



Technique de génie végétal applicables en rivières de montagne

## Les ouvrages bois: des techniques à développer

Journée technique d'information et d'échanges

Jeudi 29 septembre 2011 à Bonneville (74)

Intervention de Damien ROMAN , responsable  
national du produit ouvrage bois à l'ONF



## Pourquoi construire en bois dans les cours d'eau ?

*Atouts et performances du matériaux bois*

### ■ Performances environnementales et écologiques

- Matériaux naturelle renouvelable
- Contribue à lutter efficacement contre la diminution des gaz à effet de serre dans l'atmosphère en stockant du carbone et en retardant son émission
- Sa transformation nécessite peu d'énergie/autres matériaux de constructions
- Sa transformation est peu consommatrice d'eau
- Sa transformation génère peu de déchets qui peuvent être valorisé en sous-produit
- Matériaux permettant une bonne intégration paysagère des ouvrages
- Matériaux se dégradant naturellement



## ■ Pourquoi construire en bois dans les cours d'eau ?

*Atouts et performances du matériaux bois*

### ■ Performances techniques et mécaniques

- matériaux solide et léger ( $d \text{ moy} = 450 \text{ kg/m}^3$ , béton  $d = 2500 \text{ kg/m}^3$ , acier  $7800 \text{ kg/m}^3$ )
- résistance mécanique élevée par rapport à sa masse
- matériaux résistant aux chocs et déformations
- forme adaptée pour une mise en œuvre nécessitant peu de façonnage
- matériaux inoxydable
- des méthodes de classement et de dimensionnement encadrées par des normes européennes
- des mécanismes de dégradation biologiques connus et maîtrisés encadrés par des normes



## ■ Pourquoi construire en bois dans les cours d'eau ? *Atouts et performances du matériaux bois*

### ■ Performances socio-économiques

- valorisation de matière première locale = créateur de richesse et d'emplois locaux
- coût et délais de construction réduits dans le cas des circuits courts
- valeur ajoutée importante (plus de 50% du coût des ouvrages sert à financer la main d'œuvre)



■ Un retour historique sur l'utilisation des ouvrages en bois dans les cours d'eau de montagne...

■ Fin du XIX et début du XX<sup>ième</sup> siècle avec notamment l'instauration des lois de restauration des terrains en montagne en France de 1860 et 1882 suite au déboisement massif qu'a connu nos forêts et aux nombreuses catastrophes rencontrées.

■ Une utilisation du bois pour réaliser des ouvrages pas seulement en France mais également dans les autres pays de l'arc alpin (Suisse, Autriche , Italie) et pyrénéen (Espagne)



## Le bois dans la construction d'ouvrages de génie civil en montagne



SD de Vars - torrent du Chagnon -barrages en pilotis - 1910



## Le bois dans la construction d'ouvrages de génie civil en montagne



SD d'Arvieux - torrent du Rivet - épi palissade -1938



## Le bois dans la construction d'ouvrages de génie civil en montagne



photo juillet 1994

photo 08/10/2003



Commune de Crots - torrent de l'Infernet -  
barrage de l'ASA du canal des Rigues



## Le bois dans la construction d'ouvrages de génie civil en montagne



SD Vars - Torrent du Chagnon - Barrage Poncet construit en 1963 - photo du 19/06/2008



## Le bois dans la construction d'ouvrages de génie civil



Puicerda – Espagne - 2010



# Le renouveau du bois dans nos cours d'eau de montagne...

*Quelles utilisations, réalisations et retours d'expériences ?*



**Barrages à double parois**

**Seuils à simple paroi**



**Ouvrages transversaux aux cours d'eau**



**Barrages à simple paroi**



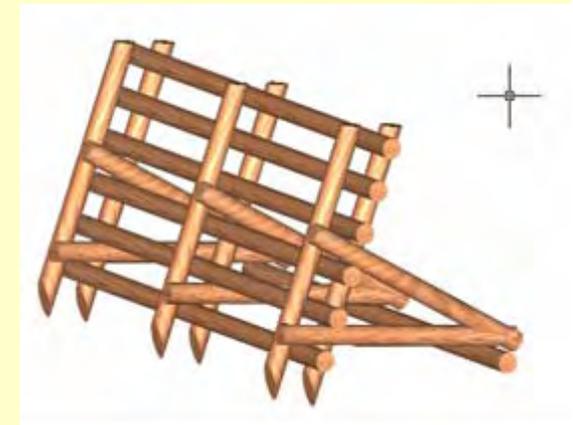
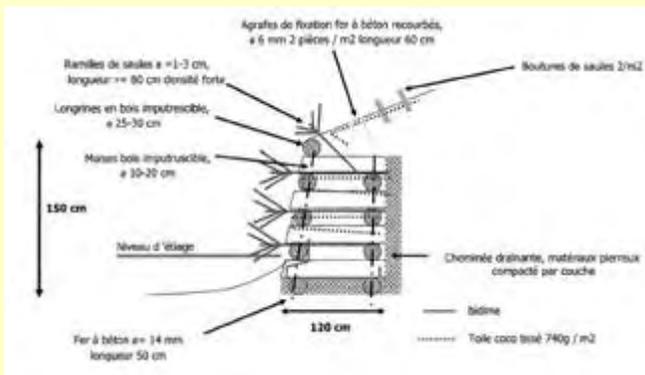


