

GÉNIE VÉGÉTAL EN RIVIÈRE DE MONTAGNE DE LA THÉORIE AU CAS PRATIQUE

• Journée technique d'information et d'échanges
Jeudi 5 juillet 2012 à Ollon (canton de Vaud, Suisse)

Avec le soutien de :



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

En partenariat avec :



QUI SOMMES NOUS ?

Le rôle principal de l'association est l'animation du réseau d'acteurs pour une gestion globale des milieux aquatiques et de l'eau à travers des actions permettant l'échange de connaissances et d'expériences.

En 2011, l'association compte **312 adhérents dont 103 structures** intervenant dans la gestion des milieux aquatiques (conseils généraux, administrations et établissements publics, syndicats de rivière, bureaux d'études, universités et centres de recherche).

Les Objectifs : Favoriser la gestion intégrée des milieux aquatiques

L'article 2 des statuts, en exposant les objectifs de l'association, exprime sa vocation : « **Favoriser la connaissance et l'échange entre les professionnels intervenant dans le domaine de l'eau.** Le véritable enjeu pour tous les adhérents étant celui de l'amélioration de l'état des milieux aquatiques ».

Les Activités de Rivière Rhône Alpes

Afin d'assurer l'animation générale du réseau et d'assister les professionnels qui s'investissent dans cette mission, l'association mène principalement 3 types d'actions :

- ♦ **Organisation de journées techniques d'information et d'échanges** afin de favoriser les échanges et de mutualiser les expériences des professionnels de l'eau :

Travaux en rivière : la maîtrise d'œuvre en interne > Gestion des eaux pluviales > Plan de gestion des matériaux solides > Gestion quantitative de la ressource en eau : données et réseaux de mesure > Gestion des milieux aquatiques et financements européens > Trame verte et bleue, gestion des milieux aquatiques et aménagement du territoire > Produits phytosanitaires en zones non agricoles > Sécurité des ouvrages hydrauliques > Restauration physique des milieux aquatiques > Renouées du Japon : gestion et lutte > Gestion quantitative de la ressource en eau > Entretien des cours d'eau : Équipe rivière ou marché ? > Prendre en compte les zones humides dans la gestion des territoires > Plans de gestion des boisements de berge > Aspects juridiques et réglementaires de l'intervention sur terrain privé > Outils de la politique agricole > Techniques de génie végétal : bilan et perspectives > Restauration hydro-morphologique des cours d'eau > Contrat de rivière > Petits aménagements piscicoles en rivière > Études paysagères et contrats de rivière

> Contentieux dans le domaine de l'eau > Assistance à maîtrise d'ouvrage dans le domaine de l'eau > Impacts des seuils en rivière > Études hydrauliques et hydrologiques > Indicateurs biologiques de la qualité des milieux aquatiques > Agriculture et pollutions diffuses > Restauration physique des cours d'eau > Pédagogie et eau > Travaux post-crues > Hydroélectricité > Espaces de liberté des cours d'eau > Évaluation des procédures de gestion des milieux aquatiques > Zones humides > Conflits et médiation dans le domaine de l'eau > Inondations et PPR > Pollutions accidentelles > Gestion des espèces envahissantes > Gestion de l'eau et participation du public > Gestion des alluvions > Métier de chef d'équipe > Inondations et prévention réglementaire > Gestion des milieux aquatiques > Gestion de crises : la sécheresse > Protection et restauration des berges > Restauration et entretien de la ripisylve > Gestion de crises : les inondations

- ♦ **Élaboration de documents techniques** : Enquête sur la représentativité des communes au sein des structures de gestion des milieux aquatiques > Recensement des réseaux de techniciens et gestionnaires des milieux aquatiques > Référentiel emploi/salaire > Annuaire professionnel des acteurs et gestionnaires des milieux aquatiques > Recueil de cahiers des charges - études et travaux > Bordereau de prix unitaires

Et de cahiers techniques : Mise en place et fonctionnement d'une équipe rivière en régie directe en Rhône-Alpes > Études quantitatives de la ressource en eau > Prévention et gestion des inondations en Rhône-Alpes > Communication dans le cadre du volet C des contrats de rivière > Fonctionnement des structures porteuses de procédures contractuelles.

- ♦ **Animation du site internet** : www.riviererrhonealpes.org dont le forum est un espace de référence au niveau national pour les professionnels des milieux aquatiques (plus de 30 000 visites par mois).

Les Moyens

Un conseil d'administration, trois animateurs à temps plein, une assistante administrative, des membres actifs, des ateliers thématiques et groupes de travail. Des partenaires techniques et financiers : l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes, la DREAL Rhône-Alpes et le FEDER.

Nous contacter :

Les membres du conseil d'administration 2011-2012

NOM	ORGANISME	MAIL	TELEPHONE
Betty CACHOT	Syndicat de Rivières Brévenne-Turdine (69)	b.cachot@cc-pays-arbresle.fr	04 37 49 70 86
Aurélié CAMPOY Vice-Présidente	Commission Locale de l'Eau Drac-Romanche (38)	aurelie.campoy@drac-romanche.com	04 76 75 16 39
Anne CITTERIO	Syndicat du Pays de Maurienne (73)	riviere@maurienne.fr	04 79 64 12 48
Jérôme DERIGON	Syndicat Mixte des rivières du Sornin et de ses Affluents (42)	j.derigon@symisoa.fr	04 77 60 97 91
Guillaume DESSUS	Syndicat Intercommunal du Bassin de la Fure (69)	gdessus.sibf@orange.fr	04 76 07 95 84
André EVETTE	IRSTEA - Grenoble	andre.evette@irstea.fr	04 76 16 27 06
Jonathan MALINEAU	SIVU de l'Ay-Ozon (07)	sivu.ay@wanadoo.fr	04 75 34 94 98
Marie MAUSSIN	Assemblée du Pays Tarentaise Vanoise (73)	marie.maussin@tarentaise-vanoise.fr	04 79 24 00 10
Isabelle MOINS	Association Départementale d'Aménagement Isère Drac Romanche (38)	i.moins@adisere.fr	04 76 48 81 00
Alice PROST Présidente	Syndicat Mixte Territoires de Chalaronne (01)	alicep-srtc@orange.fr	04 74 55 20 47
Emmanuel RENOU Trésorier	SIVM Haut Giffre (74)	erenou@sm3a.com	04 50 47 62 04
Cécile VILLATTE Secrétaire	Syndicat Interdépartemental Guiers et Affluents (38)	cvillatte.siaga@wanadoo.fr	04 76 37 26 26

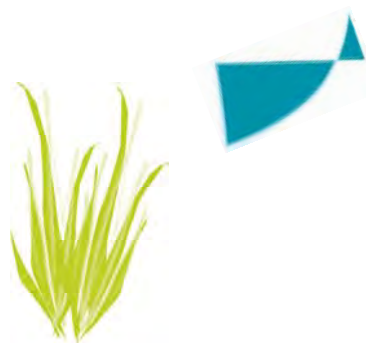
Les salariés du réseau

Julien BIGUÉ : julien.bigue@riviererrhonealpes.org

Nathalie PERRIN : arra@riviererrhonealpes.org

Chloé RENOUD : chloe.renouard@riviererrhonealpes.org

Nicolas VALÉ : nicolas.vale@riviererrhonealpes.org



Génie végétal en rivière de montagne De la théorie au cas pratique

JOURNÉE TECHNIQUE D'INFORMATION ET D'ÉCHANGES

Jeudi 5 juillet 2012 à Ollon (canton de Vaud, Suisse)

Contexte :

L'atteinte du bon état écologique nécessite de conserver des zones de mobilité pour les cours d'eau afin notamment de restaurer le transport solide au sein de l'hydrosystème fluvial. Toutefois, compte tenu des différents enjeux socio-économiques en présence, il est parfois important de protéger certains secteurs contre l'érosion.

En rivière de montagne, les techniques lourdes (enrochement, recalibrage, bétonnage, endiguement) sont le plus souvent utilisées alors qu'il existe des alternatives dites « douces », plus respectueuses sur le plan environnemental et paysager et généralement moins coûteuses : **les techniques de génie végétal**.

Cette journée technique est la troisième et dernière du cycle de formation du **projet « Geni'Alp »** (Interreg IVA France-Suisse) dédié à la thématique du génie végétal en rivière de montagne. Après avoir abordé les clés d'identification des principales espèces et groupements végétaux structurants des ripisylves alpines, évalué les capacités de ces espèces végétales à être intégrées dans une technique végétale particulière en 2010 puis avoir traité des techniques de génie végétal et des techniques mixtes en 2011, il s'agira ici de présenter de nouveaux retours d'expérience sur le génie végétal en rivières de montagne.

Pour en savoir plus : www.geni-alp.org et www.riviererhonealpes.org/projetcoop

Objectifs :

- ✓ Présenter et promouvoir les techniques de génie végétal envisageables dans le cadre de travaux de protection de berges en rivière de montagne,
- ✓ Informer sur l'existence de spécificités techniques utilisables sur des cours d'eau à forte pente,
- ✓ Valoriser les chantiers pilotes réalisés dans le cadre du projet Geni'Alp.

Contenu :

Cette journée fournira des éléments de connaissance sur la réalisation d'ouvrages de génie végétal utilisant différentes techniques novatrices ou peu connues par les acteurs de l'eau en France et en Suisse.

À travers des éléments théoriques et pratiques et de visites de terrain, il s'agira de fournir aux participants des clés de réalisation d'ouvrages en génie végétal dont la réussite est dépendante de nombreux paramètres (choix des techniques utilisées, agencement, dimensionnement, adaptation aux conditions stationnelles...).

Les éléments présentés le matin en salle reprendront très largement ceux de la journée du 29 septembre 2011 à Bonneville (Haute-Savoie).

Publics :

Ouvert à tous les professionnels suisses et français de la gestion des milieux aquatiques et de l'eau : techniciens de rivière, chargés de mission des procédures de gestion des milieux aquatiques, techniciens et ingénieurs des collectivités territoriales, des services déconcentrés de l'État et des services cantonaux, bureaux d'études et entreprises spécialisés dans le génie végétal, associations, étudiants, chercheurs.

Organisé par :



Avec le soutien de :



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENÈVE

POF FORNEMUS LEX

En partenariat avec :

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève



PROGRAMME DE LA JOURNÉE

09h00

Accueil des participants

Des **maquettes pédagogiques**, réalisées dans le cadre du projet GénAlp et montrant les différentes techniques à plusieurs stades de leur construction ainsi qu'une représentation du résultat quelques années après leur réalisation seront présentées lors de l'accueil.

09h30 Les techniques de génie végétal envisageables en rivière de montagne

Les épis, fascines, couches de branches à rejets ou encore les lits de plants et plançons sont autant de techniques de génie végétal qui, sous réserve d'un dimensionnement adapté, peuvent être mises en œuvre sur des cours d'eau de montagne. État des lieux des connaissances, techniques existantes et utilisables en rivière de montagne, spécificités des aménagements et de leur dimensionnement sur ces cours d'eau dynamiques.

Pierre-André FROSSARD – *hepia Genève*

10h10 Résistance mécanique des techniques de génie végétal et biodiversité

Les différentes techniques de génie végétal possèdent leurs propres limites d'utilisation et spécificités de mise en œuvre. Perspective historique, état des connaissances sur les niveaux de résistance des techniques, diversité végétale et de la macrofaune benthique sur quatre techniques d'aménagement de berges et sur berges naturelles.

