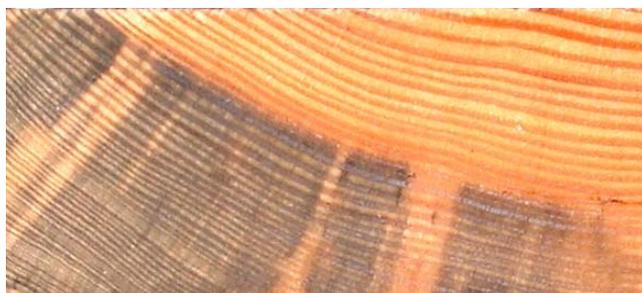




Projet financé par :

- OFEV, Fonds pour la recherche sur les forêts et le bois
- Service des forêts du Canton de Neuchâtel
- Administration forestière de la Bourgeoise de Bienne
- Service des forêts de la Ville de Neuchâtel

**Promotion et développement
des débouchés commerciaux
du pin noir (*Pinus nigra* Arn.)**



Illustrations de gauche : pose d'un bardage exposé aux intempéries en 08.2002, photo Proxylon, 2002

Illustrations de droite : bardage exposé aux intempéries durant 5 ans, 08.2007, photo Proxylon, 2007

Rapport final au 07 décembre 2007

PROXYLON Sàrl,
Case postale 253, 2520 La Neuveville

Responsable de projet : Didier Rérat
didier.rerat @ proxylon.ch
tél 032 / 751.70.05 fax 032 / 751.70.06

TABLE DES MATIERES

POUR LE LECTEUR PRESSE	4
PARTIE I : DEMARCHE DE PROJET	6
1. Recherche de littérature nationale et internationale	6
2. Courrier aux organismes.....	6
3. Conduite d’entretiens et visites de terrain	7
4. Analyses et essais empiriques.....	7
4.1. Evaluation de la qualité du bois selon les phases lunaires	7
4.2. Evaluation de la résistance au rognage par les chevaux.....	7
4.3. Evaluation de la durabilité du bois de pin noir	8
PARTIE II : CONNAISSANCE DE L'ARBRE	9
1. Variétés et répartition géographique.....	9
2. Le pin noir en Suisse	10
3. Ecologie	10
4. Anatomie de l’arbre	11
PARTIE III : CONNAISSANCES DU MATERIAU	12
1. Macroscopie.....	12
2. Teneur en résine.....	12
3. Masse volumique	13
4. Retrait et stabilité dimensionnelle	13
5. Durabilité naturelle	14
6. Bleuissement	15
7. Flexion, compression, traction et cisaillement	16
8. Dureté et résistance aux chocs.....	17
9. Imprégnabilité	17
10. Aptitudes à la mise en oeuvre.....	18
11. Aptitudes à l’usage.....	18
PARTIE IV : EVALUATION DE LA DURABILITE	19
1. Objectif.....	19
2. Méthode.....	19
3. Résultats photographiques – 1 ^{ère} année d’exposition	20
4. Constats – 1 ^{ère} année d’exposition.....	21
5. Perspectives	21

PARTIE V : QUALITE DU BOIS SELON LES PHASES LUNAIRES	22
1. Objectif.....	22
2. Méthode.....	22
2.1. Principe de recherche.....	22
2.2. Choix et abattages des arbres.....	22
2.3. Prélèvements et mesures.....	23
3. Résultats.....	23
3.1. Densité du matériau.....	23
3.2. Perte en eau et retrait volumique.....	24
3.3. Colorations et attaques cryptogamiques.....	24
3.4. Echantillonnage restreint aux 4 premières dates d'abattages.....	24
3.5. Synthèse des essais.....	24
PARTIE VI : RESISTANCE AU ROGNAGE PAR LES CHEVAUX.....	25
1. Objectif.....	25
2. Méthode.....	25
3. Résultats.....	26
3.1. Evaluation d'ensemble et état général de la barrière.....	26
3.2. Analyse du degré et de l'importance du rognage.....	27
3.3. Résultats photographiques.....	28
3.3. Perspectives d'application.....	28
PARTIE VII : FORMES ET DOMAINES D'UTILISATION.....	29
1. Forces du pin noir.....	29
2. Faiblesses du pin noir.....	29
3. Mesures palliatives aux faiblesses du pin noir.....	30
4. Formes historiques d'utilisation.....	30
5. Domaines d'utilisation.....	31
5.1. Charpentes et bois de construction.....	31
5.2. Ouvrages de génie civil.....	32
5.3. Ouvrages d'art.....	33
5.4. Bardages de façades.....	34
5.5. Platelages de terrasses.....	35
5.6. Aménagements extérieurs en bois non traités.....	35
5.7. Agencements d'intérieurs et bois usinés.....	36
5.8. Revêtements de sols, planchers intérieurs.....	37
5.10. Production de bois massif recomposés.....	37
5.9. Bois imprégnés et / ou traités.....	38
5.11. Matériau odorifère.....	38
5.12. Huiles essentielles.....	38
PARTIE VIII : POURSUITE DE LA DEMARCHE.....	39

POUR LE LECTEUR PRESSE

Ce projet a été financé par le Fonds pour la recherche sur les forêts et le bois, Office fédéral de l'environnement, par le Service des forêts du Canton de Neuchâtel, par le Service des forêts de la Ville de Neuchâtel et par l'Administration forestière de la Bourgeoisie de Bienne.

Le projet couvrait une recherche internationale de littérature, de visites d'objets existants, des entretiens avec différents spécialistes, des essais empiriques de mise en œuvre du matériau et de mesures en laboratoire.

Le pin noir d'Autriche (ssp. austriaca) se positionne au quatrième rang des essences exotiques implantées en Suisse. Le matériel sur pied est estimé à 200'000 m³. L'amplitude écologique du pin noir est très large. Le pin noir n'exige que peu de matières nutritives et est très résistant. En Suisse, le pin noir peut atteindre une hauteur de 30 m

En raison de sa résistance aux pollutions chroniques, le pin noir est une essence adaptée aux aménagements urbains. Sa couronne dense et ses aiguilles vertes foncées, font du pin noir une essence appréciée des aménagistes.

Le bois de pin noir présente une grande variabilité de ses propriétés physiques, mécaniques et de sa durabilité naturelle. Cette variabilité est due aux provenances diverses dont l'origine n'est plus connue, à la région, à son climat et à sa station, à l'emplacement et à l'environnement de l'arbre, au stade de développement, à la période et les conditions d'abattages.

L'aubier du pin noir est distinct et jaune pâle. Le duramen est jaune brun. Le veinage est marqué et la proportion de bois d'aubier est importante. Le pin noir présente une forte propension aux nœuds noirs de forts diamètres.

Le pin noir ne contient que 0.3% de résine de plus que le pin sylvestre. L'idée d'un bois fortement enrésiné s'explique par le contenu en térébenthine élevé, rendant la résine beaucoup plus fluide.

La résistance naturelle du pin noir est comparable à celle du pin sylvestre. En extérieur, le bois de pin noir va rapidement noircir, puis grisailier. Comparé au mélèze, le grisaillement est moins argenté et les nœuds présentent une différenciation plus marquée. Le bleuissement est un problème et seules des mesures préventives permettent d'éviter cette coloration.

La masse volumique du bois de pin noir est de 10% supérieure au mélèze. Dans l'absolu, les propriétés du bois de pin noir sont supérieures aux autres essences résineuses, de sorte que ce bois présente de nombreux avantages. Pratiquement, le pin noir présente la faiblesse majeure de l'hétérogénéité et de la variabilité du matériau (nœuds, aubier, provenance, poches de résine).

Différents essais ont mis en évidence que le bois de pin noir se laisse bien cintrer, qu'il peut être collé au même titre que le pin sylvestre, que les traitements de surfaces peuvent se faire de façon similaire au pin sylvestre, que l'imprégnation ne présente pas de différences entre le pin noir et le pin sylvestre.

Le pin noir présente l'avantage majeur de sa grande capacité de résorption mécanique (des impacts sont facilement résorbés). Le bois présente une grande résistance au fendage et ne grince pas.

Des essais ont tenté de démontrer qu'il existe une relation entre les périodes d'abattage et les propriétés mécaniques et physiques du bois de pin noir ; en particulier que les bois abattus en phase décroissante ou en nouvelle lune décembre/janvier sèchent plus rapidement et sont plus résistants aux attaques fongiques. Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence une différence significative selon les périodes lunaires, cela pour l'ensemble des critères analysés (densité, retrait volumique, résistance en compression). Les différences restent cependant très faibles et la clarté des résultats est insuffisante pour permettre l'établissement de conclusions fondées.

Historiquement, le pin noir était utilisé pour l'extraction de la colophane et de la térébenthine, comme bois de mine, pour la construction hydraulique, de ponts, pour les traverses ferroviaires, la construction de wagons, la construction de bâtiments et les ouvrages immergés. Ces dernières applications sont encore d'actualité.

En raison des différences de couleur entre bois de cœur et aubier, et de la présence de nœuds importants, le pin noir est utilisable pour des constructions des revêtements de façades à caractère rustique ou industriel.

Du fait que le bois ne grince pas et qu'il résorbe facilement les impacts, ce bois est parfaitement adapté aux aménagements de planchers et terrasses, decks de piscines, scènes, plateformes, marches d'escalier.