**Ouvrages à doubles parois végétalisées**

**Ouvrages autostables**



**Ouvrages de soutènement de berges**



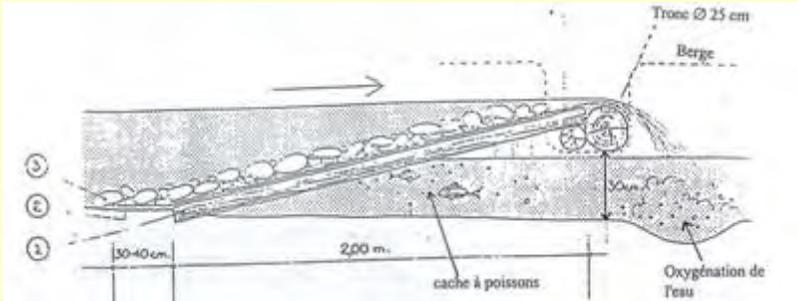


**Seuils avec  
caches à  
poissons**

**Passe à  
poissons**



**Ouvrages  
piscicoles**



les ouvrages bois





# Les ouvrages de correction torrentielle et de stabilisation de ravins



## Les ouvrages de correction torrentielle et de soutènement : vocabulaire

Bois  
longitudinaux  
= longerons  
= longrines



Bois transversaux  
= traverses  
= pincés  
= tirants

SD Crots -site de l'Infernet - photo 17/11/2003



## Seuil à simple paroi



Castillon - Alpes-Maritime - 10/05/05



## Seuil à simple paroi autostable





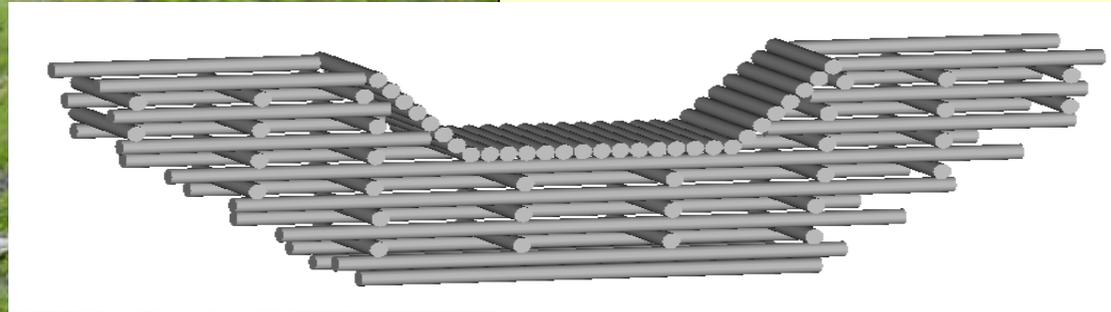
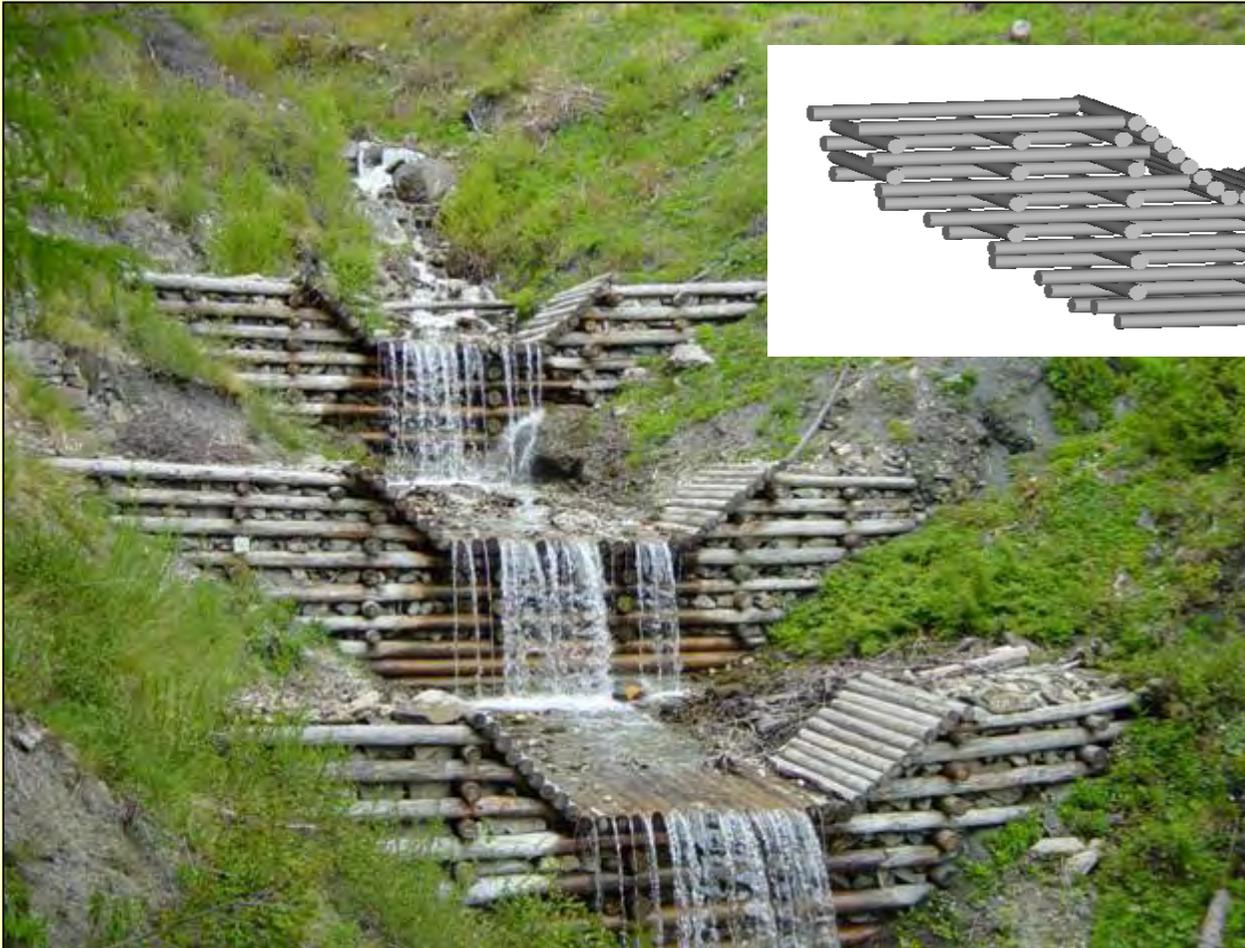
## Seuil à simple paroi à tirant



MONTHEZ - Nant de Choex Suisse - 04/06/2008



## Seuil à double paroi



SD Monetier les Bains - torrent de Saint Joseph - photo 23/05/2003



## Barrage à double paroi - ailes incorporées



SD Monetier les Bains - Torrent de Saint Joseph -photo 2004



## Barrage à double paroi cuvette en rondin de bois



Commune di Chiesa Pesio (CN)