André EVETTE – *Irstea Grenoble*

10h50 Les ouvrages bois : des techniques à développer

Les services de Restauration des Terrains de Montagne (RTM) ont été parmi les premiers à utiliser le végétal pour la stabilisation des versants et torrents de montagne. Après être passé au génie civil, une nouvelle approche se développe depuis plusieurs années avec l'utilisation de plus en plus répandue du matériau bois pour la réalisation d'ouvrages transversaux et longitudinaux en cours d'eau de montagne. Éléments de connaissance, dimensionnement et retour d'expérience sur le Bens (Isère).

Damien ROMAN – *Office National des Forêts (ONF)*

11h30 Stabilisation d'un glissement de terrain sur un cours d'eau à forte pente

Présentation du chantier pilote mis en œuvre sur le Pamphiot (Haute-Savoie) : utilisation de techniques de génie végétal pour la stabilisation d'un glissement de terrain, modalités de réalisation, problèmes rencontrés et solutions choisies.

Maxime CHÂTEAUVIEUX – *Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique (SYMASOL)*

12h00 Modèles naturels et espèces alpines utilisables en génie végétal

Présentation de quelques espèces utilisées dans le cadre des chantiers pilotes.

Patrice PRUNIER & Ludovic BONIN – *hepia Genève*

12h15 Départ pour le restaurant (transfert 30 mn)

12h45

Déjeuner

14h15 Visite de site : l'Avançon d'Anzeindaz – La Benjamine (transfert 10 mn)

Visite d'un chantier pilote en préparation sur une berge d'une dizaine de mètre de haut et d'un ouvrage bois réalisé par le service des forêts de la commune de Bex. Discussion des solutions techniques choisies.

Pierre-André FROSSARD – *hepia Genève*

15h00 Visite de chantier : l'Avançon d'Anzeindaz – Cergnement (transfert 5 mn)

Utilisation de lits de plants et plançons, de couches de branches à rejets, d'épis et d'enrochements de pied sur une berge menacée par l'érosion et l'incision. Visite du premier chantier suisse terminé en novembre 2011 à 1 250 m d'altitude.

Pierre-André FROSSARD – *hepia Genève*

16h00 Départ pour le dernier site (transfert 20 mn)

16h20 Visite de chantier : La petite Gryonne – La Cousse

Utilisation de lits de plants et plançons et d'enrochement de pied sur une berge menacée par un glissement sur un tronçon à 12% de pente. Visite du chantier suisse terminé au printemps 2012 à 1 300 m d'altitude.

Pierre-André FROSSARD – *hepia Genève*

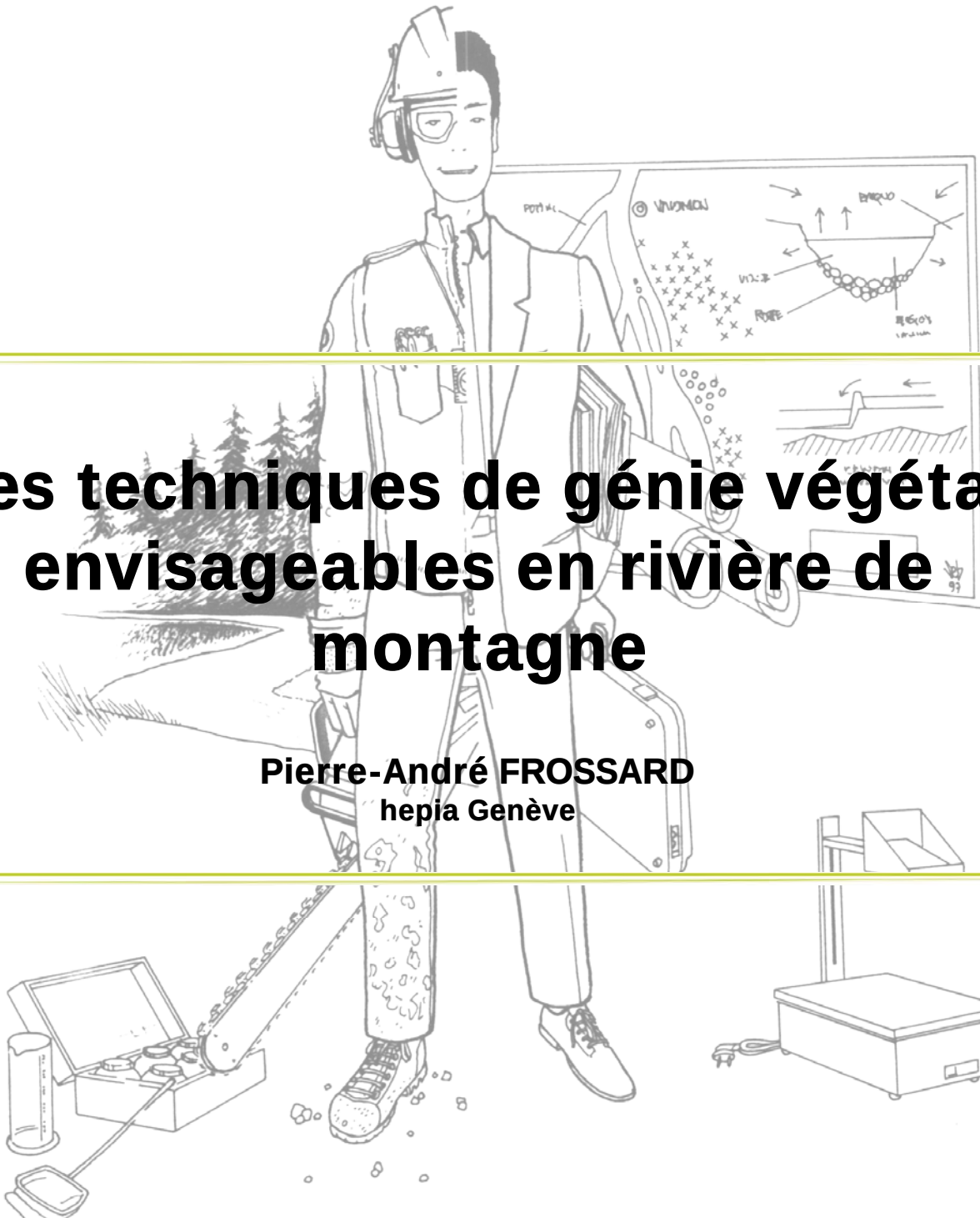
17h00 Retour à Ollon (transfert 15 mn)

17h15

Fin de journée

LISTE DES PARTICIPANTS

	NOM	ORGANISME	VILLE	TELEPHONE	MAIL
1	Philippe ADAM	Biotec - Biologie Appliquée	CH-2800 DELEMONT	0041 32 435 66 66	philippe.adam@biotec.fr
2	Régine BERNARD	ETEC Ecologie Sarl	CH-1950 SION	0041 27 203 40 00	regine.bernard@etec-vs.ch
3	Antoine BLIECQ	SMA du Dessoubre et de Valorisation du BV	25120 MAICHE	0033 381 64 33 64	abliecq@ccpm-maiche.com
4	Ludovic BONIN	hépia Genève	CH-1202 GENEVE	0041 22 546 68 26	ludovic.bonin@hesge.ch
5	Patrice BOUCHET	SAFEGE	69009 LYON	0033 472 19 84 96	patrice.bouchet@safège.fr
6	Christian BRIDEVAUX	Commune de Bex	CH-1880 BEX	0041 24 463 02 70	technique@bex.ch
7	Victor BRUNEL	SIAC	74201 THONON LES BAINS	0033 450 04 24 24	contrat-rivieres@siac-chablais.fr
8	Serge CANAPA	Etat de Vaud - Service des eaux, sols et assainissement	CH-1110 MORGES	0041 21 316 04 53	serge.canapa@vd.ch
9	Célestine CARLIOZ	Etat du Valais - Protection contre les crues du Rhône	CH-1950 SION	0041 27 606 35 73	romaine.perraudin@admin.vs.ch
10	Anne CITTERIO	Syndicat du Pays de Maurienne	73303 ST JEAN DE MAURIENNE	0033 479 64 12 48	riviere@maurienne.fr
11	Maxime CHATEAUVIEUX	SYMASOL	74890 PERRIGNIER	0033 450 72 52 04	technicien.symasol@orange.fr
12	Rémy CLERC	Commune d'Ollon	CH-1867 OLLON	0041 24 499 01 90	Remy.Clerc@ollon.ch
13	Nicolas DAYER	Etat du Valais - Service des routes et des cours d'eau	CH-1950 SION	0041 27 606 34 86	dayer.nicolas@admin.vs.ch
14	Vincent DEGEN	GREN Biologie appliquée SARL, Tourisme et Environnement	CH-1964 CONTHEY	0041 27 455 37 31	degen@gren.ch
15	Thierry DE PABLOS	Etat de Vaud - Lacs et cours d'eau (SESA)	CH-1860 AIGLE	0041 24 557 26 50	thierry.de-pablos@vd.ch
16	Daniel DEVANTHERY	Etat du Valais - Service des routes et des cours d'eau	CH-1950 SION	0041 27 606 34 86	daniel.devantbery@admin.vs.ch
17	Cécile DINCULESCU	Espaces Verts du Dauphiné	38400 SAINT MARTIN D'HERES	0033 476 51 68 90	cdinculescu@evd38.com
18	Jean-Luc DUBOIS	Administration communale de Monthey	CH-1870 MONTHEY	0041 79 622 33 11	sfmonthey@netplus.ch
19	Isabelle DUNAND	Office Fédéral de l'Environnement - DETEC - Service Eaux	CH-3063 ITTIGEN	0041 31 322 93 63	Isabelle.Dunand@bafu.admin.ch
20	Cécile ETIENNE	Conseil Régional Rhône Alpes	38000 GRENOBLE	0033 427 86 63 90	cetienne@rhonealpes.fr
21	André EVETTE	Irstea Grenoble	38402 SAINT MARTIN D'HERES	0033 476 76 27 06	andre.evette@irstea.fr
22	Julie EYDALEINE	Communauté de Communes du Pays de Gex	01170 GEX	0033 450 40 85 78	jeydaleine@cccq.fr
23	Annick FARDEL	BSetR Bernard Schenk SA - Ingénieurs conseils	CH-1260 NYON	0041 22 363 88 42	annick.fardel@schenksa.ch
24	Ismaël FROSSARD	BTEE SA	CH-1945 LIDDES	0041 27 783 33 70	ismael.frossard@bureaubtee.com
25	Pierre-André FROSSARD	hepia Genève	CH-1202 GENEVE	0041 22 546 68 86	pierre-andre.frossard@hesge.ch
26	Etienne GROSSHANS	SAULTECH SA	CH-1717 ST URSEN	0041 79 541 34 22	info@saultech.ch
27	Frédéric GRUFFAZ	Eau & Territoires	38100 GRENOBLE	0033 972 13 09 71	f.gruffaz@eauteritoires.fr
28	Lionel GUITARD	HYDRETUDES	74370 ARGONAY	0033 450 27 17 26	contact@hydretudes.com
29	Philippe HOHL	Etat de Vaud - Service des eaux, sols et assainissement	CH-1014 LAUSANNE	0041 21 316 75 56	philippe.hohl@vd.ch
30	Jean-Pierre JORDAN	Office Fédéral de l'Environnement	CH-3063 ITTIGEN	0041 32 753 12 75	jean-pierre.jordan@bafu.admin.ch
31	Karim LARIBI	CERT Ingénieur SA	CH-1920 MARTIGNY	0041 27 566 91 60	k.laribi@cert.ch
32	Estelle LECOMTE	Etat de Vaud - Division Economie Hydraulique	CH-1014 LAUSANNE	0041 21 316 7541	estelle.lecomte@vd.ch
33	Laurent LHOSTE	HYDRETUDES	74370 ARGONAY	0033 450 27 17 26	laurent.lhoste@hydretudes.com
34	Sébastien LONFAT	Etat du Valais - Service des routes et des cours d'eau	CH-1950 SION	0041 27 606 34 86	daniel.devantbery@admin.vs.ch
35	François-Xavier MARQUIS	François-Xavier MARQUIS SARL	CH-1870 MONTHEY	0041 24 471 31 51	francois-xavier.marquis@fxmarquis.ch
36	Alexandre MATRINGE	ONF 38 - Agence Rhône-Alpes	38330 SAINT ISMIER	0033 614 70 52 23	alexandre.matringe@onf.fr
37	Yoann MESTRAUD	ONF 38 - Agence Rhône-Alpes	38330 SAINT ISMIER	0033 615 77 49 79	yoann.mestraud@onf.fr
38	Romaine PERRAUDIN KALBERMATTER	Etat du Valais - Protection contre les crues du Rhône	CH-1950 SION	0041 27 606 35 73	romaine.perraudin@admin.vs.ch
39	Roland PERRIN	XYLON SA	CH-1066 EPALINGES	0441 21 784 82 82	info@xylonsa.ch
40	Christophe PORTIER	ETEC Ecologie Sarl	CH-1950 SION	0041 27 203 40 00	Christophe.Portier@etec-vs.ch
41	Patrice PRUNIER	Hépia Genève	CH-1202 GENEVE	0041 22 546 68 88	patrice.prunier@hesge.ch
42	Pierre-Yves RAPAZ	Commune de Bex	CH-1880 BEX		
43	Daniel RUCH	Entreprise forestière	CH-1082 CORCELLE-LE-JORAT	0041 21 903 37 27	info@danielruch.ch
44	Damien ROMAN	ONF 38 - Agence Rhône-Alpes	38330 SAINT ISMIER	0033 476 52 44 03	damien.roman@onf.fr
45	François ROUILLER	Triage forestier du Haut-Lac	CH-1893 MURAZ	0041 79 622 68 94	info@foretsduhautlac.ch
46	Jean-François RUCHET	Commune de Gryon	CH-1882 GRYON	0041 24 498 00 33	technicien.communal@gryon.ch
47	Cyril RUHL	SMIGIBA	05140 ASPRES SUR BUËCH	0033 684 78 75 37	cruhl.smigiba@orange.fr
48	Thomas SCHNEIDER	Etat du Valais - Service des routes et des cours d'eau	CH-1950 SION	0041 27 606 34 86	thomas.schneider@admin.vs.ch
49	Olivier STAUFFER	Etat de Vaud - Service des eaux, sols et assainissement	CH-1014 LAUSANNE	0041 21 316 75 63	olivier.stauffer@vd.ch
50	Nicolas VALE	Association Rivière Rhone Alpes	38000 GRENOBLE	0033 476 70 43 47	arra@riviererrhonealpes.org
51	Eric VEZ	Etat du Valais - Service des routes et des cours d'eau	CH-1950 SION	0041 27 606 34 86	eric.vez@admin.vs.ch
52	Benjamin ZILBERMAN	AquaTerra Solutions SARL	26270 CLIOUSCLAT	0033 475 63 84 38	genievegetal@aquaterra-solutions.fr