Le pin noir est une alternative intéressante pour les aménagements extérieurs, car le bois de cœur présente une très grande durabilité et la durabilité de l'aubier est équivalente au sapin blanc.

Des essais réalisés démontrent que le bois de pin noir est moins rongé par les chevaux en raison des composants volatiles de térébenthine contenus dans le bois.

Le pin noir peut être apprécié dans le domaine des aménagements intérieurs (lambrissages, mobilier) pour son caractère rustique. D'autre part, il peut être cloué sans qu'il ne fende et vissé sans pré-perçage.

PARTIE I : DEMARCHE DE PROJET

Les travaux réalisés couvrent différents volets de recherche de littérature, d'enquêtes de terrain, de visite d'objets existants, de contacts avec des spécialistes du bois, et finalement d'essais en laboratoire.

La démarche et la procédure de travail ont du être adaptées au gré des opportunités et des observations faites. Les résultats obtenus offrent des perspectives d'utilisation originales et intéressantes.

D'autre part, les informations récoltées dans la littérature suffisent à préciser les caractéristiques biologiques, physiques et mécaniques de ce bois.

1. Recherche de littérature nationale et internationale

La recherche a apporté d'intéressantes informations sur la biologie du matériau, les propriétés techniques, les caractéristiques à l'utilisation.

Cela a également permis de recenser des formes d'utilisation particulières, telles que : utilisation de la résine, fourrage alimentaire, pieu d'amarrage, conduite d'eau, huile odorantes.

Au total, 58 documents ont été rassemblés (articles, ouvrages, publications, autres documents), dont 19 en relation directe au pin noir. Les autres documents se concentrent sur d'autres variétés de pins et ont une relation indirecte au pin noir.

Pour de plus amples détails, prière de consulter les documents annexés sous le chapitre « A.1. Résultats de la recherche en littérature »

2. Courrier aux organismes

Afin d'initier la démarche de recensement des formes d'utilisation du pin noir, un courrier a été adressé à un panel de personnes susceptibles de disposer d'informations ou de d'expériences en relation au pin noir. Au total, 80 envois ont été réalisés. Les différents groupes de contacts sont les suivants :

- 49 ingénieurs forestiers de Suisse romande et alémanique limitrophe
- 11 scieries romandes actives dans le débitage de bois résineux
- 3 centres de formation dans le domaine du bois et de la foresterie
- 5 associations cantonales Lignum et Lignum Romandie
- 12 envois à des tierces personnes susceptibles de disposer de connaissances en relation au thème.

Les réponses se sont faites téléphoniquement, par courriel ou par courrier postal. Dans l'ensemble le taux de réponse se situe à 80%, dont seulement 6 démarches à poursuivre, et ayant fait l'objet d'un entretien téléphonique ou d'une visite de terrain (chapitre 1.3).

Les résultats de ces investigations sont regroupés dans le chapitre « A.3. Rapports individuels des visite de terrain et des entretiens individuels »

3. Conduite d'entretiens et visites de terrain

Des enquêtes de terrain ont permis de rassembler différentes expériences avec ce matériau et d'identifier différentes formes d'utilisation telles que : ponts et pontons, boxes pour chevaux, revêtements de façades, aménagements d'intérieurs, mobilier, caissons en bois).

Lors de ces recensements il a également été mis en évidence des propriétés technologiques intéressantes du bois de pin noir (matériau aseptisant, absence de grincements).

Les recensements se sont concentrés sur la Suisse. Ce sont 29 entretiens ont été conduits sur site ou par téléphone.

L'Autriche, l'Espagne et la France sont à l'aise avec la gestion sylvicole du pin noir. Sa commercialisation ne pose pas de problèmes majeurs. La seconde partie du rapport présente les résultats de ces investigations.

Pour de plus amples détails, prière de consulter les documents annexés sous le chapitre « A.2. Formes d'utilisation » et « A.3. Rapports individuels des visites et entretiens »

4. Analyses et essais empiriques

4.1. Evaluation de la qualité du bois selon les phases lunaires

Durant l'hiver 2003-2004 et le printemps 2004, 18 arbres répartis sur 3 sites différents (Ville de Neuchâtel) ont été abattus. Des échantillons ont été prélevés et des mesures de densité, d'humidité, de résistance à la compression ont été effectuées durant 2004 et 2005.

Les travaux ont été réalisés avec le soutien technique du Service forestier de la Ville de Neuchâtel et de l'Arrondissement forestier 1. Les travaux ont été conduits par Monsieur Felix Luethi, stagiaire ingénieur forestier EPFZ.

La valorisation des résultats s'est faite courant 2006 sous le contrôle de Dr Ernst Zürcher, Professeur HSB Bienne. Les résultats de ce travail sont présentés dans la suite de ce rapport.

Pour de plus amples détails, prière de consulter les documents annexés sous le chapitre « A.4. Mondbezogener Fällzeitpunkt und Holzeigenschaften bei der Schwarzföhre »

4.2. Evaluation de la résistance au rognage par les chevaux

A titre d'essai, un enclos a été aménagé à l'aide de barrières dont les lisses se composaient de pin noir. Une appréciation visuelle annuelle a été établie ainsi qu'un comptage des bois mordillés et rongés par les chevaux. Il n'a pas pu être établi de comparatif à une barrière équivalente réalisée dans une autre essence.

4.3. Evaluation de la durabilité du bois de pin noir

Les 18 arbres abattus durant l'hiver 2002-2003 et le printemps 2003 ont également servi à évaluer la durabilité du bois. Pour chacune des 18 provenances des billons ont été débités, séchés à l'air libre ou au four et numérotés. Des documents de suivi permettent de garantir la traçabilité du bois (données relatives à l'arbre, dates d'abattages et de conditionnement).

Ces bois sciés ont ensuite été rabotés et il a été procédé à une évaluation visuelle de la qualité des bois. Finalement, des châssis ont été préparés et placés en extérieur. L'évaluation des ces bois exposés aux conditions climatiques sera établi après 5 ans, soit en en 2012, par le Dr Ernst Zürcher de la Haute Ecole d'architecture et du bois de Bienne. Un suivi annuel sommaire (dossier photographique et appréciation visuelle) sera assuré par Proxylon.

Pour de plus amples détails, prière de consulter les documents annexés sous les chapitres « A.5. Procédure de conditionnement et de suivi » et « A.6. Préparation châssis intempéries »

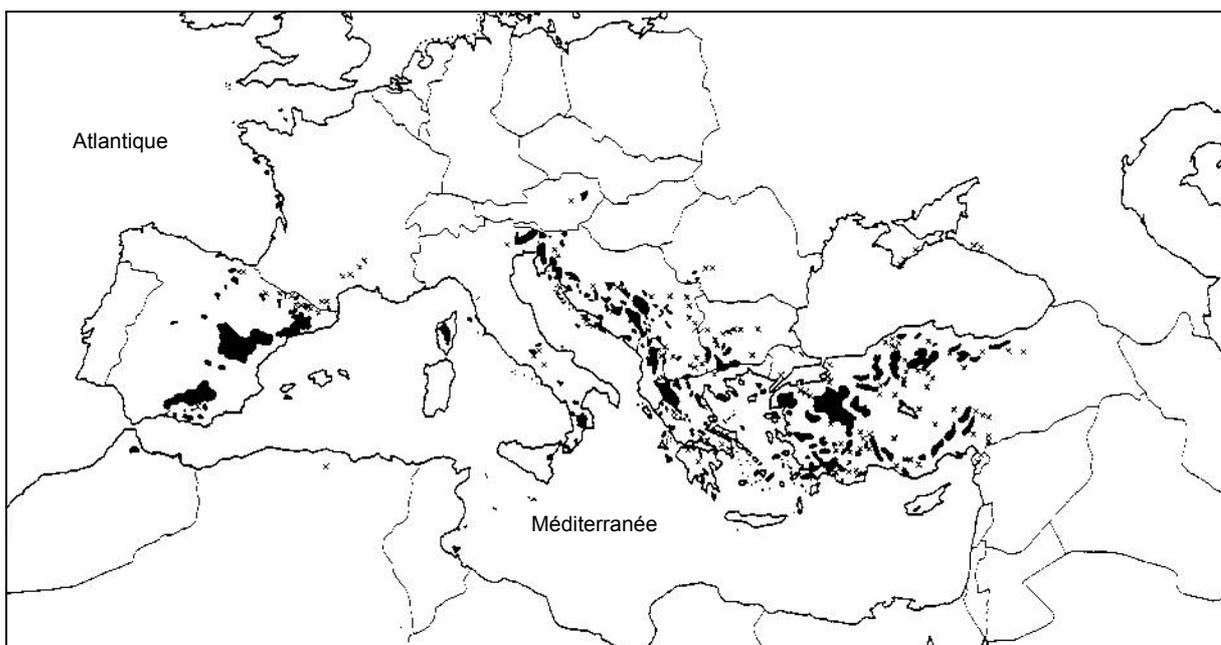
PARTIE II : CONNAISSANCE DE L'ARBRE

1. Variétés et répartition géographique

Le pin noir se compose de 5 principales sous espèces :

- Le pin noir d'Autriche (ssp. *austriaca*) provient d'Autriche, des Balkans et de Grèce. L'arbre atteint une hauteur maximale de 30 à 40 m et possède une large couronne.
- Le pin noir de Corse (ssp. *laricio*) compose les principaux massifs forestiers de l'île corse et a été introduit dans l'Ouest et le Nord-Ouest de l'Europe. Il peut atteindre 50 m de haut et présente une couronne élancée.
- Le pin noir des Pyrénées (ssp. *salzmannii*) est indigène en Espagne et dans les Pyrénées. Sa taille est généralement petite et sa couronne plutôt étriquée.
- Le pin noir de Dalmatie (ssp. *dalmatica*) est répandu en dans le Nord-Ouest de l'ancienne Yougoslavie et possède une morphologie semblable à celle du pin noir d'Autriche.
- Le pin noir de Crimée et Asie mineure (var. *caramanica*) présente une très faible croissance et développe des fûts très irréguliers. Il présente peu d'intérêt sylvicole et aucun intérêt économique.