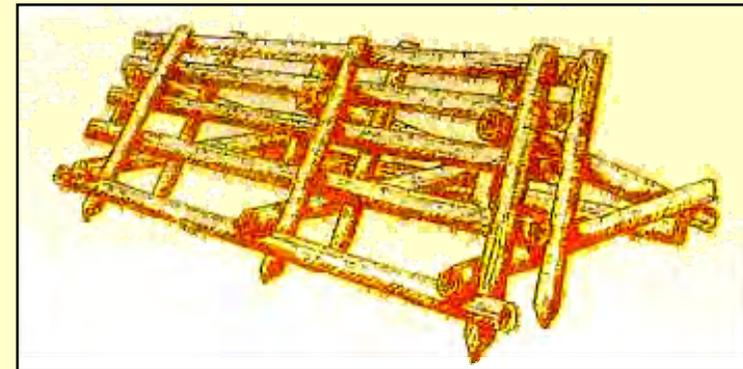
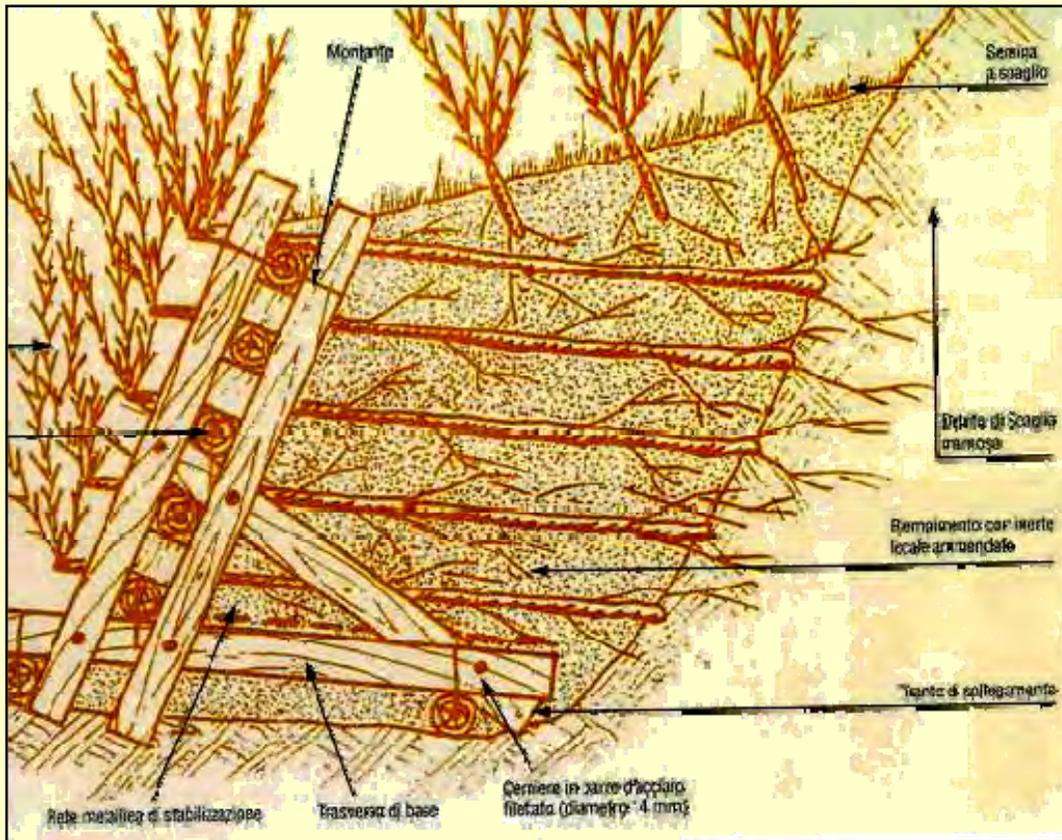
## Barrage à double paroi - voile en rondin



Uvernet (04)



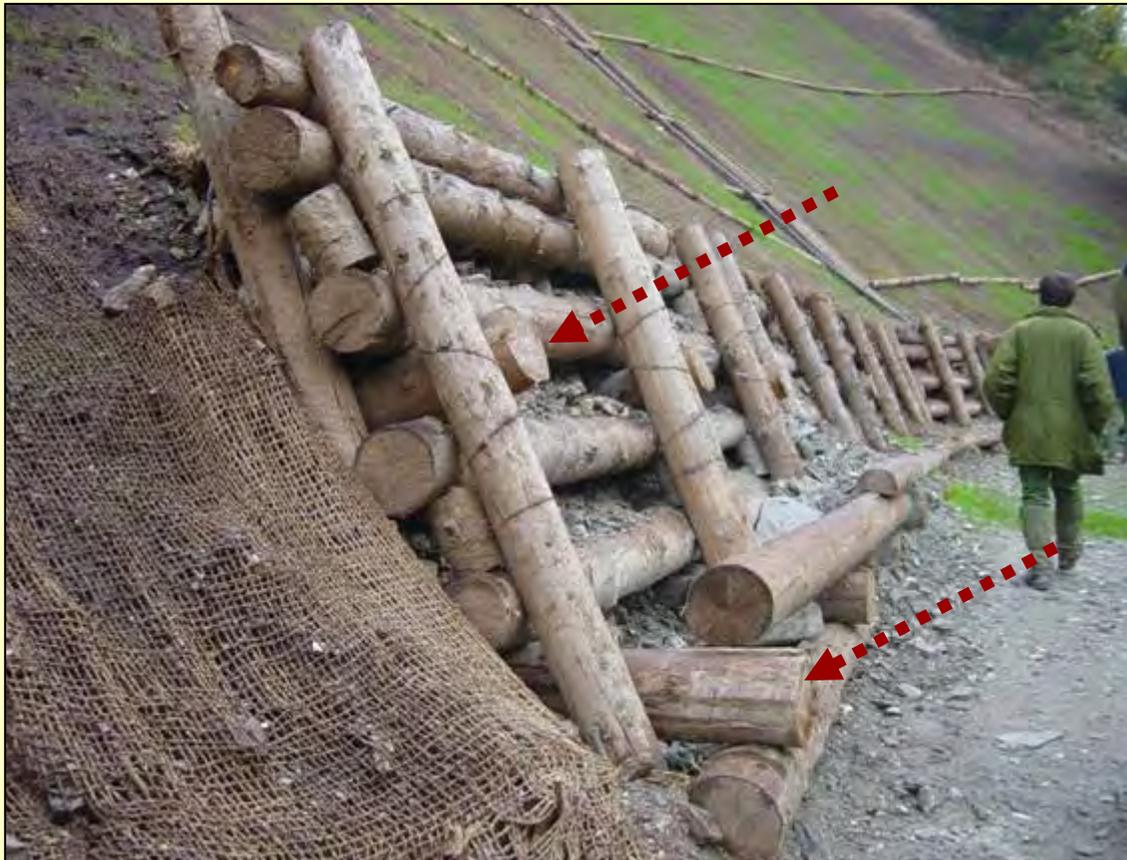
## Les ouvrages à simple paroi auto-stables