Les techniques de génie végétal envisageables en rivière de montagne

Pierre-André FROSSARD
hepia Genève

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Geni ALP
Genie Végétal en Rivière de Montagne

Génie végétal en rivière de montagne

JOURNEE TECHNIQUE D'INFORMATION ET D'ECHANGES

Organisée par :

Association Rivière Rhône Alpes

Jeudi 5 juillet 2012, Ollon (VD)

Techniques de génie végétal applicables en rivière de Montagne.

P.-A. Frossard, professeur HES, hepia Genève

1

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Geni ALP
Genie Végétal en Rivière de Montagne

Contenu de la présentation

- Rappel des objectifs globaux de GENIALP
- L'action 1 de GENIALP: les chantiers pilotes
- Rappel des caractéristiques des cours d'eau de montagne
- Rappel des principales contraintes
- Torrent ou rivières torrentielles?
- Présentation de chantiers pilotes
 - ✓ L'Avançon d'Anzeindaz à Cergnement (Bex; Gryon)
 - ✓ La Petite Gryonne à La Cousse (Ollon)
 - ✓ L'Avançon d'Anzeindaz à la Benjamine (Bex)

<http://www.geni-alp.org/>

2

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Geni ALP
Genie Végétal en Rivière de Montagne

PARTENAIRES FRANCAIS

Région Rhône-Alpes
 Irstea Grenoble
 ONF (Office National des Forêts)
 ARRA (Association Rivière Rhône Alpes)
 Conseil général de Haute-Savoie
 Agence de l'Eau RMC
 Union européenne – FEDER
 SYMASOL (Syndicat mixte des affluents du S-O lémanique)
 SM3A (Syndicat d'aménagement de l'Arve et de ses abords)

} porteur du projet
 } scientifiques
 } financiers

3

Partenaires Suisses

- porteur du projet**
 - hepia
- financiers**
 - Confédération suisse – INTERREG fédéral
 - Canton de Vaud
 - Canton de Genève
- techniques et financiers**
 - SESA - VD (Service des Eaux, Sols et Assainissement)
 - Commune de Bex
 - Commune de Gryon
 - Commune d'Ollon

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Rappel de principe

- Le génie végétal n'est pas une fin en soi mais un outil à disposition des gestionnaires, susceptible d'apporter des solutions efficaces dans certaines situations.
- Cela ne doit pas faire perdre de vue la nécessité d'accorder un espace de liberté au cours d'eau, lorsque le contexte le permet.
- Il restera toujours des situations où l'espace à disposition pour le cours d'eau est restreint et où des enjeux existent, en termes de protection des biens et des personnes

5



Constat / Problématique





- Depuis les années 1980-90, le génie végétal a connu un **regain d'intérêt** dans le domaine de la restauration des cours d'eau.
- En Suisse et en France, les applications se sont multipliées sur de nombreux territoires, dans des contextes variés, nécessitant des **adaptations techniques constantes** de la part des ingénieurs-biologistes.
- Toutefois, les gestionnaires des cours d'eau de montagne ont pour l'instant très peu recours au génie végétal.
- Sont en cause les **contraintes topographiques, climatiques et hydrauliques** parfois extrêmes, mais surtout un **déficit de connaissances, de références, de vulgarisation et de promotion.**

6

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Constat / Problématique

- En territoires de montagne, la **qualité des paysages** revêt une **importance socio-économique** forte.
- Les territoires de montagne sont réputés pour avoir jusqu'à ce jour conservé un **degré de naturalité élevé**. Ils ont donc une responsabilité forte en matière de **conservation de la biodiversité**.
- Les cours d'eau et zones alluviales sont réputées pour accomplir des fonctions environnementales fondamentales et être le siège d'un niveau de biodiversité élevé.

7

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Situations à éviter

8

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Situations à éviter

9

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Situations à éviter

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

10

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Situations à éviter

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

11

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Situations à éviter

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

12

he pia

Haute école de paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Action 1 : réalisation de chantiers pilotes

3 sites sur territoire suisse et 3 sites sur territoire français

Développement de techniques basées sur l'observation de modèles naturels.

13

he pia

Haute école de paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Action 2 : réalisation d'un guide technique

Principes de gestion des cours d'eau

Description des végétaux utilisables comme matériaux de construction

Description de techniques adaptées aux contraintes spécifiques

14

he pia

Haute école de paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Cours d'eau de montagne (I)

Les situations en tête de bassin se caractérisent par:

➤ Chenal dont le profil en long présente une forte pente

➤ Forte érosion et production de sédiments

➤ Vallées étroites à forte pente (profil en travers), des berges, talus et versants

➤ Calibre et volume de la charge de fonds sont importants (transport solide)

➤ Berges abruptes, hautes et souvent très minérales, du moins en pied de berge

15

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Cours d'eau de montagne (II)

- Développement d'un lit en tresse (si charge abondante et régime hydrologique caractérisé par de forts pics de crue) à chenaux multiples présentant une forte instabilité (lit mobile)
- Volume de matériaux temporairement stockés devient parfois considérable (proximité des zones de sources sédimentaires)
- Régimes glaciaire, nival ou pluvio-nival, induisant des périodes de crues printanières et/ou estivales
- Période favorable aux travaux raccourcie
- Conditions climatiques difficiles pour les végétaux

16

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Les contraintes du régime nival

Les crues printanières et estivales contrarient l'implantation de végétaux sur les parties basses de la berge. La contrainte est amplifiée par les variations de débits entre jour et nuit. Les variations du niveau d'eau sont d'autant plus importantes sur les cours d'eau endigués.

17

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Berges hautes et encaissées

18

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Berges hautes et encaissées

A la problématique de l'érosion fluviale s'ajoute souvent celle de la stabilité de la pente (glissement)

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Transport solide

Le charriage de matériaux grossiers peut causer des dommages importants sur la végétation

Ecorça Ensevelissement partiel à nu

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Forces tractrices

La végétation seule ne résiste pas à n'importe quelle valeur de force d'arrachement

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée



Écoulement torrentiel

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

Où v = vitesse du courant [m/s]
 g = accélération de la pesanteur ou gravité [m/s²]
 h = hauteur d'eau [m]

- Si $Fr < 1 \rightarrow$ régime fluvial
- Si $Fr = 1 \rightarrow$ régime critique
- Si $Fr > 1 \rightarrow$ régime torrentiel

22

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée



Rivières torrentielles

Il existe d'autres définitions assez généralement admises des rivières et des torrents, notamment celle de Bernard en 1925 :

- sont qualifiés de rivières les cours d'eau de pente inférieure à 1% ;
- les rivières sont torrentielles lorsque leur pente est comprise entre 1% et 6% ;
- au-delà de 6%, les cours d'eau sont appelés torrents.