La répartition géographique du pin noir (selon les variétés) se donne principalement en Europe de l'Ouest et en Europe de l'Est et s'étend au Sud Est jusqu'en Turquie (Neumüller et Brandstätter, 1996).



Répartition géographique du pin noir, Neumüller et Brandstätter, 1996

2. Le pin noir en Suisse

Avec 8,2% de la surface occupée par les bois exotiques, le pin noir se positionne au quatrième rang des essences exotiques implantées en Suisse. Sa répartition géographique varie fortement selon les régions. Ainsi, nous retrouvons :

- 60% des individus sur les stations séchardes du Plateau
- 30% des individus dans les chênaies du pied du Jura
- 20% des individus sur les stations séchardes du Sud des Alpes.

Pour la Suisse, le matériel sur pied total est estimé à plus de 200'000 m³ (Bürgi et Diez, 1985). Le pin noir est presque exclusivement composé de la variété de pins noirs d'Autriche. La suite du rapport se concentre sur le pin noir d'Autriche.

3. Ecologie

Le pin noir est une essence de demi-lumière et possède un système racinaire profond. En présence de nappes phréatiques ou de sols saturés en eau, le pin noir développe un système racinaire en coeur. Dans des sols meubles et riches, le pin noir développe un système racinaire pivotant (Beyse, 2002).



Gauche : fleur de pin noir, photo FloreAlpes.com, fiche plante, 2006

Centre : graines de pin noir, photo SemencesDuPuy, com, 2006

Droite : cône de pin noir, photo FloreAlpes.com, fiche plante, 2006

L'amplitude écologique du pin noir est très large. Le pin noir n'exige que peu de matières nutritives et résiste parfaitement à des périodes sèches ou de gels hivernaux et tardifs. Il se développe parfaitement sur des sols calcaires superficiels à moyennement profonds (Beyse, 2002).

En raison de sa résistance aux pollutions chroniques en SO₂, le pin noir est une essence adaptée aux parcs et aménagements urbains. Sa couronne dense, ses branches jusqu'au sol et ses aiguilles d'un vert foncé profond, font du pin noir une essence appréciée pour les aménagements et les parcs publics. En Allemagne, le pin noir est une des essences les plus plantées dans des aménagements (Beyse, 2002).



4. Anatomie de l'arbre

En Suisse, le pin noir est généralement un arbre d'une hauteur maximale de 30 m. Jusqu'au stade de la jeune futaie, la couronne est étroite et de forme conique. Les branches sont disposées en verticilles ou couronnes. (Beyse, 2002).



Gauche : vieille futaie de pin noir, forêt des Cadolles, Neuchâtel, photo Proxylon, 2003

Centre : exploitation mécanisée en futaie de pin noir, Allemagne, revue AFZ, 02/2001

Droite : pin noir, arbre de parc, photo Arbonet.com, fiche descriptive, 2006

En vieille futaie, la couronne s'est élargie et se compose de longues et fortes branches horizontales. De ce fait, la grume n'est pas toujours de forme régulière et présente souvent de gros nœuds groupés en couronnes. (Collardet et Besset, 1998)

Le diamètre atteint 80 à 100 cm au maximum et se compose d'une épaisse écorce à écailles, de couleur bleu gris foncé à brun noir. Le nom de pin noir provient de la couleur de l'écorce. Eduqué en peuplement, le pin noir développe un fût droit et élancé. (Collardet - Besset, 1998).

PARTIE III : CONNAISSANCES DU MATERIAU

1. Macroscopie

La structure anatomique du pin noir (trachéides, canaux résinifères) est semblable au pin sylvestre. Les canaux résinifères sont moyens à gros, plus nombreux et plus apparents que chez le pin sylvestre. (Collardet et Besset, 1998)

L'aubier est distinct et jaune pâle. Le duramen est plus foncé et jaune brun. Il se différencie quelque peu du pin sylvestre plus rougeâtre. Le veinage du bois final est marqué (Collardet et Besset, 1998).

Le pin noir se compose en moyenne de 94% d'aubier et 6% de bois de cœur. En comparaison, le pin sylvestre se compose de 70% d'aubier et 30% de bois de cœur. La forte proportion de bois d'aubier constitue un handicap certain lors de la mise en œuvre du bois. (Neumüller et Brandstätter, 1996).

2. Teneur en résine

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Epicéa
Teneur en résine après stockage > 4 mois	1.5 %	1.2 %	Non disponible	Non disponible

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

La teneur en résine peut varier considérablement d'une variété et d'une région à l'autre. Au même titre que l'épicéa, le pin sylvestre ou le mélèze, le pin noir peut présenter des poches de résine provenant des sollicitations mécaniques (vent) subies par l'arbre au cours de sa croissance.

Après une longue période de stockage, et en rapport au pin sylvestre, le pin noir ne contient que 0.3% de résine de plus. L'idée d'un bois fortement enrésiné est donc partiellement fautive et s'explique comme suit (Neumüller et Brandstätter, 1996) :

- En raison d'un contenu en térébenthine élevé, la résine du pin noir est beaucoup plus fluide, respectivement liquide que celle du pin sylvestre. L'effet d'écoulement est accentué.
- En cas de blessure, le pin noir possède une grande capacité de renouvellement / production en résine. De ce fait, en cas de blessures, l'écoulement en résine est immédiat et plus abondant.
- La résine ne peut s'écouler que dans l'aubier ; les canaux résinifères du bois de cœur étant obstrués. La concentration de la résine dans l'aubier accentue l'effet d'écoulement.

3. Masse volumique

La masse volumique de pin noir peut présenter de très fortes variations selon les différentes provenances ou différentes régions. Des différences sont également observables entre la base et le sommet du fût (Schalck, 1967).

En moyenne et pour du bois sec à l'air, le bois de pin noir présente une masse volumique de 13% supérieure au pin sylvestre et 20% supérieure à l'épicéa. La différence s'accroît davantage pour des bois frais (Neumüller et Brandstätter, 1996) :

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Masse volumique (g/cm ³), r0 (anhydre)	0.56	0.46 à 0.51	0.50 à 0.58	0.40 à 0.45
Masse volumique (g/cm ³), r15 (sec à l'air)	0.60	0.51 à 0.55	0.54 à 0.62	0.43 à 0.48

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

4. Retrait et stabilité dimensionnelle

Le comportement du bois lors de variations du taux d'humidité est semblable au pin sylvestre. Les différences sont minimales entre le pin noir et le mélèze ou l'épicéa. L'importance des nœuds et l'irrégularité du fil du bois peuvent accentuer la tendance à la déformation, au retrait et à la nervosité du bois :

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Retrait spécifique radial (% par %)	0.15 à 0.19	0.15 à 0.19	0.14 à 0.18	0.12 à 0.16
Retrait spécifique tangentiel (% par %)	0.25 à 0.36	0.25 à 0.36	0.28 à 0.36	0.28 à 0.35
Stabilité dimensionnelle et de forme *	Moyenne à bonne	Moyenne à bonne	Bonne	Bonne
Adaptation à l'humidité ambiante *	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

* Jugement qualitatif selon terminologie Dr Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997

5. Durabilité naturelle

Suite à différents essais, il peut être admis que la résistance naturelle du pin noir à l'attaque des champignons lignicoles est comparable à celle du pin sylvestre (Schedl, 1970).

En ce qui concerne la résistance aux attaques d'insectes, la résistance du bois de pin noir doit être considérée comme faible en raison de la présence d'un large aubier (Collardet et Besset, 1998).

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Durabilité naturelle du duramen aux attaques de champignons *	Faible à moyenne (3-4)	Faible à moyenne (3-4)	Moyenne à faible (3)	Faible
Durabilité naturelle du duramen aux attaques d'insectes *	Faible	Faible	Moyenne à bonne	Faible

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

* Jugement qualitatif selon terminologie Dr Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997



Gauche : bois de pin noir, immédiatement après abattage, photo Proxylon, 2003

Droite : après entreposage durant une saison en forêt. Une rondelle de 2 cm d'épaisseur a été coupée sur le tronc à droite de l'illustration, photo Proxylon, 2003

Sur la base des enquêtes et entretiens réalisées, il a été constaté que le bois de pin noir présente une grande variabilité de la durabilité naturelle. Les raisons de cette variabilité doivent être recherchées dans les paramètres suivants :

- La duraminisation peut se faire totalement différemment selon la région et l'emplacement de l'arbre. L'aubier présente une très faible durabilité naturelle et est très sensible au bluissement, à l'échauffure et à la pourriture.
- Les pins noirs présents en Suisse proviennent exclusivement de plantations. Les bois récoltés soient issus de provenances diverses dont on ne connaît aujourd'hui pas ou plus l'origine.
- Le climat, la station et l'environnement de l'arbre influencent sa croissance. Des arbres à croissance rapide présentent une résistance naturelle du duramen relativement faible.