Journal ACER (Italie) 1/2001



## Les ouvrages à simple paroi auto-stables



Hauteur : 2 m

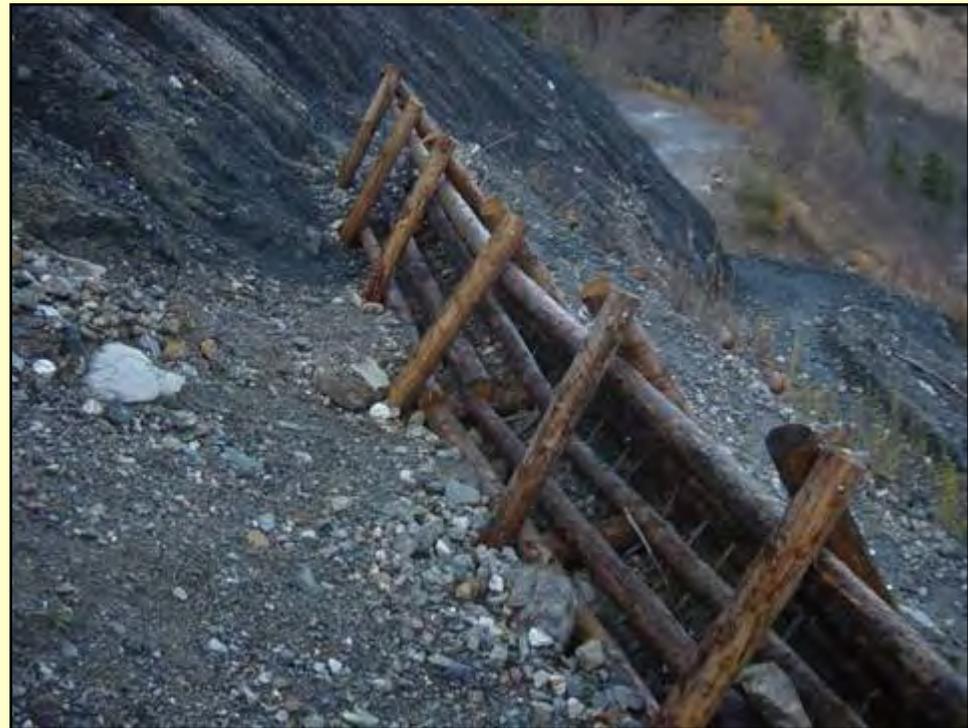
Tirant horizontal : 3,50 m

Tirant oblique : 4 m

Bardonnechia (To) - 05/10/2005



## ■ Les ouvrages à simple paroi auto-stables



Crots- Bragousse – 04/11/2009



# Les ouvrages de protection de berges de cours d'eau



## Caisson végétalisé de soutènement de berge

Projet interreg Géni'Alp ( FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)







## Caisson végétalisé de soutènement de berge

Projet interreg Géni'Alp ( FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)





## Caisson végétalisé de soutènement de berge

Projet interreg Géni'Alp ( FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)





## Caisson végétalisé de soutènement de berge

Projet interreg Géni'Alp ( FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)





# **Le matériaux bois dans la construction : caractéristiques mécaniques et durabilité**



## Le matériau bois - classement visuel

### 1.5 Classement visuel des bois : D'après la norme NF-B-52-001 de décembre 1998

Classe :		ST-I	ST-II	ST-III
Critère		<i>meilleur bois</i>	<i>charpente</i>	
Cernes d'accroissements (mm)		≤ 6 mm	≤ 8 mm	≤ 10 mm
Diamètre des nœuds	Sur la face	$\phi \leq 1/6$ de l et ≤ 30 mm	$\phi \leq 1/2$ de l et ≤ 30 mm	$\phi \leq 3/4$ de l et ≤ 100 mm
	Sur la rive	$\phi \leq 2/3$ de l'épaisseur de la rive et ≤ 40 mm		
Fentes	Traversantes	Longueur ≤ 2 * la largeur de la pièce	Longueur ≤ 600 mm	
	Non traversantes	Longueur ≤ 0.5 * longueur de la pièce	Non limitée	
Grosses poches de résine		Non admise	Admise si < 80 mm	
Entre écorce		Non admise		
Pente de fil	Locale	1 : 10	1 : 4	
	Générale	1 : 14	1 : 6	
Flaches	Longueur	Non admises	< 1/3 de la longueur de la pièce et < 100 mm	
	Largeur		< 1/3 de l'épaisseur de la rive	
Altérations biologiques	Bleu - Trace de gui	Admis		
	Piqûres noires	Admis si elles apparaissent sur une seule face		
	Echauffure	Non admise		
Déformations maximale en mm pour un longueur de 2 m	Flèche de face	< 10	< 20	
	Flèche de rive	< 8	< 12	
	Gauchissement	1 mm / 25 mm de largeur	1 mm / 25 mm de largeur	
	Tuilage	Pas de restriction		

Il aboutit à 3 classes ST-I, ST-II, ST-III (anciennement catégories 1, 2 et 3)

Ces classes permettront d'obtenir les résistances pour le dimensionnement des structures



## Le matériau bois - classe de résistance

### 1.6 Conversion classes visuelles – classes de résistance

Classes visuelles NF-B52 001-4			
Essences	ST III	ST II	ST I
Sapin, Epicéa	<b>C22</b>	<b>C24</b>	<b>C30</b>
Douglas	<b>C22</b>	<b>C24</b>	<b>C30</b>
Pin noir, Pin laricio	<b>C18</b>	<b>C18</b>	<b>C27</b>
Pin Maritime	<b>C18</b>	-	-
Peuplier	<b>C22</b>	-	<b>C27</b>

Où C18, C22, C24, C27, C30 correspondent à des classes de résistance européennes pour lesquelles on a les résistances caractéristiques pour les différentes sollicitations (voir plus loin).



## EC5 Classement mécanique des bois

### Résistances caractéristiques réglementaires (EC5)

#### Valeurs caractéristiques en Bois Massif (BM) résineux

		C18	C22	C24	C27	C30
<b>Propriétés de résistance en MPa</b>						
Flexion	$f_{m,d}$	18	22	24	27	30
Traction Axiale	$f_{t,d}$	11	13	14	16	18
Traction transversale	$f_{t,90,d}$	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
Compression axiale	$f_{c,d}$	18	20	21	22	23
Compression transversale	$f_{c,90,d}$	4.8	5.1	5.3	5.6	5.7
Cisaillement	$f_{v,d}$	2.0	2.4	2.5	2.8	3.0
<b>Propriétés de rigidité en Mpa</b>						
Module moyen d'élasticité axiale	$E_{0,moyen}$	9000	10000	11000	12000	12000
Module d'élasticité axiale au fractile de 5%	$E_{0,05}$	6000	6700	7400	8000	8000
Module moyen d'élasticité transversale	$E_{90,moyen}$	300	330	370	400	400
Module moyen de cisaillement	$G_{moyen}$	560	630	690	750	750
<b>Masse Volumique en kg/m<sup>3</sup></b>						
Masse volumique au fractile de 5%	$\rho_k$	320	340	350	370	380
Masse volumique moyenne	$\rho_{moyen}$	380	410	420	450	460

flexion

Pour mémoire les résultats des essais ont donnés pour du bois C24:

Compression axiale

**37,8 MPa,**

Traction Axiale :

**80 MPa,**

Flexion

**75 MPa**

Résistance béton 350 kg/m<sup>3</sup> :