23

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

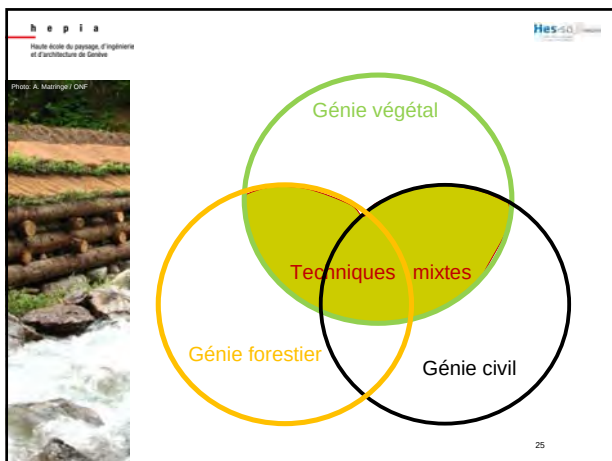
Haute école spécialisée

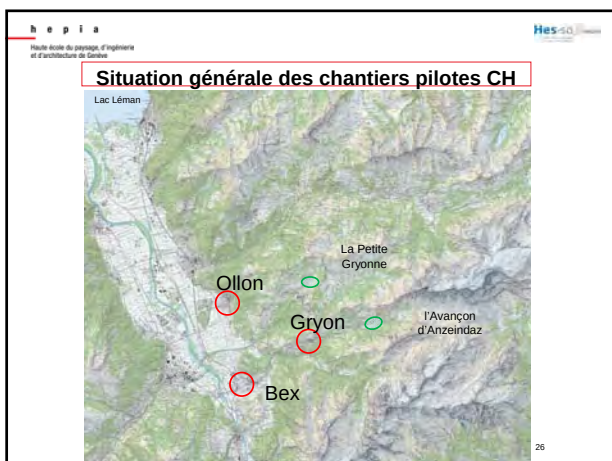


Rivières torrentielles

- Dans ce cas, les rivières dites torrentielles présentent plutôt un **écoulement de type fluvial, avec des passages torrentiels** au droit des seuils naturels ou des cascades. C'est là l'originalité des rivières de région montagnarde, à savoir leur **grande diversité de faciès d'écoulement** et notamment l'**alternance seuil-mouille**, les seuils prenant des formes variées (cascades, rapides à blocs, bancs de galets,...).

24





hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

État d'avancement de l'action :

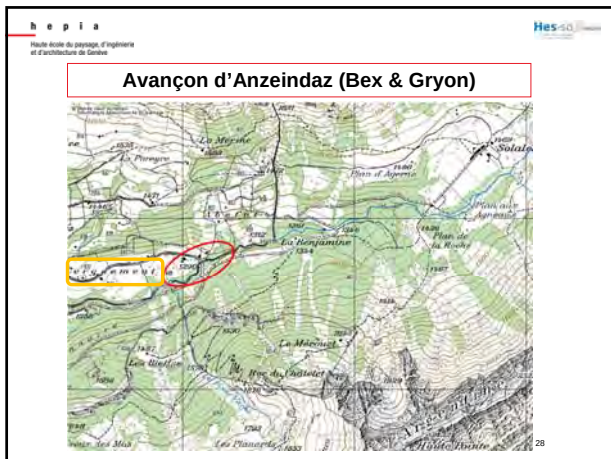
⇒ Chantier CHK1
L'Avançon d'Anzeindaz à Cernement
Terminé – Travaux réalisés en (octobre-) novembre 2011

⇒ Chantier CHK 2
L'Avançon d'Anzeindaz à La Benjamine
Développement en cours – Travaux automne 2012

⇒ Chantier CHL
La Petite Gryonne à la Cousse
Terminé – Travaux réalisés en (avril-) mai 2012

hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

27







hepia

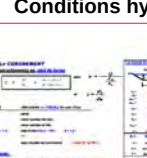
Unité école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Conditions hydrauliques

Hes-SO

Haute école de
Sociale et
des
Sciences





$Q_{100} : 57 \text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur : 100 cm (88 -109)

Pente : 5 - 10 ‰

Force tractrice : 56 kg/m²

31

[illegible]

hépia
Mairie de la ville de Grenoble
et d'architecture de Grenoble

Aménagement type A

Ligne de rive : 27 m (A + 10 m)
→ Voir profil type A-A' (A + 10 m)
• Crénels des revêtements granulaires de la berge et d'abais en abais en abais de la berge (A + 10 m)
• Appareil de revêtement granulaires en revêtement de la berge (A + 10 m)
• Crénels des revêtements granulaires, végétalisés, avec l'abais d'appareil et d'abais en abais de la berge (A + 10 m)
• Abais en abais en revêtement de la berge, avec l'abais d'appareil et d'abais en abais de la berge (A + 10 m)
• Abais en abais de la berge et d'abais, revêtement en revêtement de la berge (A + 10 m)
• Revêtement des surfaces revêtement (A + 10 m) revêtement (A + 10 m)

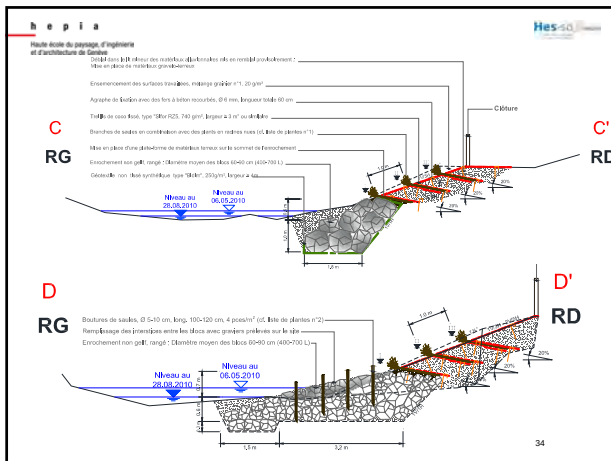
Aménagement type B

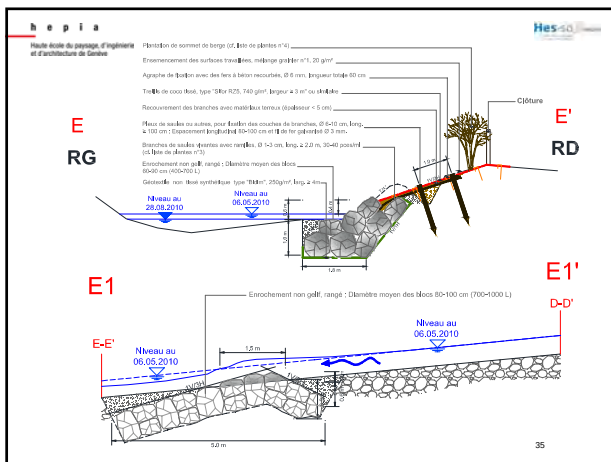
Ligne de rive : 18 m
→ Voir profil type B-B' (A + 10 m)
• Crénels des revêtements granulaires de la berge et d'abais en abais de la berge (A + 10 m)
• Appareil de revêtement granulaires en revêtement de la berge (A + 10 m)
• Abais en abais d'abais en abais, végétalisés, avec l'abais d'appareil et d'abais en abais de la berge (A + 10 m)
• Abais en abais en revêtement de la berge, avec l'abais d'appareil et d'abais en abais de la berge (A + 10 m)
• Abais en abais de la berge et d'abais, revêtement en revêtement de la berge (A + 10 m)
• Revêtement des surfaces revêtement (A + 10 m) revêtement (A + 10 m)

Aménagement de berges

Aménagement de fond

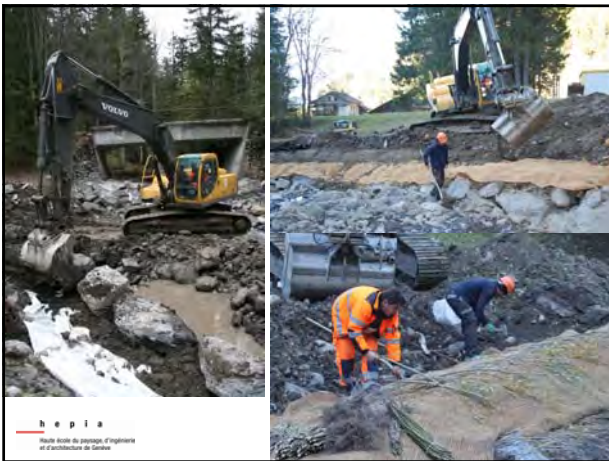
33











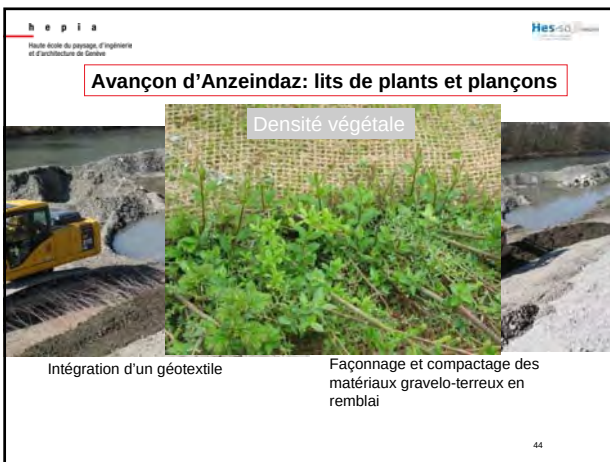














he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Le Bens à La Chapelle-de-Bard (38)

Forêt domaniale de St-Hugon (ONF)

46

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Le Bens : couches de branches à rejets

47

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Le Bens : couches de branches à rejets

48

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Le Bens : couches de branches à rejets



49

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Le Bens : couches de branches à rejets



50

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Avançon d'Anzeindaz : listes de plantes

LISTE DES PLANTES N° 2

Objectifs : Lits de plants et plantons pour la protection de la berge droite jusqu'au sommet, en complément à l'enrochement de pied.

Linéaire total : 17 m
Nbre de tronçons : 1
Répartition : mélange
Disposition : au dessus d'un enrochement de pied de berge, jusqu'au sommet de berge.

2A. Branches de saules indigènes

Longueur : 100 - 150 cm
Densité : 1-4 cm

Niveau 1
Densité : 20 branches/ m linéaire

Espèces	Longueur (cm)	Quantité
<i>Salix alba</i>	100 - 150	170
<i>Salix myrsinifolia</i>	100 - 150	70
<i>Salix purpurea</i>	100 - 150	100

Niveau 2
Densité : 15 branches/ m linéaire

Espèces	Longueur (cm)	Quantité
<i>Salix alba</i>	100 - 150	45
<i>Salix myrsinifolia</i>	100 - 150	100
<i>Salix purpurea</i>	100 - 150	75

Niveau 3
Densité : 10 branches/ m linéaire

Espèces	Longueur (cm)	Quantité
<i>Salix alba</i>	100 - 150	50
<i>Salix myrsinifolia</i>	100 - 150	70
<i>Salix purpurea</i>	100 - 150	50

TOTAL : LISTE DES PLANTES N° 2A

765

2B. Arbustes indigènes

Qualité 1 : plants en racines nues de pépinière forestière
Qualité 2 : arbustes liges transplantés 2a

Niveau 1
Densité : 10 arbustes / m linéaire

Espèces	Hauteur (cm)	Quantité
<i>Alnus incana</i>	80 - 100	20
<i>Alnus verta</i>	80 - 100	30
<i>Prunus padus</i>	80 - 100	50
<i>Salix repens</i>	80 - 100	50
<i>Viburnum opulus</i>	80 - 100	50

Niveau 2
Densité : 5 arbustes / m linéaire

Espèces	Hauteur (cm)	Quantité
<i>Alnus incana</i>	80 - 100	10
<i>Alnus verta</i>	80 - 100	20
<i>Prunus padus</i>	80 - 100	30
<i>Salix repens</i>	80 - 100	30
<i>Viburnum opulus</i>	80 - 100	30

TOTAL : LISTE DES PLANTES N° 2B

295

51

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Avançon d'Anzeindaz : mélange