6. Bleuissement

Le bleuissement est un problème récurrent pour tous les bois de pins. Les travaux réalisés ne mettent en évidence aucune différence fondamentale entre le pin noir et les autres espèces de pins. Seules des mesures préventives (traitement, périodes de stockage, courtes durées de stockage) peuvent influencer le bleuissement du bois.



Solivage pour pont de grange, bois mal conditionné, Nods. Photo Proxylon, 2003

Bien que le bleuissement n'ait aucune incidence sur les propriétés mécaniques du bois, et qu'elle disparaisse progressivement sous l'effet des rayons UV, cette coloration est souvent considérée comme un défaut du bois et jugée comme dépréciative. (Neumüller et Brandstätter, 1996).

Les abattages et le sciage des bois devraient donc s'effectuer durant la période hivernale, cela afin de limiter le développement du bleuissement. Pour éviter une coloration, les bois devront impérativement être traités contre le bleuissement.

7. Flexion, compression, traction et cisaillement

Les propriétés mécaniques du bois de pin noir peuvent être très variables entre arbres de différentes provenances ou de différentes régions. Des différences sont également observables entre la base et le sommet du fût. Dans son ensemble, les propriétés mécaniques du pin noir peuvent être considérées comme sensiblement supérieures à celles du pin sylvestre (Schalck, 1967).

Le bois se laisse en particulier bien cintrer ; en raison d'un module d'élasticité de 10% supérieur au pin sylvestre. Le module d'élasticité du pin noir est de 17% supérieur à celui de l'épicéa (Neumüller et Brandstätter, 1996).



Sciages de pin noir (bois de cœur distinct), photos Proxylon, 2005

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Module d'élasticité en flexion $E_{ }$ (N/mm ²)	11'800 à 14'300	10'800 à 13'000	10'600 à 14'500	10'000 à 14'500
Résistance à la compression $\sigma_{d }$ (N/mm ²)	49 à 60	45 à 55	45 à 62	40 à 52
Résistance à la traction $\sigma_{z }$ (N/mm ²)	109 à 115	99 à 105	92 à 110	80 à 93
Résistance à la flexion $\sigma_{b }$ (N/mm ²)	87 à 110	79 à 100	88 à 100	62 à 74
Résistance au cisaillement $\tau_{b }$ (N/mm ²)	7.9 à 12.3	7.2 à 11.2	8.8 à 10.9	4.9 à 7.5

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

8. Dureté et résistance aux chocs

La dureté du pin noir et sa résistance aux chocs peuvent être considérées comme sensiblement supérieures à celles du pin sylvestre.

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Dureté selon Brinell (12% ; N/mm ²)	43 à 45	39 à 41	47 à 52	29 à 33
Dureté ⊥ selon Brinell (12% ; N/mm ²)	15 à 25	14 à 23	19 à 25	13 à 16
Résistance au choc (Nm/cm ²)	4.4 à 7.7	4.0 à 7.0	5.0 à 7.5	3.5 à 6.5

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

9. Imprégnabilité

Le duramen du pin noir est, au même titre que celui du pin sylvestre, est durable naturellement et peu perméable aux produits de traitement. Différents essais ont mis en évidence que l'imprégnation par trempage ou en autoclave ne présente pas de différences entre le pin noir et le pin sylvestre (Schedl, 1970). Après imprégnation, le pin noir, au même titre que le pin sylvestre, possède une très grande durabilité.

Ainsi, l'aubier peut être protégé efficacement par simple trempage. D'un point de vue pratique, cela signifie qu'il est possible d'imprégner en même temps les deux variétés de pins (Neumüller et Brandstätter, 1996).

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Pénétration des produits de préservation dans le duramen	Très difficile (4)	Très difficile (4)	Difficile (3-4)	Moyenne
Pénétration des produits de préservation dans l'aubier *	Moyenne (1)	Moyenne (1)	Moyenne (2)	

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996
 Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997
 Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

* Jugement qualitatif selon terminologie Dr Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997

10. Aptitudes à la mise en oeuvre

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Aptitude au séchage	Très aisé	Très aisé	Aisé	Très aisé
Comportement au collage	Sans difficulté, excepté le problème de résine	Sans difficulté, excepté le problème de résine	Sans difficulté, excepté le problème de résine	Sans difficulté
Traitements de surfaces	Sans difficulté, excepté le problème de résine	Sans difficulté, excepté le problème de résine	Sans difficulté, excepté le problème de résine	Sans difficulté

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996

Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997

Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

* Jugement qualitatif selon terminologie Dr Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997

Des essais de collage (polyvinilacétate, urée-formol, résorcine, polyuréthane) ont démontré que le pin noir peut être collé au même titre que le pin sylvestre (Schedl, 1970). Comme pour d'autres essences à fort enrésinement, les poches de résine doivent être éliminées et le bois doit être encollé au plus tard 6 heures après avoir été rabotés (Sprenger, 2000). Les résultats d'études (Janotta, 1970) démontrent qu'il n'existe pas de différences significatives dans le traitement de surfaces de bois de pins sylvestres et pins noirs.

11. Aptitudes à l'usage

	Pin noir	Pin sylvestre	Mélèze	Sapin blanc
Résistance au fendage	Résistant	Résistant	Moyen	Moyen
Résorption mécanique	Elevée	Moyen	Faible	Faible
Grincements	Aucun	Faible	Fréquents	Fréquents

Sources : Neumüller und Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, 1996

Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997

Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, 2001

* Jugement qualitatif selon terminologie Dr Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, 1997

Le pin noir présente l'avantage majeur de sa grande capacité de résorption mécanique (des marques ou trous provoqués par des clous, fers, vis, autres, sont résorbés lorsque ceux-ci sont enlevés).

PARTIE IV : EVALUATION DE LA DURABILITE

1. Objectif

Ce chapitre tente d'évaluer la durabilité du pin noir soumis aux intempéries, cela en comparaison à la durabilité naturelle du mélèze. Parallèlement, l'objectif est d'apprécier l'évolution des colorations du bois et l'apparition de traces fongiques ou d'attaques d'insectes.

Pour de plus amples détails, prière de consulter les documents annexés sous le chapitre « A.6. Préparation châssis intempéries »

2. Méthode

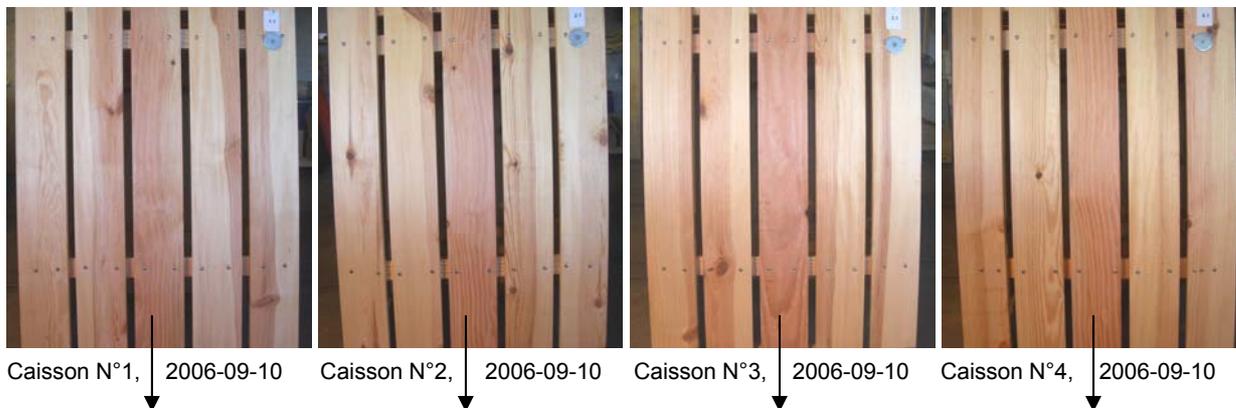
Pour ces essais, 8 caissons ont été préparés. Le caisson se compose de 5 faces dont le bois provient, pour chaque face, d'un arbre différent. Chaque face se compose de 5 lames. La lame centrale est en mélèze, alors que les 4 lames contiguës proviennent de pin noir. La traçabilité de chaque lame est assurée. Ainsi nous disposons pour chaque lame des informations relatives à la provenance et à son mode de conditionnement.



Caissons en pin noir et mélèze, soumis aux intempéries

Les caissons sont placés à même le sol, de sorte qu'il est possible d'évaluer l'évolution du bois dans la zone de contact au sol (cas de figure de poteaux en terre) ainsi que dans sa partie aérienne (cas de figure d'un bardage de façade). La face supérieure (horizontale), permet d'évaluer la durabilité du bois en conditions d'eaux captives ou stagnantes (cas de figure d'un platelage de terrasse).