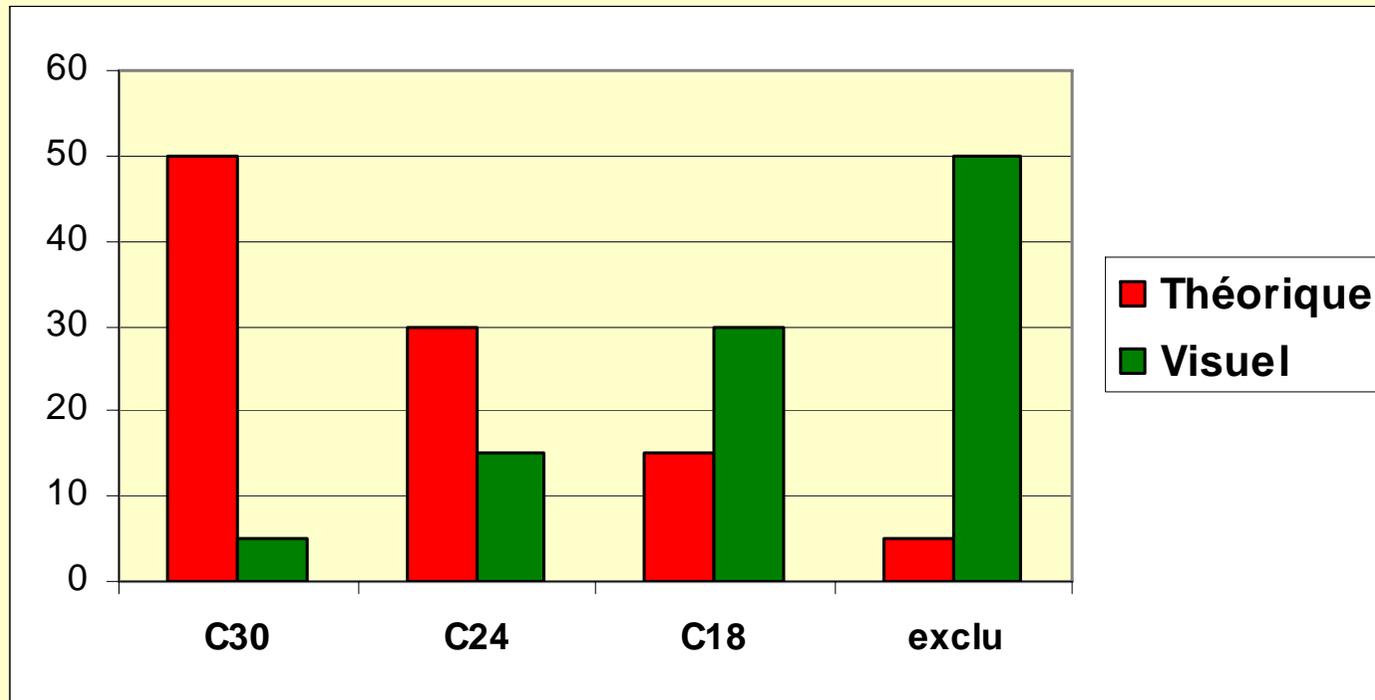
19,5 MPa à 7 jours

30 MPa à 28 jours

Pression : 1 MPa = 1 kg / cm<sup>2</sup> = 10 t / m<sup>2</sup>



## Le matériau bois - résistance



Pas de machine certifiée en France aujourd'hui

Classement visuel très pessimiste, très dégradant par rapport aux performances mécaniques réelles



## La durabilité du bois

### Les agresseurs du matériaux bois

#### Les insectes

- à larve xylophage : ex le capricorne
- xylophages : ex les termites

#### Les champignons

- le plus fréquent et le plus dangereux : la mэрule
- humidité du bois  $> 20\%$ ,  $20^\circ > t > 26^\circ$ ,  $O^2$



## ■ La durabilité du bois

- varie en fonction des espèces
- varie entre les arbres de la même espèce
- varie en fonction de la position sur le tronc
  - durabilité diminue vers le cœur (maxi à l'interface aubier-duramen)
  - durabilité diminue avec la hauteur de l'arbre (maxi à la base)



# La durabilité du bois

Classes de risques

Norme européenne EN 335

Classes	Situation en service	Exemples d'emplois	Zone « sensible »	Risque biologique
1	Bois toujours sec Humidité des bois toujours inférieure à 18 %	Menuiseries intérieures à l'abri de l'humidité : parquets, escaliers intérieurs...	2 mm	- Insectes - Termites dans les régions infestées
2	Bois sec dont la surface est humidifiée temporairement ou accidentellement Humidité des bois en moyenne inférieure à 18 %	Charpente, ossatures correctement ventilées en service	2 mm	- Insectes - Champignons de surface - Termites dans les régions infestées
3	Bois soumis à des alternances humidité/sécheresse	Toutes pièces de construction ou menuiseries extérieures verticales soumises à la pluie : bardages, fenêtres... Pièces abritées mais en atmosphère condensante	Toute la partie humidifiable de la zone non durable naturellement	- Pourriture - Insectes - Termites dans les régions infestées
4	Bois d'humidité toujours supérieure à 20 %, en tout ou partie de son volume	Bois horizontaux en extérieur (balcons, coursives...) et bois en contact avec le sol ou une source d'humidification prolongée ou permanente	Toute la zone non durable naturellement	- Pourriture - Insectes y compris termites
5	Bois en contact permanent avec l'eau de mer	Piliers, pontons, bois immergés	Toute la zone non durable naturellement	- Pourriture, - Insectes - Térébrants marins

ST : Sans traitement : Bois parfait désaubiéré (durabilité naturelle)



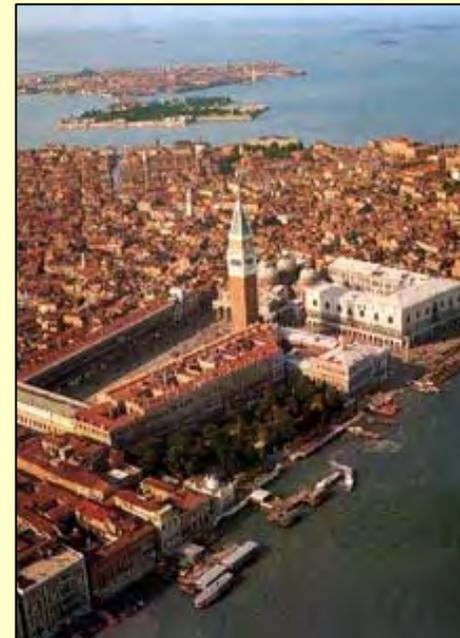
## La durabilité du bois

**Risque d'attaque de champignons si :**  
**20% < Humidité du bois < 80%**

*Pas assez d'eau*



*Pas assez d'oxygène*





## Le matériau bois



SD Orcières - Le Merdarel - photo 10/08/05

L'écorçage des troncs ?	
Avantages	Inconvénients
Amélioration de la précision des assemblages	Augmentation de la quantité de travail
Réduit les infestations par les insectes et les champignons	Augmentation du prix de l'ouvrage
Esthétique (subjectif)	Augmentation de l'insécurité au travail, car les troncs sont plus difficilement manipulables

Source : rapport de stage F Ruolt - 2005



## La durabilité du bois



Ouvrage en mélèze - Champagny (73)

2006 - Daniel Jullien



Ouvrage en épicéa - SD Sierre de Luchon (09)

