussi bien dans des peuplements purs que dans des peuplements mélangés, dans des forêts équiennes comme dans des forêts jardinées. La présence d'une strate inférieure de végétation est considérée comme favorable (élagage naturel).

Photo 4: Observation de l'arbre martelé

Lorsque la coupe est déjà martelée, il est possible d'enlever un bout d'écorce pour contrôler le fil (la direction des fibres) du bois; les arbres prometteurs seront à nouveau examinés sous forme de billons. Quelques pour cents d'épicéas seront pressentis, en moyenne un pour cent sera acheté. Les marchands de bois de résonance sillonnent l'Europe entière pour rassembler un volume de bois suffisant.

Photo 5: Exploitation dans les forêts de Fiemme/Val di Fiemme

Les billons sont rassemblés à l'aide d'une grue à câble. L'identification des bois se fait sur le parc à grume. Le rajeunissement est partiellement naturel.

Photo 6: Coupe transversale d'un billon

L'observation d'un billon donne des indications supplémentaires à celles obtenues par l'examen de l'arbre sur pied: régularité de la croissance, finesse du bois final, fil du bois, bois de compression, défauts cachés. De nombreuses surprises sont cependant encore possibles (bois lourd, poches de résines, chicots etc.)

Photo 7: Pourriture du coeur

Ce défaut très grave pour les transformations usuelles du bois d'oeuvre n'est pas toujours un défaut pour le bois de résonance (du moins pour le deuxième choix): les planchettes destinées aux instruments de musique sont découpées radialement dans la bille et le coeur n'est pas utilisé.

Photo 8: Bille de bois de résonance isolée

On peut lire «pas dans le lot !» sur cette bille mise de côté par le forestier pour un marchand de bois de résonance. La vente directe d'une bille isolée prend du temps: manutention, contact avec l'acheteur, visite en forêt... sans le succès de vente assuré. Il est plus efficace de regrouper les assortiments de valeur sur un parc central et d'organiser collectivement une «vente qualité»

Photo 9: Parc à grume d'une scierie

Lorsque le scieur est prêt à collaborer, il met les « belles pièce » de côté et avertit le marchand de bois de résonance. Pour ce dernier, il est plus rationnel d'examiner une certaine quantité de bois regroupé sur un parc que de visiter des dizaines de coupes disséminées en forêt.

Photo 10: Quartier de bois de résonance

Le découpage des assortiments de bois de résonance se fait radialement. Pour des raisons de résistance, les cernes du bois qui composent les tables d'harmonie des instruments de musique doivent en effet être dressés. Malheureusement, ce procédé ne correspond pas à la découpe habituelle des assortiments de bois d'oeuvre. Le marchand de bois de résonance doit donc sélectionner son bois avant qu'il ne passe dans la scie.

Photo 11: Atelier d'un marchand de bois de résonance

Un atelier produisant des planchettes pour les fabricants d'instruments doit proposer un grand nombre de produits semi-finis pour plus de dix instruments différents: planchettes de dimensions diverses, produits accessoires utilisés dans la facture des instruments, une gamme de qualités (et de prix), et aussi des particularités satisfaisant le goût de clients très exigeants: caractère coudrier, cernes plus ou moins serrés, provenance etc.

Photo 12: Travail du luthier, une intimité extrême avec le bois

Aucun modèle mathématique n'a pu expliquer de façon satisfaisante le fonctionnement d'un violon, c'est-à-dire le pourquoi d'un son bon, très bon ou excellent. La fabrication d'un violon reste donc toujours une aventure, même pour un luthier expérimenté. L'image professionnelle excellente dont jouissent les facteurs d'instruments rejaillit sur le produit bois et sur la forêt. Et à l'inverse aussi, le bois, produit naturel issu d'une gestion forestière durable, contribue à l'image positive des métiers du bois.

Photo 13: Table de violon

Table de violon ancien, avec des largeurs de cernes relativement importante (1,5 à 2 mm) et une couche de bois final très mince. Contrairement à une opinion répandue, le prix des violons n'est pas rapport logique avec la qualité de leur son, mais plus fortement avec des critères appartenant au marché des antiquités. Il n'y a pas de raison de penser que le bois d'aujourd'hui soit de moins bonne qualité que celui utilisé autrefois. Et les meilleurs luthiers actuels fabriquent d'aussi bons violons que les meilleurs luthiers des siècles passés.

Photo 14: Table d'harmonie de piano à queue

La surface intérieure d'un piano (droit ou à queue) est entièrement recouverte d'une couche de bois de résonance. Cela implique une consommation importante de cette qualité de bois, si l'on songe que plus de 100'000 pianos sont construits chaque année dans le monde. Le piano «haut de gamme» de la photo contient un bois au grain fin, les largeurs de cerne variant de 0,5 à 1,5 mm.

Photo 15: Les futurs luthiers découvrent la forêt

En juin 1999, les élèves de l'école suisse de lutherie de Brienz ont suivi une journée de cours organisée par le projet „Mise en valeur du bois de résonance en Suisse“, dans des forêts de l'Oberland bernois. Le lien avec les arbres et avec la forêt enrichit la relation intime du luthier avec le bois. Par ailleurs, de nombreux luthiers se portent acquéreur de bois de résonance dans la région où ils habitent.

Projet 16: Les forestiers découvrent les besoins des luthiers

En octobre 1999, un cours de perfectionnement sur le thème du bois de résonance a réuni plus de trente forestiers, marchands de bois, propriétaires de forêts et facteurs d'instruments dans le Prättigau (Grisons). But du cours: apprendre à identifier l'épicéa de résonance, chercher des solutions plus actives de commercialisation et mettre les partenaires commerciaux potentiels en relations.