3. Résultats photographiques – 1^{ère} année d'exposition



4. Constats – 1^{ère} année d'exposition

En comparaison au mélèze, les constats après une année sont les suivants :

- Bien qu'irrégulière, la tendance au grisaillement et noircissement du pin noir est plus rapide et prononcée que celle du mélèze.
- Des discolorations (coulées noirâtres) peuvent être observées, ce qui donne une impression de bois sensiblement plus sale que le mélèze.
- La zone de contact au sol présente de forts noircissements, ce qui laisse présupposer une apparition précoce de champignons lignivores.
- L'aubier présente une coloration soutenue. La différence entre bois de cœur ou duramen et bois d'aubier est marquée. Cette différenciation est présente pour les deux essences.
- Aucune différence n'est observée entre les faces et la partie supérieure du caisson. L'état actuel peut être considéré comme identique.

5. Perspectives

Le suivi se fait sous forme d'une documentation photographique annuelle et d'une évaluation visuellement. Les documents seront archivés sous forme informatique. Les travaux de suivi sont assurés par Proxylon Sàrl.

Après une période de 5 à 8 ans (selon le degré de vieillissement du bois), il est prévu de démonter les caissons et d'effectuer différentes mesures permettant de juger de l'état du matériau. Ce travail sera conduit par Dr Ernest Zürcher de HSB Bienne. Il n'a pas encore été défini quels seront le cadre et l'importance de ces essais.

Les résultats devront permettre de comparer les bois selon leur provenance, ainsi que de jauger le bois de pin noir en comparaison au mélèze.

PARTIE V : Qualité du bois selon les phases lunaires

1. Objectif

Ce chapitre tente de démontrer l'hypothèse qu'il existe une relation entre les périodes d'abattage et les propriétés mécaniques et physiques du bois de pin noir (*Pinus nigra* Arn. var. *austriaca*).

Cette étude se base sur d'anciennes règles d'abattages (A. Hauser 1973, V.J. Broendegaard 1985) ainsi que sur des recherches effectuées sur l'épicéa (E. Zürcher et D. Mandallaz 2001, 2002) indiquant que les bois abattus en phase décroissante ou en nouvelle lune décembre/janvier sèchent plus rapidement et sont plus résistants aux attaques fongiques.

Ce projet tente de démontrer que les observations avérées sur l'épicéa sont également valables pour le pin noir d'Autriche.

Pour de plus amples détails, prière de consulter les documents annexés sous le chapitre « A.4. Mondbezogener Fällzeitpunkt und Holzeigenschaften bei der Schwarzföhre »

2. Méthode

2.1. Principe de recherche

Le principe de recherche consiste à comparer des bois provenant de périodes d'abattages antagonistes. Ainsi, durant les mois de novembre et décembre 2002 / janvier 2003, 18 arbres répartis sur 3 sites différents ont été abattus. Les 6 dates d'abattages ont été définies selon le calendrier lunaire ; à savoir :

- 3 dates d'abattages ont été fixées avant la pleine lune, en lune montante, sous la constellation du poisson.
- 3 dates d'abattages ont été fixées avant la nouvelle lune, en lune descendante, sous constellation opposée du Lion.

2.2. Choix et abattages des arbres

Les dates d'abattage étaient les 15.11.02 / 27.11.02 / 13.12.02 / 23.12.02 / 10.01.03 / 21.01.03. Les arbres ont systématiquement été abattus en début de matinée. A chaque date, un arbre a été abattu simultanément sur chacun des 3 sites.

Au total, 18 arbres ont été abattus. Les bois provenaient des divisions 26, 70 et 71 des forêts de Chaumont (propriété de la Ville de Neuchâtel). Les 3 divisions se trouvent à l'étage collinéen. L'association végétale y est identique pour les 3 sites (hêtraie à tilleuls).

Les arbres choisis présentent tous un diamètre compris entre 45 et 55 cm et disposent d'un fût régulier, soutenu et droit. Les arbres prélevés proviennent de futaies régulières et ne sont pas dominés par d'autres arbres.

2.3. Prélèvements et mesures

Pour chaque arbre, 16 échantillons de bois ont été prélevés (au total 288 échantillons). Les échantillons ont été prélevés de sorte qu'ils ne présentent pas de nœuds, bois de compression ou autres défauts majeurs. Le prélèvement s'est fait selon une procédure préétablie. En particulier, les échantillons étaient traités le jour de l'abattage.

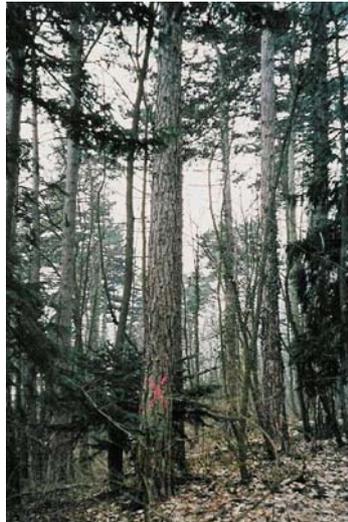
Différentes mesures de densité et d'humidité ont été effectuées durant le processus de séchage naturel des échantillons (jour de l'abattage / après 1 semaine / après 2 semaines / après séchage absolu à 0% d'humidité).

A chacune de ces étapes, un constat de l'attaque de champignons et de la coloration des échantillons a été établi. De plus, après séchage artificiel à 0% d'humidité, des mesures de résistance à la compression ont été pratiquées.

Les résultats ont été mis en valeur à l'aide d'un programme statistique d'analyse de variance (Statgraphics 5Plus).



Débitage des échantillons sur terrain



Pin noir N°2 (45 cm / 22 m)



Pin noir N°7 (45 cm / 24 m)

3. Résultats

En raison de l'irrégularité et du manque d'homogénéité du duramen, l'étude a dû se limiter aux échantillons prélevés dans l'aubier. D'autre part, un des arbres présentait une pourriture de cœur trop importante pour être conservé. Ainsi, en lieu et place de 288 échantillons, seuls 144 échantillons ont été analysés.

3.1. Densité du matériau

Le premier volet d'analyse de la densité initiale du bois frais, le second volet d'analyse de la densité relative du bois (rapport entre le bois frais et le bois anhydre), et le troisième volet d'analyse de la densité anhydre, ne permettent pas de mettre en évidence des différences significatives selon les périodes d'abattage.

3.2. Perte en eau et retrait volumique

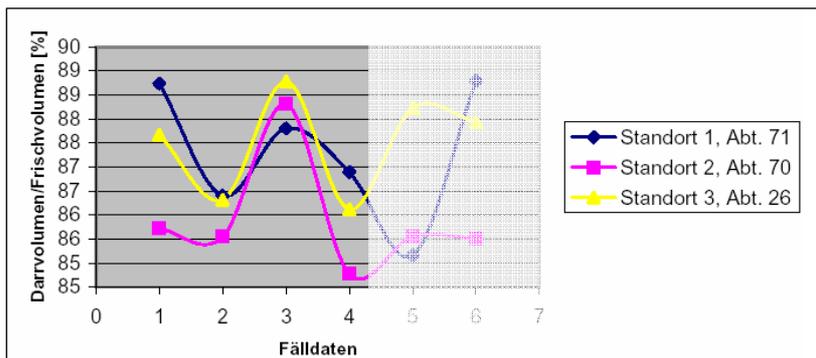
L'analyse de la perte en eau du bois durant la phase de séchage et l'analyse du retrait volumique du bois au cours du processus de séchage, permettent de mettre en évidence des différences significatives selon les périodes d'abattage.

3.3. Colorations et attaques cryptogamiques

Les observations visuelles du degré d'attaques par les champignons de moisissure et de bleuissement durant la phase de séchage à l'air libre, laissent apparaître un degré d'attaques plus élevé pour les échantillons provenant de bois exploités en lune descendante. Ces derniers résultats sont en contradiction aux études menées jusqu'à ce jour.

3.4. Echantillonnage restreint aux 4 premières dates d'abattages

Lorsque seules les 4 premières dates d'abattages sont prises en compte (et non pas les 6 dates d'abattages), il existe alors une corrélation marquée avec les phases lunaires en ce qui concerne la perte en eau de l'aubier, le retrait volumique, la densité relative et la résistance à la compression.



Densité anhydre selon les provenances du bois de pin noir (uniquement aubier)

3.5. Synthèse des essais

Les résultats obtenus permettent de formuler les observations et constats suivants :

- L'analyse du comportement du bois (retrait volumique et perte en eau) apporte des différences statistiques significatives entre les échantillons prélevés en lune croissante / montante et les échantillons prélevés en lune décroissante / descendante
- Les différences observées restent cependant très faibles. La clarté des résultats est insuffisante pour permettre l'établissement de conclusions fondées.
- La variabilité de la densité initiale des échantillons prélevés constitue un facteur déterminant plus important que la période (lunaire) d'abattage.
- La limitation de l'essai aux 2/3 des bois prélevés (4 premières dates d'abattages) permet de mettre en évidence une différence significative selon les périodes lunaires, cela pour l'ensemble des critères analysés (densité, retrait, volumique, résistance compression).
- L'analyse des lames soumises aux intempéries (Partie IV : Evaluation de la durabilité), devrait apporter des informations complémentaires déterminantes.