2005- Charles Hormière



## ■ La durabilité du bois



Ouvrage en pin noir - SD Sinard (38)

2005 - Marie Juppet



Ouvrage en robinier - Gap (05)

2005- Société Meyer Elagage



## Les conditions à l'emplacement de l'ouvrage



Attaque par les champignons

- température
- humidité de l'air
- précipitation
- rayonnement du soleil



## ■ Les conditions à l'emplacement de l'ouvrage



Gabions bois sous la route départementale de Crévoux construits en 1954 - photo 12/05/05







# Les règles de l'art



## La mis en œuvre : volume de bois



Ouvrages double paroi

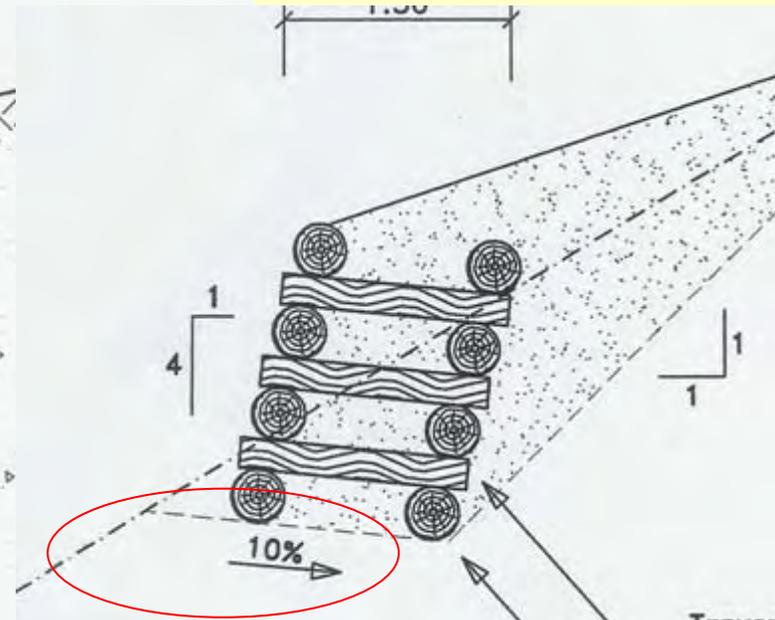
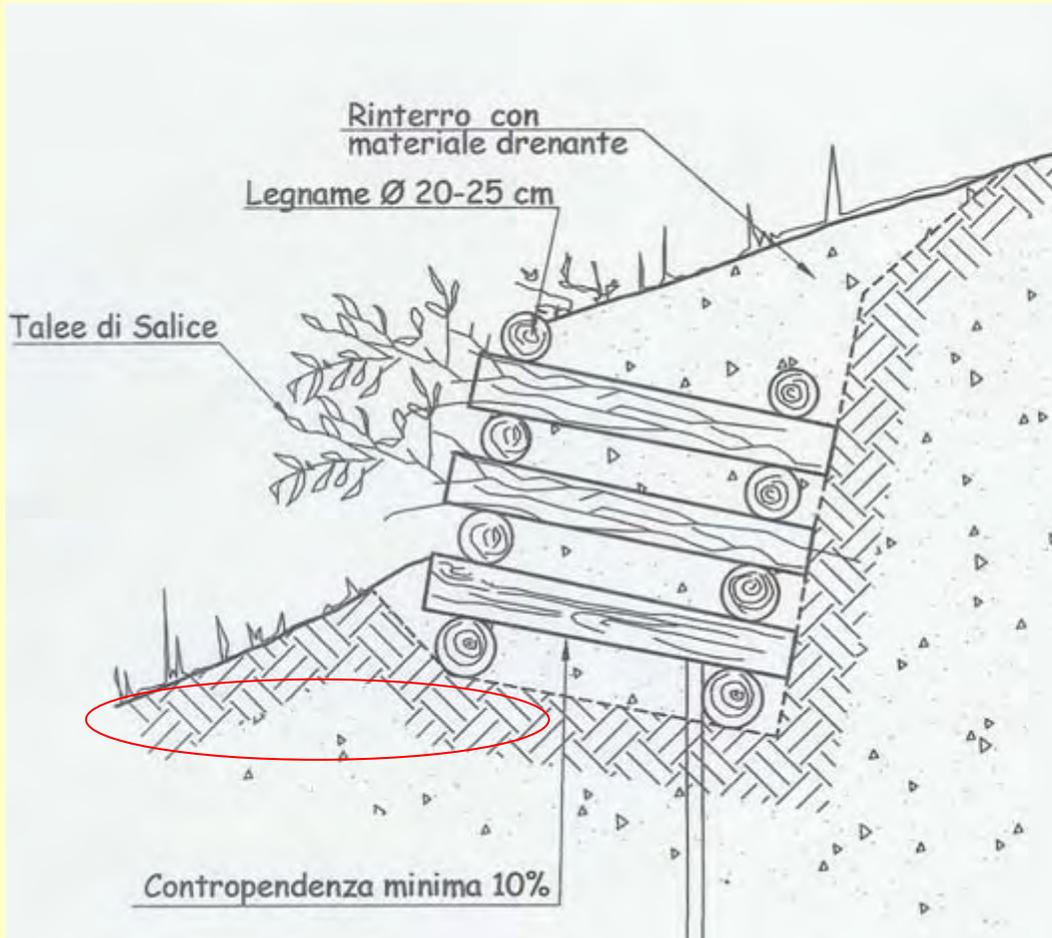
Volume du bois par rapport au volume total :