Anthyllis vulneraria - Anthyllide vulnérable

55

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Avançon d'Anzeindaz : mélange grainier



Deschampsia cespitosa - Canche gazonnante

56

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de la région de la Sambre

Avançon d'Anzeindaz : exemple de modèle

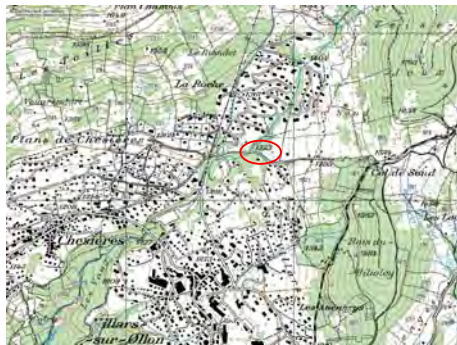


57

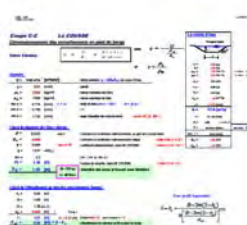
Chantier de Cergnement : CHK 1

- Offre entreprise GASSER SA: CHF 110'224,80 (TTC)
- Coût réel des travaux: CHF 116'750,95 (TTC)
 - ✓ Travaux préparatoires (HT): 7'880.-
 - ✓ Terrassements (HT): 3'270.-
 - ✓ Ensemencements (HT): 4'600.-
 - ✓ Stabilisation végétale (HT): 22'760.-
 - ✓ Plantations (HT): 2'320.-
 - ✓ Enrochements (HT): 54'972,75
 - ✓ Travaux sous le pont (HT) 8648.-
- Début des travaux: 27 octobre 2011
- Fin des travaux: 14 novembre 2011

La Petite Gryonne (Ollon)



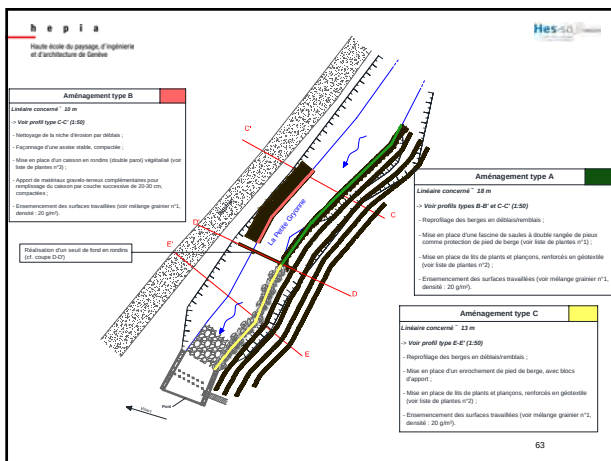
Conditions hydrauliques

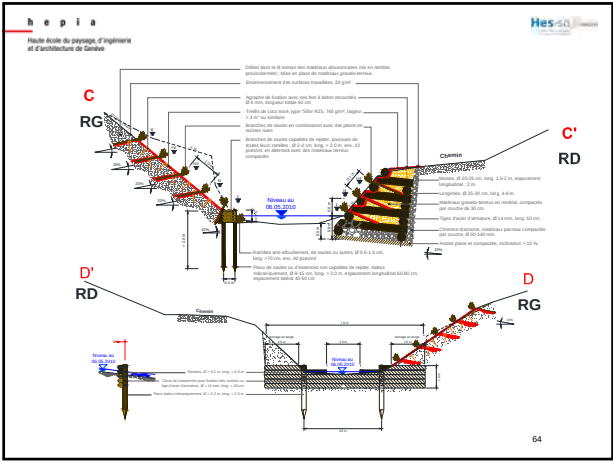


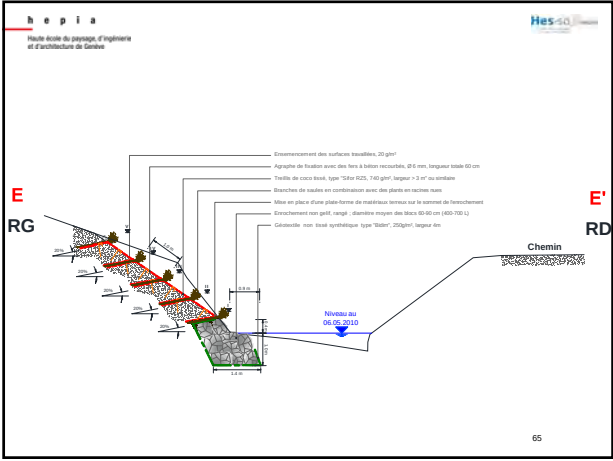
Q₁₀₀ : 17 m³/s
Hauteur : 60 cm (55 – 65)
Pente : 12 %
Force tractrice : 58 kg/m²











he pia

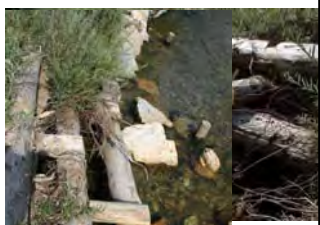
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de construction de Soignies

Caissons en rondins végétalisés

Détails de mise en oeuvre

Eviter un remplissage après montage

➔

risque évidemment par les crues

66

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de santé de la Région wallonne

Caissons en rondins végétalisés

Détails de mise en oeuvre

Remplissage au fur et à mesure du montage

Intégration d'un géotextile

Compactage par couche

Densité végétale élevée

67

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de santé de la Région wallonne

Caissons en rondins végétalisés

Détails de mise en oeuvre

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Gand

Hes-so

Haute école de santé de la Région wallonne

Fascine de saules

Détails de mise en oeuvre

Pose de ramilles anti-affoulement

Formation d'une risberge protectrice

Début du piégeage des sédiments

69

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Fascine de saules

Détails de mise en oeuvre

Lit de plançons dressé derrière la fascine

renforce la transition fascine – aménagement de berge

augmente la rugosité

70

he pia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Fascine de saules

Détails de mise en oeuvre

he pia

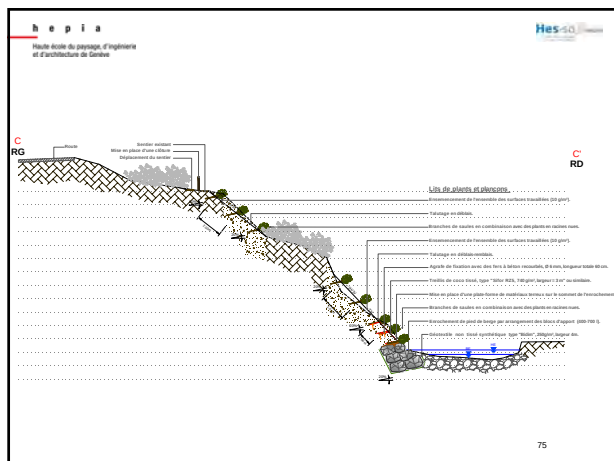
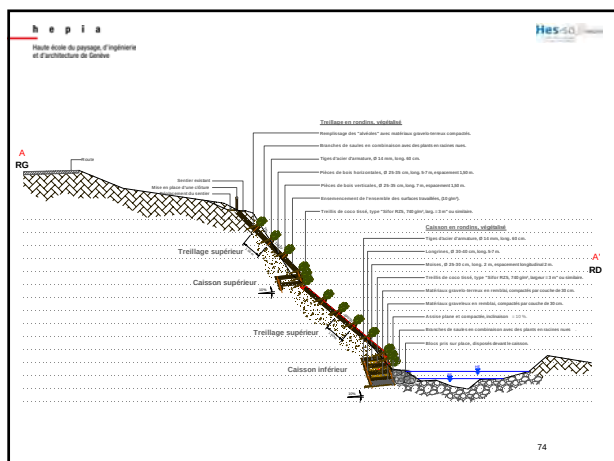
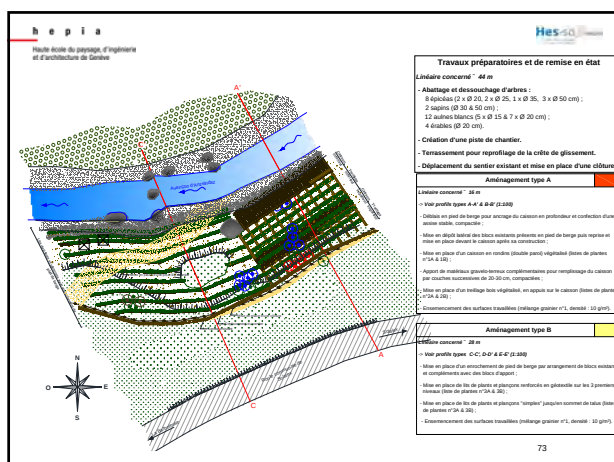
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Avançon d'Anzeindaz (Bex)

72





Résistance mécanique des techniques de génie végétal et biodiversité

André EVETTE
Irstea Grenoble

Présentation des principes du génie végétal : biodiversité, résistance mécanique et approche historique

André Evette, Paul Cavaillé, Fabien Espinasse,
Nathan Daumergue, Sophie Labonne

Irstea / Cemagref Grenoble
andre.evette@irstea.fr

1
5 juillet 2012 Ollon

- Perspectives historiques
- Techniques et résistance mécanique
- Biodiversité des berges aménagées

2
Photos : S. De Danieli

Perspectives historiques

- Barrage en fascines

Demontzey, 1875
 Labonne et al 2007, Evette et al 2009

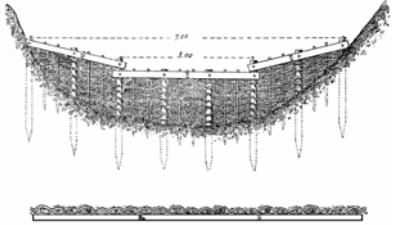
3



Perspectives historiques



- Barrage en clayonnage



Thiéry, 1891

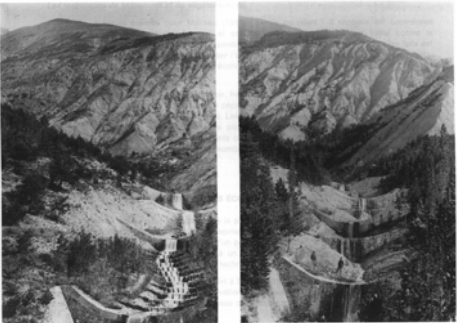
Labonne et al 2007, Evette et al 2009





Perspectives historiques





Torrent du Bourget (Savoie), en 1887 (à gauche), en 1905 (à droite)

Photos Collection ENGREF - Nancy





Perspectives historiques



Di Tella 1912



Evette et al 2009





Que dit Newton ?

Temps →

Technique	Résistance mécanique τ en N/m2		
	A la réalisation	1 à 2 ans après	3 ou 4 ans après
Lit de plants et plançons	20 ^(2,3)	120 ⁽³⁾	140 ^(2,3)
Couche de branches à rejet	50 ^(2,3) - 150 ⁽³⁾	150 ⁽³⁾ - 300 ⁽³⁾	300 ^(2,3) - 450 ⁽³⁾
Caissons végétalisés	500 ⁽³⁾	600 ⁽³⁾	600 ⁽³⁾
Enrochements	Végétalisés	100 ⁽³⁾ - 200 ⁽²⁾	100 ⁽³⁾ - 300 ⁽³⁾
	Nus	250 ⁽²⁾	250 ⁽²⁾

(1) Faber 2004 (2) Schiechl et Stern 1996 (3) Venti et al 2003 (4) Lachat 1994

Frossard, P. A. et A. Evette (2009). "Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion en rivière : une tradition millénaire en constante évolution." *Ingénieries - Eau Agriculture-Territoires*





Que dit Newton ?