PARTIE VI : RESISTANCE AU ROGNAGE PAR LES CHEVAUX

1. Objectif

Ce chapitre tente de confirmer ou d'infirmer l'affirmation émise par Teischinger (Holz der Schwarzkiefer–Marktischen gefunden, 1997), selon laquelle :

« (...) les composants volatiles de térébenthine contenus dans le bois de pin noir ne sont pas appréciés des chevaux, de sorte que le bois n'est pas rongé par les chevaux. De ce fait, il n'est pas nécessaire de prendre des mesures préventives (tôle, entrave) et la durabilité des aménagements équestres est accrue (...).

2. Méthode

La méthode retenue a été dictée par une opportunité offerte par la Fondation pour du Cheval, Le Roselet, Les Breuleux (Jura, Suisse).

La Fondation pour le Cheval du Roselet devait remplacer des lisses de barrières en bois autoclavé datant d'environ 10 ans ; ces dernières ayant été totalement rongées par les chevaux. Il n'a malheureusement pas été possible de dater plus précisément la période de réalisation de cette structure.



Lisses en bois imprégnés, rognage par les chevaux après 10 ans, photos Proxylon 2002

En remplacement à ces lisses demi ronds en bois autoclavé, il a été convenu de placer des éléments en bois de pin noir (section rectangulaire de 100 par 40 mm). Pour des questions esthétiques, la Fondation pour le Cheval ne souhaitait pas utiliser différentes essences de bois, de sorte que l'ensemble de la barrière a été réalisée en pin noir. A préciser également que les poteaux (verticaux) n'ont pas été remplacés.

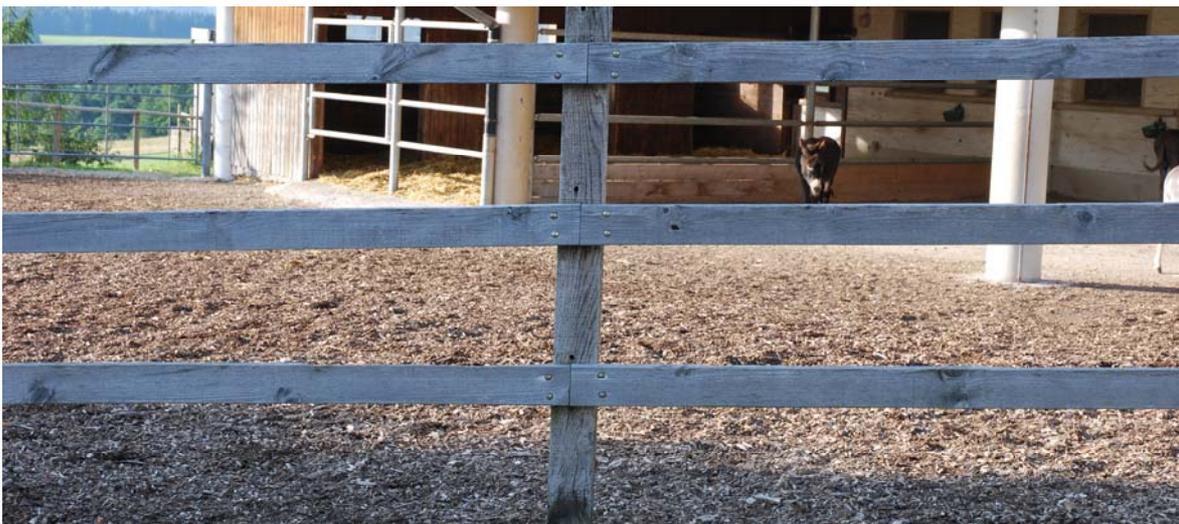


3. Résultats

3.1. Evaluation d'ensemble et état général de la barrière



Barrière pour parc à chevaux, fondation Le Roselet, montage 08.2002, photo Proxylon, 2002



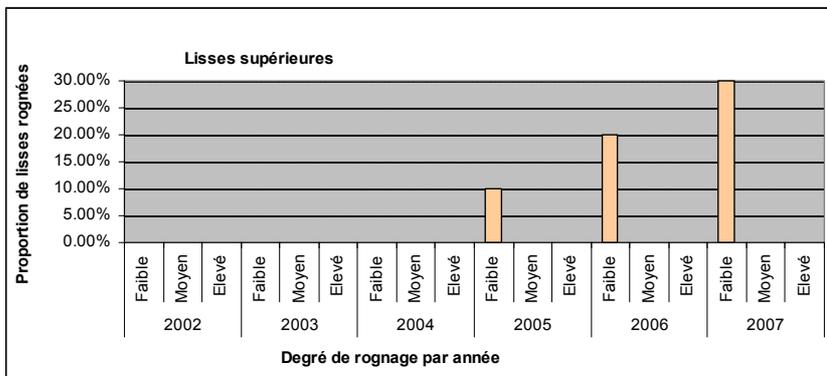
Barrière pour parc à chevaux, fondation Le Roselet, après 5 ans, photo Proxylon, 08.2007

Un premier jugement global permet d'établir qu'après 5 ans de service, les barrières en pin noir composées de lisses de section 100 par 40 mm sont toujours fonctionnelles.

Dans son ensemble, le vieillissement du bois s'est bien passé et la barrière présente une couleur grise argentée uniforme. Les différences de couleur initialement présentes entre bois de cœur et aubier, ainsi que les importantes traces de bleuissement, se sont estompées au profit d'une coloration uniforme.

Finalement, il n'a été constaté aucune trace de pourriture ou de dégradation du bois dû aux insectes ou aux champignons. La suite de ce chapitre se concentre sur l'intensité du rognage par les chevaux.

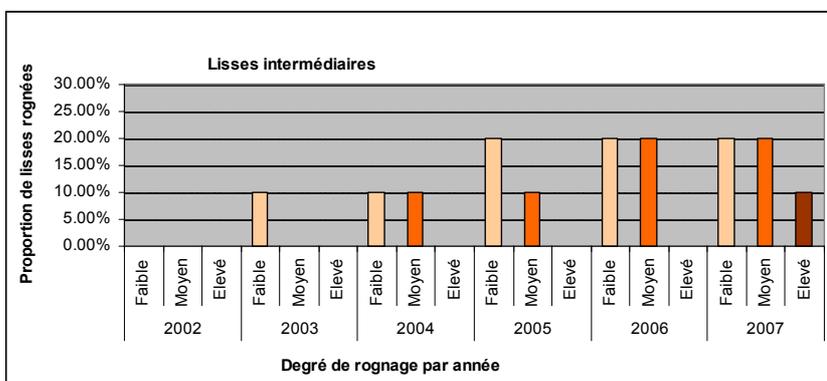
3.2. Analyse du degré et de l'importance du rognage



Graphique 1 : Degré et importance du rognage des lisses supérieures



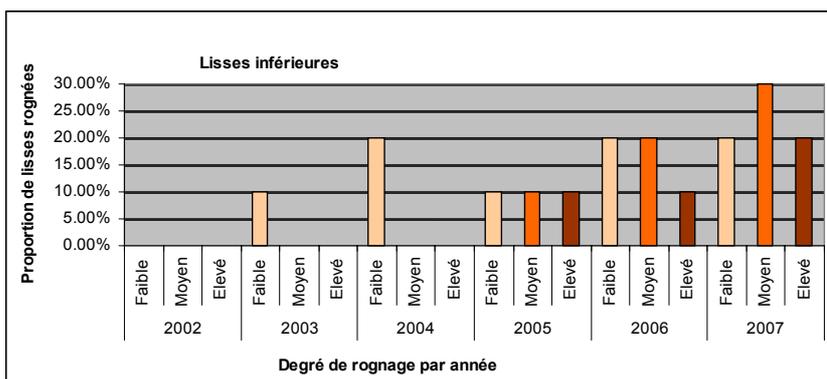
Degré de rognage **faible**



Graphique 2 : Degré et importance du rognage des lisses intermédiaires



Degré de rognage **moyen**



Graphique 3 : Degré et importance du rognage des lisses inférieures



Degré de rognage **élevé**

Les lisses inférieures et intermédiaires ont été rongées par des ânes également présents dans le parc ! Les chevaux ne sont pas responsables des dégâts occasionnés à ces deux niveaux de lisses.

Le niveau supérieur n'a pour sa part que faiblement été rongé et cela dans une moindre proportion. D'autre part, les lisses ont été conservées intactes durant 3 ans et ce n'est qu'à partir de l'année 2005 que les premiers dégâts ont été observés.



3.3. Résultats photographiques



Rognage moyen à élevé d'une lisse intermédiaire



Rognage faible d'une lisse supérieure



Rognage élevé d'une lisse inférieure

3.3. Perspectives d'application

Les essais empiriques réalisés démontrent que le bois de pin noir est moins rongé par les chevaux et permettent d'attester l'affirmation selon laquelle les composants volatiles de térébenthine contenus dans le bois de pin noir ne sont pas appréciés des chevaux.