environ 15 % à 25 %

SD Crots - site del' Inernet - 15/10/2005



## La mise en œuvre - le fruit du terrassement pour les ouvrages de soutènement



SD Vars - Torrent du Chagnon -19/05/2005



## La mise en œuvre - les premières grumes : les longrines



**Bousson (To) - Italie - 16/09/2002**



## La mise en œuvre - les premières grumes : les longrines



Rif du Sapé (To) - Italie - 04/09/2008



## ■ La mise en œuvre – le fruit du parement aval en soutènement



Fruit environ 20%

SD Crots - site de l'Infernet - 27/07/2005



## ■ La mise en œuvre – le diamètre des grumes



Longrines  $\varnothing > 0,20$  m

Traverses  $\varnothing > 0,15$  m

SD Crots - site de l'Infernet - 12/05/2005



## La mise en œuvre - la longueur des longrines



Répartition des forces  
sur la longueur

Sauze di Césanna (To) - torrente Bocceto - Italie -05/10/2005



## La mise en œuvre - la longueur des longrines



**Alterne**

Sauze di Césanna (To) - torrente Bocceto - Italie -05/10/2005



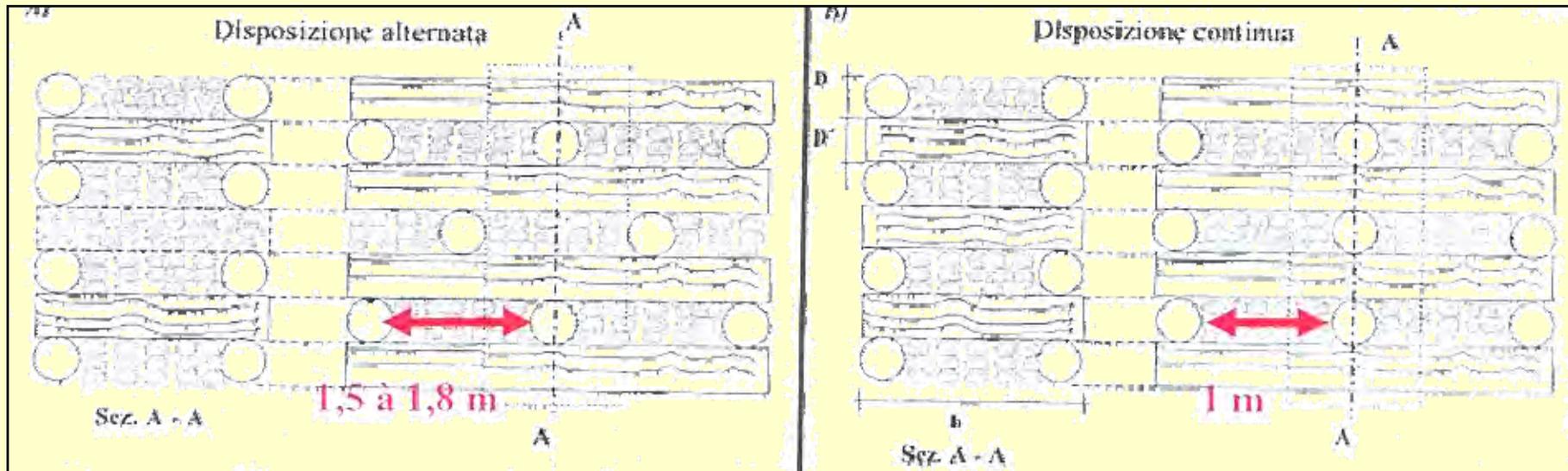
**Continu**

SD Crots - site de l'Infernet - 24/10/2003

Espacement entre 1m et 1,50 m



## La mise en œuvre – le positionnement et l'espacement des traverses



Source - Région Piemonte - 2005



## La mise en œuvre – les assemblages



Plus résistant lorsqu'il n'y a pas d'encoche

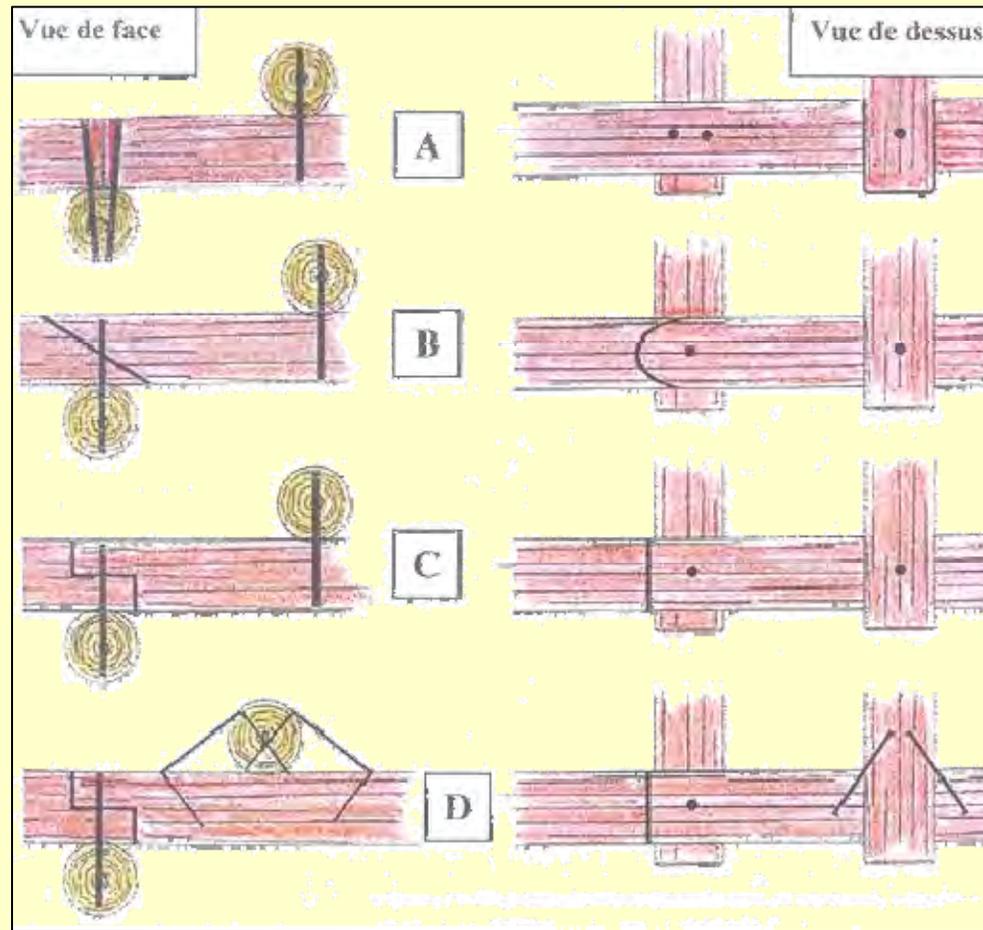
A éviter



SD Crots - site de l'Infernet - 12/05/2005



## La mise en œuvre – les types d'assemblages





## ■ La mise en œuvre – les types d'assemblages





## ■ La mise en œuvre – les types d'assemblages



**SD Crots - Inernet - 18/09/2009**



**Risoul - Torrent de Peyre Folle - 23/09/2009**



## ■ La mise en œuvre – le pré perçage



Évite l'éclatement du bois



■ La mise en œuvre – diamètre des tiges



$16 \text{ mm} < \emptyset < 25 \text{ mm}$



# Dimensionnement des ouvrages



## Principe de fonctionnement des caissons-bois - stabilité externe

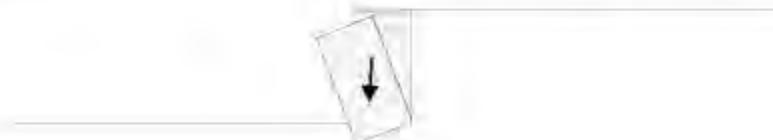
1 - la stabilité au renversement



2 - la stabilité au glissement



3 - poinçonnement du sol de fondation (portance insuffisante)