Technique	Résistance mécanique τ en N/m2		
	A la réalisation	1 à 2 ans après	3 ou 4 ans après
Lit de plants et plançons	20 ^(2,3)	120 ⁽³⁾	140 ^(2,3)
Couche de branches à rejet	50 ^(2,3) - 150 ⁽³⁾	150 ⁽³⁾ - 300 ⁽³⁾	300 ^(2,3) - 450 ⁽³⁾
Caissons végétalisés	500 ⁽³⁾	600 ⁽³⁾	600 ⁽³⁾
Enrochements	Végétalisés	100 ⁽³⁾ - 200 ⁽²⁾	100 ⁽³⁾ - 300 ⁽³⁾
	Nus	250 ⁽²⁾	250 ⁽²⁾

(1) Faber 2004 (2) Schiechl et Stern 1996 (3) Venti et al 2003 (4) Lachat 1994

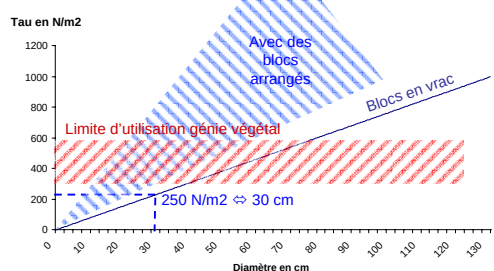
Frossard, P. A. et A. Evette (2009). "Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion en rivière : une tradition millénaire en constante évolution." *Ingénieries - Eau Agriculture-Territoires*





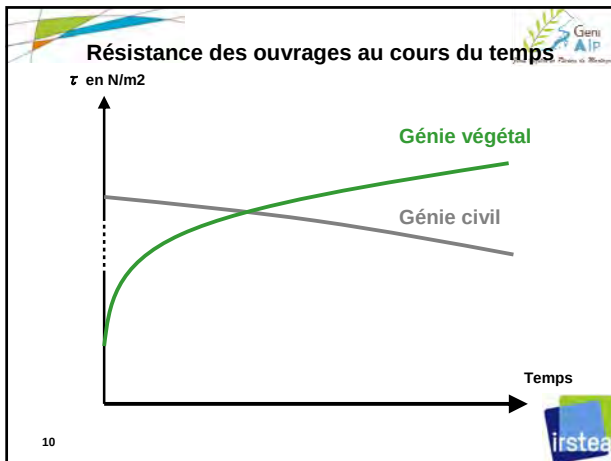
Résistance et diamètre des blocs

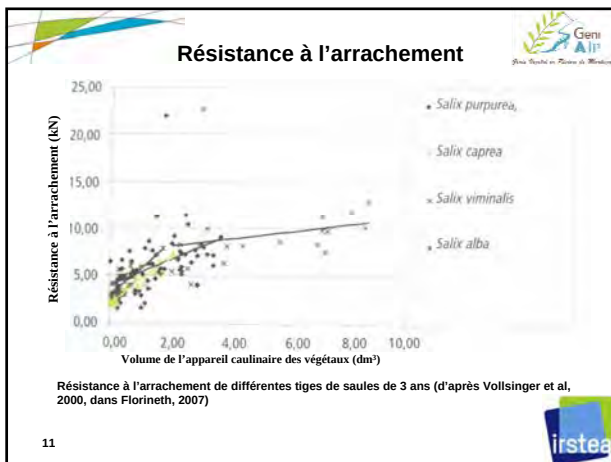
Schéma indicatif : limite des connaissances



$T = 0.047g(p_s - p) \cdot D(m)$







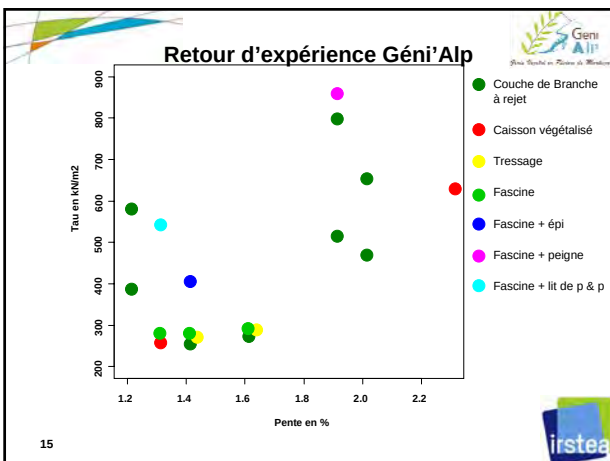




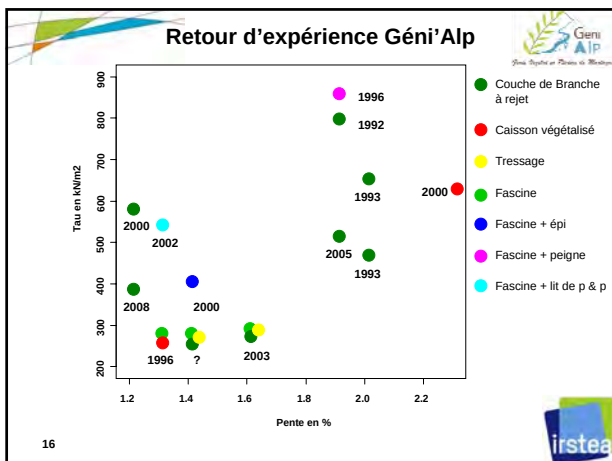
13

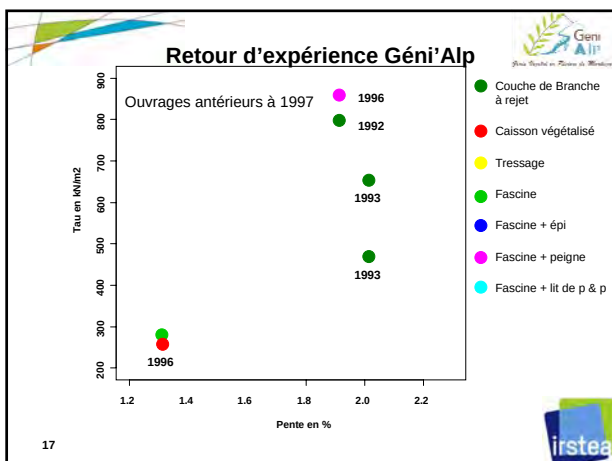


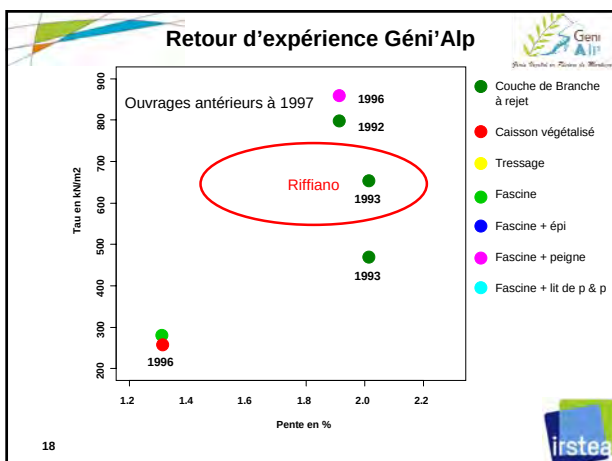
14

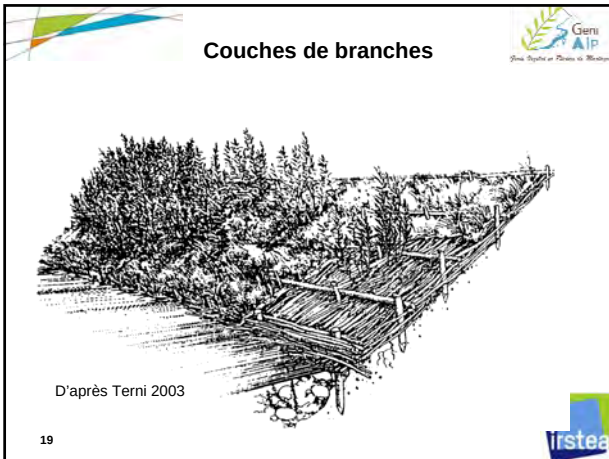


15







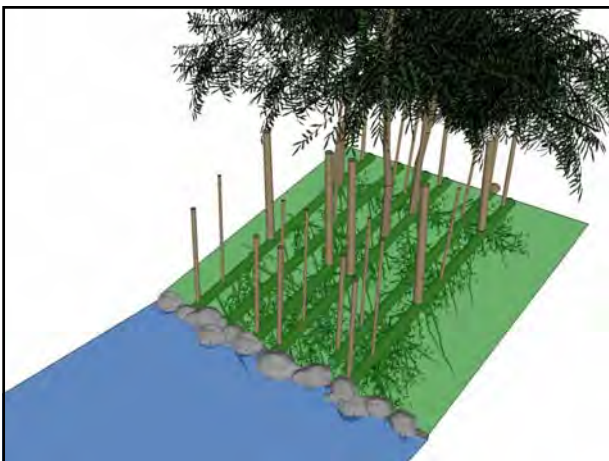














Objectifs






Protection durable des enjeux humains :

Restauration des fonctions écologiques et récréatives :

25

Photos : CFPF





Restauration des fonctions écologiques

Thèse menée à Iristea par Paul Cavaillé dans le cadre du projet Génie'Alp

- Quelle biodiversité sur les ouvrages de protection de berge sur un gradient de naturalité?
 - Depuis des enrochements jusqu'à des berges naturelles en passant par plusieurs techniques de génie-bio



26





Restauration des fonctions écologiques

Thèse menée à Iristea par Paul Cavaillé dans le cadre du projet Génie'Alp

- Quelle biodiversité sur les ouvrages de protection de berge sur un gradient de naturalité?
 - Depuis des enrochements jusqu'à des berges naturelles en passant par plusieurs techniques de génie-bio
 - Végétal, coléoptères, macro-invertébrés benthiques





27



Restauration des fonctions écologiques

Thèse menée à Irstea par Paul Cavaillé dans le cadre du projet Génie'Alp

- Quelle biodiversité sur les ouvrages de protection de berge sur un gradient de naturalité?**
 - Depuis des enrochements jusqu'à des berges naturelles en passant par plusieurs techniques de génie-bio
 - Végétal, coléoptères, macro-invertébrés benthiques
- Objectifs :**
 - Donner des outils pour prendre en compte la biodiversité au moment de la conception (gestionnaires)
 - Connaissance de ces milieux anthropisés

Protocole végétation

3 transects, 25m linéaire
30 points de contacts par transect
90 points de contacts par site