Il est cependant probable, qu'après quelques années, les bois perdent probablement une part essentielle de leurs composants volatiles et qu'ils sont alors sujets à être rongés au même titre que d'autres bois tendres.

Dans la perspective d'une utilisation du pin noir pour des aménagements équestres, il s'agirait à présent de déterminer si l'avantage que présente le pin noir constitue un élément décisif dans le choix du type de barrière ; ou si les choix des propriétaires sont dictées par d'autres considérations telles que la facilité de mise en œuvre, l'esthétisme, la modularité.

PARTIE VII : FORMES ET DOMAINES D'UTILISATION

1. Forces du pin noir

De façon générale, les propriétés physiques et mécaniques du bois de pin noir sont sensiblement supérieures à celles du pin sylvestre.

En comparaison à l'épicéa ou au sapin, le bois de pin noir présente une masse volumique en moyenne de 20 % supérieure, ce qui constitue un avantage dans les situations où le poids a une importance (isolation phonique ou thermique, structures flottantes).

En comparaison à l'épicéa ou au sapin, le bois de pin noir présente une résistance à la traction de 20 % supérieure, une résistance à la flexion de 30 % supérieure, une résistance à la compression de 20% supérieure, ainsi qu'une résistance au cisaillement de 40% supérieure. Ces aptitudes le favorisent pour certaines applications sollicitées statiquement.

En comparaison à l'épicéa ou au sapin, le bois de pin noir présente une dureté de 25% supérieure et une résistance aux chocs de 15% supérieure. Sa très grande résilience ou capacité de résorption mécanique, ainsi que l'absence de grincements le favorisent dans des applications sollicitées mécaniquement et soumises à abrasion.

Finalement, le pin noir possède une excellente résistance au fendage, ce qui facilite le travail de clouage ou de vissage.

2. Faiblesses du pin noir

Dans l'absolu, le bois de pin noir présente de nombreux avantages. D'un point de vue pratique et de la mise en oeuvre, il importe de mettre en évidence certaines faiblesses. Ainsi, le pin noir possède 20% de résine de plus que le pin sylvestre. La résine est plus fluide, ce qui accélère les écoulements de résine.

Les retraits tangentiel et radial du bois soumis à des variations d'humidité ambiante, sont de 15% supérieurs à ceux du sapin blanc. De ce fait, la stabilité dimensionnelle du pin noir est légèrement inférieure à celle du sapin blanc.

En comparaison à des bois durables tels que le châtaignier ou le robinier, le pin noir, tout comme le pin sylvestre et le mélèze, présente une durabilité naturelle du duramen relativement faible. L'aubier du pin noir n'est pas du tout durable. Cela limite considérablement les usages de ce bois s'il est soumis aux intempéries.

Le bleuissement marqué et immédiat du bois, ainsi que la taille et l'importance des nœuds sains ou noirs, constituent sans aucun doute des handicaps à l'utilisation du bois de pin noir. La présence de poches de résine et la fréquence d'autres défauts du bois tels que colorations, cernes décollées, fibres irrégulières limitent également les usages possibles.

3. Mesures palliatives aux faiblesses du pin noir

Les mesures pouvant être prises pour favoriser l'utilisation du pin noir sont :

- Traitement préventif contre le bleuissement. Choix de périodes d'abattages favorables à la préservation du bois. Rapidité de transformation des grumes en sciages.
- Qualité du stockage et conditionnement optimal du bois (longues durées de séchage à l'air libre, séchage au four à plus de 70°C).
- Collage des nœuds noirs ou purge des défauts et des nœuds. Aboutage et/ou panneau-tage des éléments. Collages pour la production de bois massifs recomposés.
- Prévoir les mesures architecturales permettant de préserver au mieux le bois (pas de contact, disposition de l'ouvrage, dimensions et sections optimisées, ventilation des bois).
- Traitements du bois garantissant sa stabilité et sa conservation (protection contre les attaques d'insectes et cryptogamiques, protection contre les UV et l'humidité).

4. Formes historiques d'utilisation

Schalk (1967) indique que dans de nombreuses régions les fûts de pin noir sont très appréciés, car ils possèdent une faible conicité et que de ce fait, le rendement au sciage est élevé.

Armstrong (1947) précise que le bois de pin noir était fréquemment utilisé comme bois de mine en raison de la faible dispersion de sa résistance à la compression.

Brown (1969) indique une utilisation du bois de pin noir pour les traverses ferroviaires, la construction de wagons et la construction de bâtiments. Les plus fortes sections pouvaient également être utilisées en immersion.

Py (1964) met en évidence la valeur du bois de pin noir et la facilité à la mettre en œuvre. Il rapporte que les bois de bonne qualité trouvent facilement des débouchés dans les domaines de la construction, de la menuiserie et de l'ébénisterie. Les bois de moindre qualité sont utilisés pour les pièces de menuiserie cachées, pour les coffrages et la caisserie.

Mazek Fialla (1967) inventorie l'utilisation du pin noir d'Autriche dans des domaines aussi variables que le tranchage, la fabrication de meubles, les constructions hydrauliques et de ponts, ainsi que pour le lambrissage et les revêtements de façades.

Mazek Fialla (1967) précise qu'en raison de sa bonne capacité d'absorption, le bois se laisse facilement imprégner et pouvait ainsi facilement être utilisé dans des applications à l'air libre.

Kisser (1970) relève que le bois de pin noir était particulièrement adapté à la construction de scènes de théâtres, de podiums pour orchestres, de plateformes et de marches d'escalier ; cela du fait que le bois ne grince pas.

Gayer (1970) relève que le pin noir était utilisé comme bois de feu. Le bois de pin noir, particulièrement le vieux bois, brûle facilement et produit une chaleur instantanée et durable. La flamme est claire et vive. Le bois de pin noir produisait un charbon d'excellente qualité.

Giordano (1997) précise que le bois de pin noir (en particulier le pin noir de Corse) était utilisé pour en extraire de la colophane ainsi que de la térébenthine.

5. Domaines d'utilisation

5.1. Charpentes et bois de construction

Par principe, et étant donné sa résistance mécanique équivalente à celle du pin sylvestre, le pin noir est utilisable dans le domaine de la construction (charpentes, solivages).

L'utilisation du pin noir en construction présente les inconvénients majeurs de son poids (masse volumique de 560 kg / m³) et de sa propension aux nœuds noirs de forts diamètres.

Dans ce contexte, une attention particulière doit être portée au tri qualitatif des bois ronds ainsi qu'au sciage. Afin d'être le moins possible pénalisé par le poids, il est nécessaire de le sécher à l'air libre durant une saison ou de les sécher artificiellement en séchoir.



Gauche : chevrons et lambrissage lasurés (7 ans) pour habitation privée, photo Proxylon 2002
Droite : solivage pour plancher non traités (5 ans) agricole, photo Proxylon 2002

Finalement, le bois de pin noir (bois de cœur et duramen) présente un risque plus faible d'attaques aux insectes (en particulier au capricorne des maisons), ce qui peut compenser les autres désavantages de ce bois. (A. Teischinger, 1997)



Illustrations : charpente pour couvert à véhicules, habitation privée, photo Proxylon 2002

5.2. Ouvrages de génie civil

Le pin noir est, comme tous les bois à duramen, adapté aux usages immergés ou en contact au sol. Comme pour toutes les autres essences, la zone de transition entre le sol et l'air ambiant, ou l'eau et l'air ambiant, constitue la partie la plus sollicitée, car les variations d'humidité et de température y sont les plus fortes.

Il va de soi que les bois doivent être dépourvus d'aubier. Dans le cas contraire, l'aubier va progressivement se dégrader et la durabilité de l'ouvrage sera assurée par le bois de cœur.



Brise vagues en pin noir non traité, présence duramen et aubier, Le Landeron, photo Proxylon, 2002



Caissons en pin noir, route cantonale de Court, photos Proxylon, 2002



5.3. Ouvrages d'art

L'utilisation de pin noir pour des ouvrages d'art tels que ponts, passerelles, pontons, débarcadères est probablement la plus intéressante, car :

La résistance et le comportement mécaniques du pin noir sont équivalents aux autres bois résineux utilisés dans la construction.

Les éléments en pin noir peuvent être cloués ou vissés sans pré perçage, ce qui facilite la mise en œuvre en atelier ou dans le terrain.

- le bois présente une grande capacité à résorber les impacts et les platelages en pin noir ne grincent pas.

Les parties de l'ouvrage en contact au sol ou à l'eau peuvent facilement être traités, étant donné la bonne capacité d'absorption du bois de pin noir.

Les problèmes de coloration (bleuissement, noircissement aux UV) sont secondaires pour ce type d'ouvrages.



Pont à camions, route forestière, photos Proxylon, 2002



Passerelle pour sentier didactique, Bellelay, photos Proxylon, 2002



5.4. Bardages de façades

En raison des différences de couleur marquées entre bois de cœur et aubier, le pin noir est utilisable pour des constructions des revêtements de façades à caractère rustique (chalet, annexes de jardins, autres) ou pour de grandes parois (hangars agricoles, dépôts industriels).

Tout comme pour le pin sylvestre, les traitements de surface filmogènes sont possibles, mais restent délicats, en raison des exsudations de résine (voir chapitre précédent). En cas de traitements pour la préservation du bois aux rayons UV, au bleuissement et aux intempéries, il est vivement recommandé de travailler avec des produits à pores ouverts (non filmogènes).