## Caisson soutènement de route – 2006 - Encourtiech (09) Christophe Dugats





## Caisson soutènement de route – 2006 - Encourtiech (09) Christophe Dugats





## Mur de soutènement de route – 2008 - Les Ménuires (73) - Jean Arnaud-Prin (ONF / AT RA)



**Utilisation de bois rond fraisé**

**Système anti-lessivage**





## Mur de soutènement de route – 2008 - Les Ménuires (73) - Jean Arnaud-Prin (ONF / AT RA)



Avant

Après - 284 €HT hors PEF





## Soutènement de sentier – 2009 - Parc National de la Vanoise - Val d'Isère (73)

Philippe Laroche (ONF / AT RA)





## Soutènement de sentier – 2009 - Parc National de la Vanoise - Val d'Isère (73)

Philippe Laroche (ONF / AT RA)





## Autres ouvrages en bois



## Autres ouvrages en bois : les drains



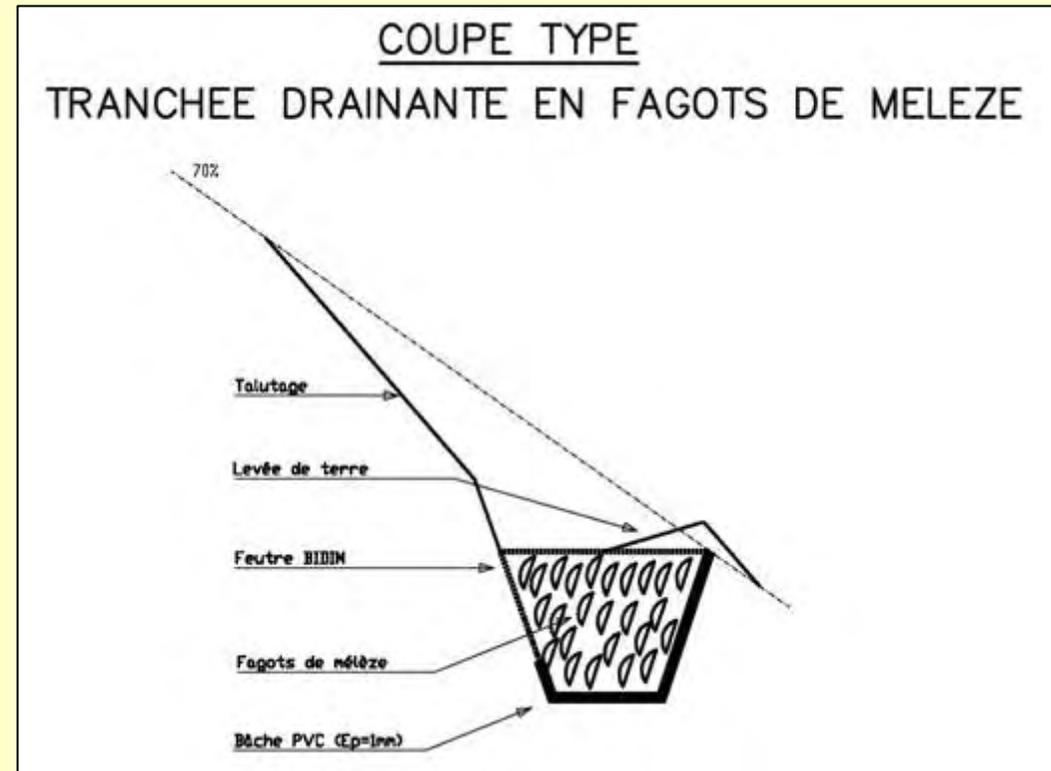
SD Ristolas - torrent de Ségure - photo 15/10/2003



## Autres ouvrages en bois : les drains



SD Ristolas - torrent de Ségure - photo 15/10/2003



Épaisseur de la bâche PVC = 1 mm

Coût au ml : 91 € HT



## ■ Les caniveaux bois



**Embrun - Caléryère - chantier 2004 - photo 02/05/2006**



## Les caniveaux bois



**Artigue (09) - caniveaux en mélèze - 2005 - C Hormière**



## Les caniveaux bois



Commune d 'Embrun - Maître d 'œuvre ONF/RTM

Chantier de Caléryère

Entreprise SO-GE-CO - chantier 2004

Quantité caniveaux bois : 50 ml

Prix unitaire au ml : 60,98 € HT

Commune d 'Embrun - Maître d 'œuvre ONF/RTM

Chantier du Pigeonnier

Entreprise Queyras - chantier 2002

Quantité caniveaux bois : 150 ml

Prix unitaire au ml : 138,73 € HT





## Les caniveaux bois



Commune d 'Artigue (09)

Maître d 'œuvre ONF/RTM

Prix unitaire au ml : 115 € HT



## Les caniveaux bois



Commune de Vars  
Sainte Catherine  
travaux 2007  
photo 19/06/2008



## Les passerelles



**Saint Clément - torrent du Couleau - passerelle du pré du Play -  
réalisation été 1997 avec l'AUI - photo 13/10/2006**



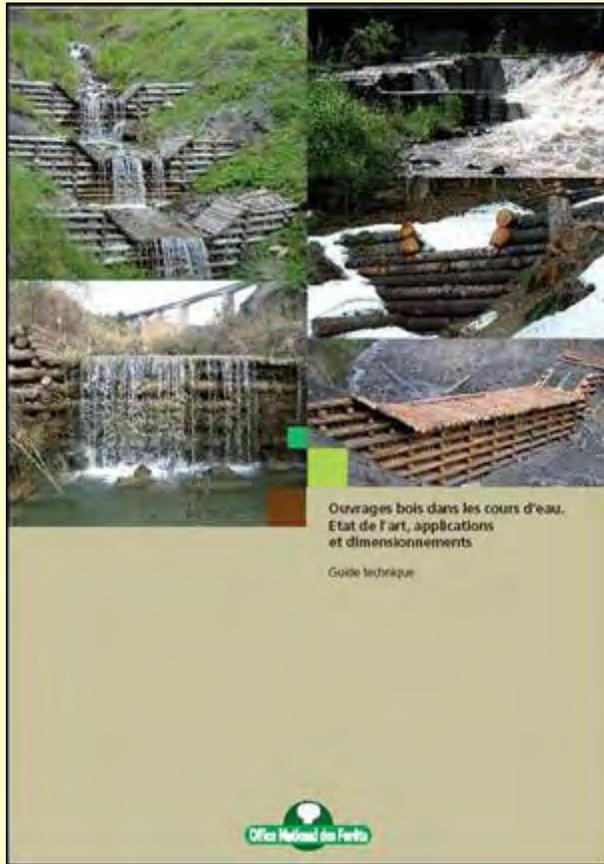
## Les passerelles



**SD Guillestre - passerelle sur le Chagne - 1906**



## Bibliographie sommaire sur les ouvrages bois soutènement et correction torrentielle



### Ouvrages bois dans les cours d'eau Guide technique ONF Damien Roman



Merci de votre attention