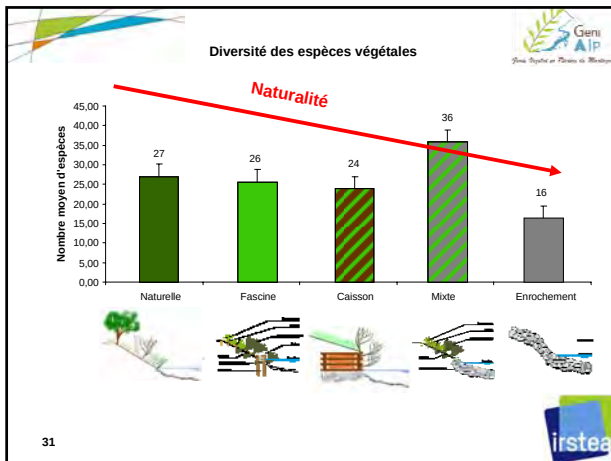
Comparaison végétation

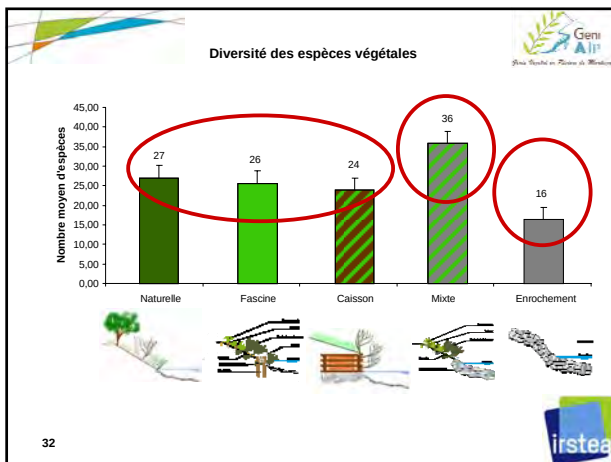
Génie civil vs Génie végétal

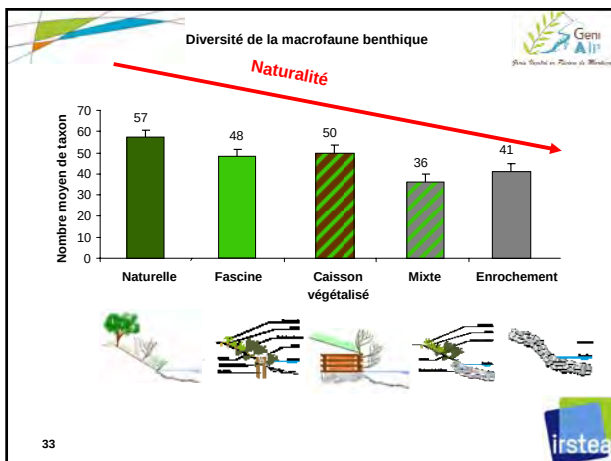
Technique	Nombre moyen d'espèces
Génie civil	18.3
Génie végétal	28.4

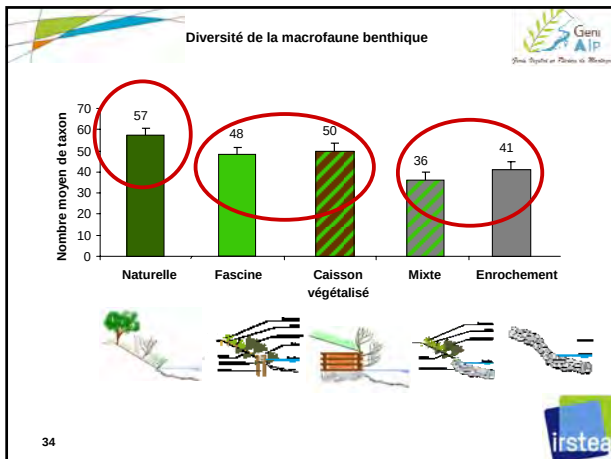
Génie végétal vs Berges naturelles

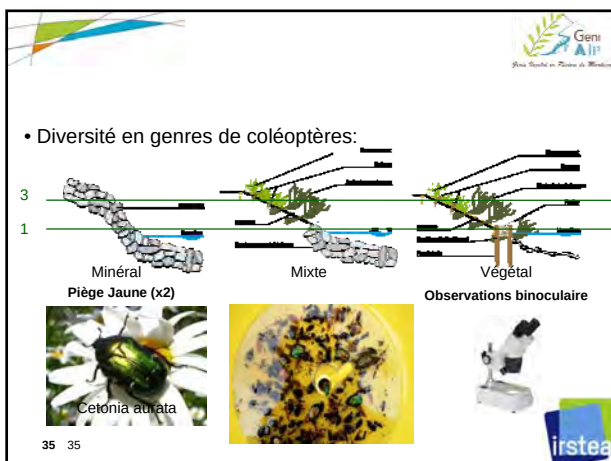
Technique	Nombre moyen d'espèces
Génie végétal	28.4
Berge naturelle	27

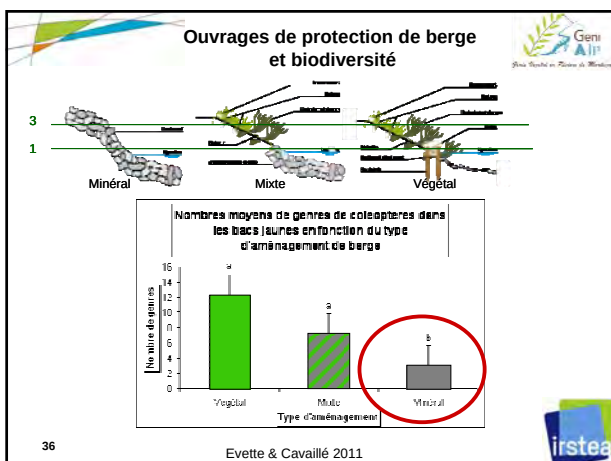












Invasives sur les berges aménagées

37

Invasives sur les berges aménagées

Protocole végétation

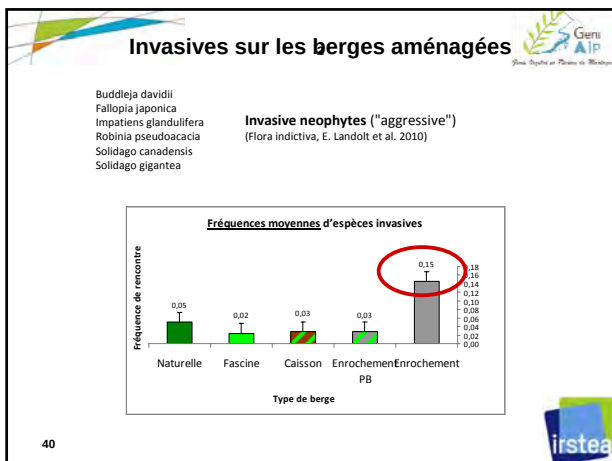
38

Invasives sur les berges aménagées

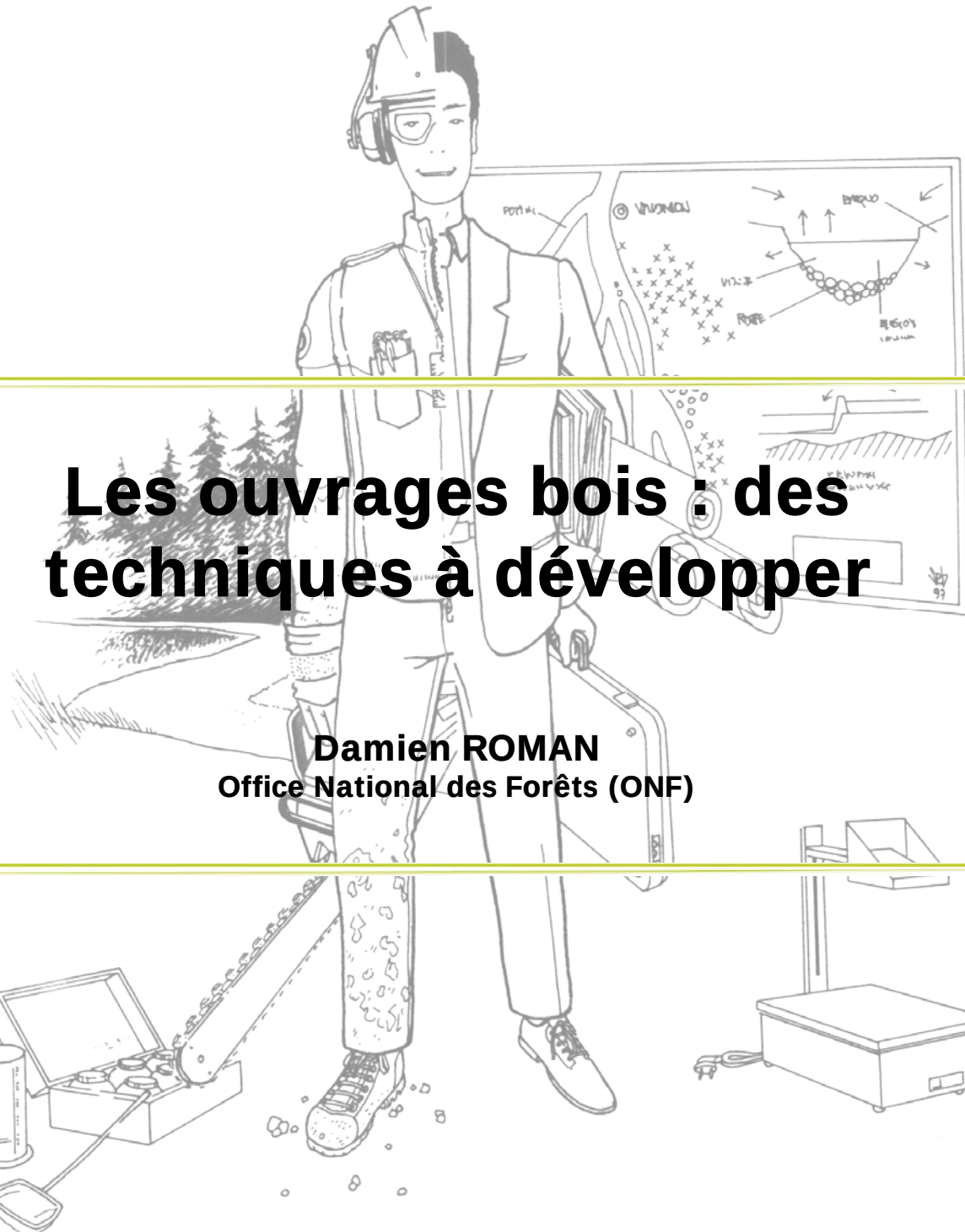
Buddleja davidii
Fallopia japonica
Impatiens glandulifera
Robinia pseudoacacia
Solidago canadensis
Solidago gigantea

Invasive neophytes ("aggressive")
(Flora indicativa, E. Landolt et al. 2010)

39







Les ouvrages bois : des techniques à développer

Damien ROMAN
Office National des Forêts (ONF)



Technique de génie végétal applicables en rivières de montagne

Les ouvrages bois: des techniques à développer

Journée technique d'information et d'échanges
Jeudi 05 juillet 2012 à Ollon (canton de Vaud, Suisse)

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



1



Sommaire

- 1) Historique et panorama
- 2) Pourquoi construire en bois ?
- 3) Le renouveau du bois dans nos cours d'eau de montagne...
 - Les ouvrages transversaux
 - Les ouvrages de protection de berge
- 4) Le matériau bois , caractéristiques techniques et durabilité
- 5) dimensionnement et mise en oeuvre