Pour les revêtements de façades non traités, le pin noir (non imprégné) va grisailier, puis se noircir plus rapidement que le mélèze. En comparaison au mélèze, le grisaillement du bois est moins argenté et les nœuds présentent une différenciation plus marquée.



Haut : pose d'un bardage exposé aux intempéries en 08.2002, photo Proxylon, 2002

Bas : bardage exposé aux intempéries après 5 ans, 08.2007, photo Proxylon, 2007



Comme pour toutes les constructions, il importe de prendre toutes les mesures architecturales garantissant une protection maximale du bois, telles que avant-toits, exposition, distance au sol. (Neumüller et Brandstätter, 1996)

Revêtement de façade, habitation d'un domaine agricole, revue AFZ Autriche, 02/2002

5.5. *Platelages de terrasses*

L'utilisation du pin noir pour l'aménagement de planchers extérieurs est recommandé, car les risques de fendage au clouage sont minimes. Le vissage peut se faire sans pré perçage.

D'autre part, le bois présente une grande capacité à résorber les impacts sur le platelage (talons aiguilles, pointes, pieds de chaises).

Il importe d'être conscient que les bois de pins sont des bois relativement tendres et qu'ils sont sujets à une plus forte abrasion que des bois durs tels que le chêne ou le châtaignier.



Planchers de terrasse, habitation privée, après 7 ans d'usage, Sulz, photo Proxylon, 2002

5.6. *Aménagements extérieurs en bois non traités*

Le bois de cœur du pin noir présente une très grande durabilité. Les usages possibles sont équivalents à ceux présentés dans le chapitre précédent, mais il faudra porter une attention particulière à ce que l'ensemble de la pièce de bois soit duraminisée (Hecker, 1995).

Dans le cas contraire, les observations faites démontrent que la durée de vie du produit sera équivalente à celle d'un aménagement en épicéa ou sapin blanc.



Aménagement en pin noir non traité, présence de duramen et d'aubier, Nods, photos Proxylon, 2002



Renvoi d'eau en pin noir, Rochefort, photos Proxylon, 2002

5.7. Agencements d'intérieurs et bois usinés

En raison de sa facilité à être travaillé (sciage, rabotage, perçage) et de sa stabilité dimensionnelle, le pin noir est bien adapté à des utilisations en menuiserie intérieure (lambrissage, agencement, mobilier). Il va de soi que sa structure marquée (veinage), les différences de couleurs marquées entre bois de cœur et aubier, ainsi que les gros nœuds adhérents le confinent à des applications rustiques.



Aménagement intérieur et mobilier en pin noir traité, Fleurier, photo Proxylon, 2002



En haut : bardage intérieur, habitation privée, Sulz, photo Proxylon, 2002

En bas : bardage intérieur, habitation privée, Sulz, photo Proxylon, 2002

Le bois de pin noir est un bois parfaitement adapté à la production de pièces en bois fraisés telles que cales, pièces de montage pour meubles et autres équipements (Teischinger, 97).



Bois fraisés, pin sylvestre et pin noir imprégnés, illustrations Decouvert, France, 2007

5.8. Revêtements de sols, planchers intérieurs

En raison de l'absence de grincement et du fait que les impacts de chocs (anciens clous, impacts de sabots de cheval) se résorbent, ce bois est parfaitement adapté pour des escaliers, scènes en bois, mezzanines, planchers, sous planchers. (Neumüller Brandstätter, 96).



Galerie d'atelier, planches rainées et crêtées, photo Proxylon, 2007

5.10. Production de bois massif recomposés

Pour la production de bois lamellés-collés (BLC), seules sont utilisées les essences dont on sait qu'elles conviennent à la fabrication du BLC. A ce titre, le pin noir peut être utilisé pour la fabrication de bois lamellé-collé.

Pour la France, le bois doit être classé conformément aux prescriptions des normes EN 518 ou EN 519 (normes européennes relatives au classement des bois massifs pour l'emploi en structure) et de la norme NF B 52001-4. (www.glulam.org, 2005).

En Allemagne, et selon la norme DIN 1052, le bois de pin noir peut également être utilisé pour la production de BLC. (Hecker, 1995)

5.9. Bois imprégnés et / ou traités

Le pin noir est parfaitement adapté dans les aménagements extérieurs en bois imprégnés ou traités, tels que éléments de clôtures, lames de terrasses, mobilier de jardin, pergolas, cabanes de jardins, aménagements urbains, revêtements divers.

En raison de la grande capacité d'absorption de l'aubier, le pin noir peu facilement être imprégné et est par conséquent parfaitement adapté aux usages immergés ou en contact au sol (avec de fortes variations d'humidité). Les usages possibles sont semblables à ceux du pin sylvestre. Citons à ce titre les poteaux calibrés, les pieux fraisés, les lambourdes.

En raison de ses propriétés mécaniques favorables, le pin noir imprégné est particulièrement adapté aux aménagements soumis à de fortes sollicitations, tels que les places de jeux publics. (Neumüller et Brandstätter, 1996)

La capacité d'absorption du bois de pin noir étant équivalent à celle du pi sylvestre, les imprégnateurs de bois de pins, ne pratiquent aucune distinction entre ces deux essences (France Bois Imprégné, 2007).



Écoulements de résine, bardage en pin noir avec traitement de surface, photos Proxylon, 2003

5.11. Matériau odorifère

Le pin noir dégage une odeur agréable de résine grâce à sa concentration d'huiles de térébenthine. Pour améliorer la diffusion de cette odeur de résine, il suffit de mettre le bois en présence d'une vapeur chaude. Le Japon, et sa très longue tradition des bains, utilise le cyprès japonais, mais également le pin noir de Chine, pour l'aménagement des salles de bains. Soumis à l'humidité, ce bois dégage une odeur favorable au délasserment et à l'apaisement. Cette utilisation spécifique du bois de pin noir s'est progressivement répercutée sur le mobilier et les accessoires de salles de bain japonaises. (Villeroy-Boch, 2005).

5.12. Huiles essentielles

Des huiles essentielles sont extraites des aiguilles de pin noir et sont commercialisées pour des diffuseurs d'odeurs. Le produit commercialisé a été recensé sous l'appellation « Pin des Alpes ». (www.amrita.net, 2005).

PARTIE VIII : POURSUITE DE LA DEMARCHE

L'évaluation de l'état sanitaire et mécanique des bois de pin noir soumis aux intempéries (voir sous « Partie IV : Evaluation de la durabilité ») sera établie après 5 ans, soit aux environs de 2012, par le Dr Ernst Zürcher de la Haute Ecole d'architecture et du bois de Bienne. Un suivi annuel de l'apparition de colorations et de traces cryptogamiques (dossier photographique et appréciation visuelle) est assuré par Proxylon Sarl.

Un dépliant d'information a été préparé et a pour but d'informer les spécialistes et personnes concernées par les résultats de ce projet. Une publication dans les journaux spécialisés, sous forme d'un article rédactionnel, est prévu pour le début de l'année 2008. Le dossier de presse a d'ores et déjà été transmis à la presse spécialisée.

Les travaux de recherche sur la relation entre le conditionnement du bois et les phases lunaires se poursuivent à la Haute Ecole du Bois de Bienne. Ces projets n'ont cependant pas de relation directe au pin noir.

REFERENCES, LITTERATURE

- 1967, Dr Jozef Schalck, Rohdichte und Festigkeit des Schwarzkiefernholzes, 80 à 83
- 1970 Gayer, Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik, page 126
- 1985, Anton Bürgi und Christoph Diez, Übersicht über den Exotenaufbau in der Schweiz, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, pages 833 à 851
- 1991, G.Frank, Die Schwarzkiefer, Österreichische Forstzeitung 01/91, pages 35 à 38
- 1995 U.Hecker, Bestimmungsbuch Bäume und Sträucher
- 1996, A.Neumüller und M.Brandstätter, Einsatz und Verwendungsmöglichkeiten von Schwarzkiefernholz, pages 3 à 26
- 1997 Dr. A. Teischinger et H.Kohlross, Holz der Schwarzkiefer–Marktnischen gefunden, page 11
- 1997, Dr Jürgen Sell, Eigenschaften und Kerngrößen von Holzarten, pages 18 à 67
- 1998, Jean Collardet et Jean Besset, Les Bois commerciaux, pages 62 à 64
- 2000, A. Sprenger, Schwarzkiefer vor den Vorhang, Öster. Forstzeitung 10/00, pages 40 à 42
- 2001, Samuel Wagnière, Eigenschaften und Verwendung der Schwarzföhre, pages 1 et 2
- 2002, Dr R. Beyse, 9/02 Wald und Holz, article, pages 47 à 49

ANNEXES

A.1. Résultats de la recherche en littérature

A.3. Rapports individuels des visites de terrain et des entretiens individuels

A.2. Formes d'utilisation du pin noir

A.4. Essais d'abattages selon les phases lunaires

Mondbezogener Fällzeitpunkt und Holzeigenschaften bei der Schwarzföhre

A.5. Procédure de conditionnement et de suivi

A.6. Préparation de châssis soumis aux intempéries