2



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

- Fin du XIX et début du XX^{ème} siècle avec 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)



3

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



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



les ouvrages bois

4

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



SD d'Embrun - torrent du Sainte Marthe -1933



SD d'Embrun - torrent du Sainte Marthe -1937



les ouvrages bois

5

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



SD Crots -torrent du Boscodon -barrage Poncet - septembre 1950



les ouvrages bois

6

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



Crévoux - La Chalp - 22/11/1954



les ouvrages bois

7

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



SD de Marnaz - (74) - état actuel de barrages de seuils construits en 1923



les ouvrages bois

8

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



photo juillet 1994

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



photo 08/10/2003



les ouvrages bois

9



Le renouveau du bois



Rif du Sapé - Exilles - Italie - photo du 26/04/2006



les ouvrages bois

10



Le bois dans la construction d 'ouvrages de génie civil



Pulcerda - Espagne - 2010



les ouvrages bois

11

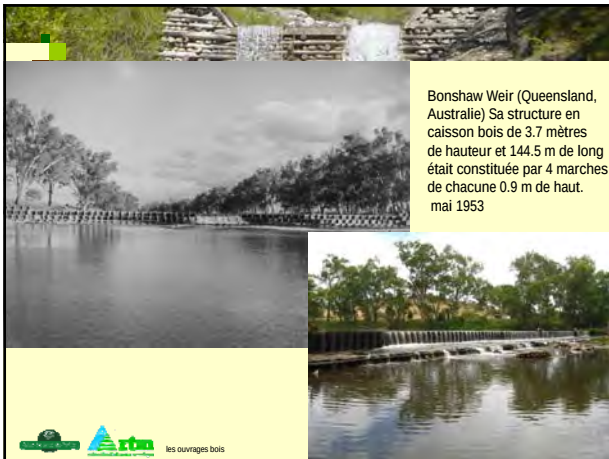


Achevé en 1951, le barrage l'Inglewood (Queensland, Australie)



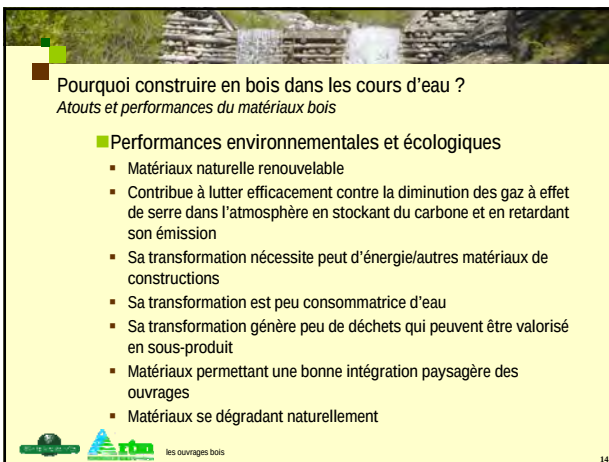


les ouvrages bois



Bonshaw Weir (Queensland, Australie) Sa structure en caisson bois de 3.7 mètres de hauteur et 144.5 m de long était constituée par 4 marches de chacune 0.9 m de haut. mai 1953

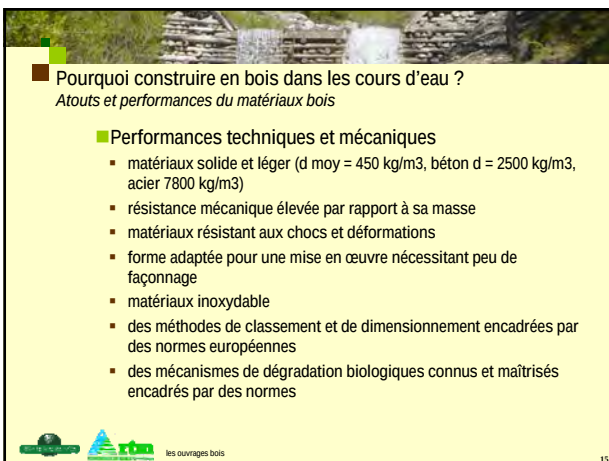
  les ouvrages bois



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

  les ouvrages bois



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

- Performances techniques et mécaniques
 - matériaux solide et léger (d moy = 450 kg/m³, béton d = 2500 kg/m³, acier 7800 kg/m³)
 - 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

  les ouvrages bois



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)

  les ouvrages bois

16



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

Quelles utilisations, réalisations et retours d'expériences ?

  les ouvrages bois

17



Barrages à double parois **Seuils à simple paroi**

Ouvrages transversaux aux cours d'eau

Barrages à simple paroi

  les ouvrages bois

18

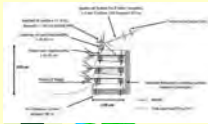




Ouvrages à doubles parois végétalisées



Ouvrages autostables



Ouvrages de soutènement de berges



les ouvrages bois





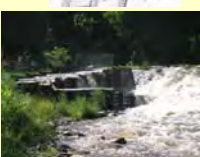
Seuils avec caches à poissons



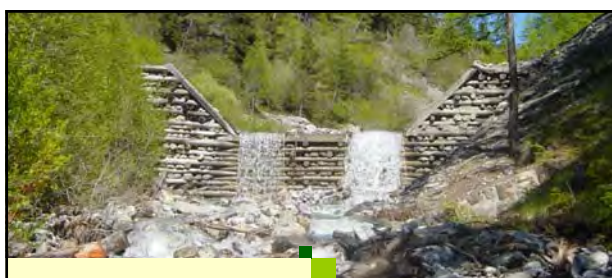
Passe à poissons



Ouvrages piscicoles

les ouvrages bois



**Les ouvrages transversaux
et de stabilisation**




les ouvrages bois
septembre 2009



Seuil à simple paroi





Castillon - Alpes-Maritime - 10/05/05




les ouvrages bois

22



Seuil à simple paroi à tirant





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




les ouvrages bois

23



Seuil à simple paroi à tirant





SD Crots - site de Bragousse - S04
25/09/2009




les ouvrages bois

24



Barrages à double paroix




SD Monetier les Bains - torrent de Saint Joseph - photo 23/05/2003 Innsbruck (Autriche) 2010

les ouvrages bois

25



Vocabulaire



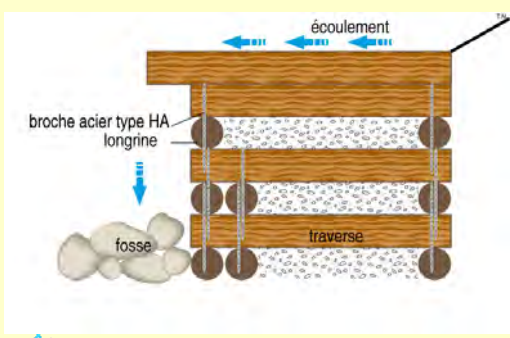
Bois longitudinaux
= longerons
= longrines

Bois transversaux
= traverses
= pincés
= tirants

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

les ouvrages bois

26

écoulement

broche acier type HA
longrine

fosse

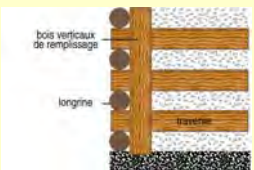
traverse

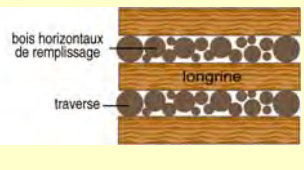
les ouvrages bois

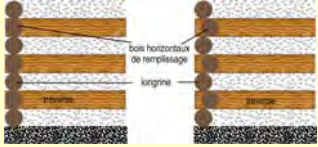
27

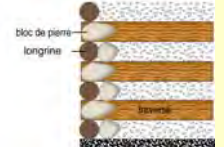


Les parements









les ouvrages bois



Seuil & barrage à double parois – parement en pierre




Italie, Val d'Aoste 2008

SD Vars Torrent du Chagnon Barrage Poncet 13/05/2005



Seuil à double parois – parement en bois




Figure 28 : parement bois parallèle aux longerons : fiche 65-67 (cliché RUOLT, 2005)

Écully (69) / Département du Rhône / Brigade verte

Seuil à double paroi – parement en bois

FD St EYNARD (38) / Ecorchiers / Parement châtaignier avec bouches trous 2012

Cne La Terrasse (38) Parement en châtaignier avec bouches trous bois 2012

les ouvrages bois

Barrage à double paroi - voile en rondin

Uvernet (04)

Riou Bourdou (RTM04) 2009

les ouvrages bois

Barrage à double paroi - ailes incorporées

Autriche

ONF D ROMAN Sestrière Italie 2011

SD Monetier les Bains - Torrent de Saint Joseph - 2004

les ouvrages bois

Barrage à double paroi - ailes poids



SD Saint Clément - torrent des Arvettes - photo mai 2005

  les ouvrages bois

34

Barrage à double paroi ailes simple paroi

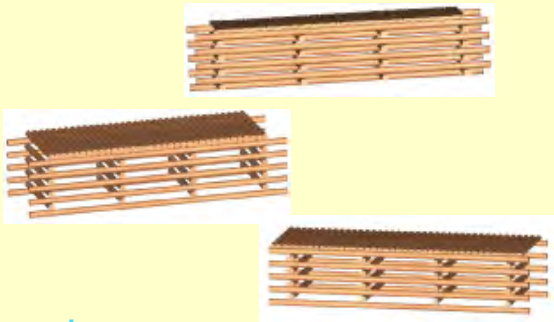


SD Crots - site de l'Infernet - photo mai 2005

  les ouvrages bois

35

Les platelages bois



  les ouvrages bois

36



Barrage à double paroi cuvette en rondin de bois



Commune di Chiesa Pesio (CN)




les ouvrages bois



Barrage à double paroi cuvette en rondin



SD Crots - torrent de Boscodon - Barrage Poncet - 1950




les ouvrages bois



Barrage grille




Suisse - Martigny




les ouvrages bois



Les ouvrages de protection de berges de cours d'eau



les ouvrages bois
novembre 2009



Caisson végétalisé de soutènement de berge Projet interreg Génie'Alp (FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)



les ouvrages bois

41



les ouvrages bois

42



Caisson végétalisé de soutènement de berge
Projet interreg Génî'Alp (FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)







les ouvrages bois

43



Caisson végétalisé de soutènement de berge
Projet interreg Génî'Alp (FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)







les ouvrages bois

44



Caisson végétalisé de soutènement de berge
Projet interreg Génî'Alp (FD de St Hugon) Chapelle du Bard (38)







les ouvrages bois

45



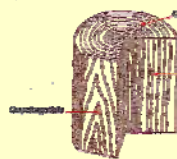
Le matériaux bois dans la construction : caractéristiques mécaniques et durabilité



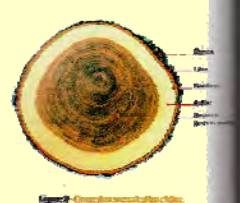
les ouvrages bois
novembre 2009



Le matériau bois



matériau anisotrope



matériau hétérogène

Recommandations pour l'inspection des ouvrages en bois - LCPC - 2008



les ouvrages bois
47



Le matériau bois - classement visuel

1.5 Classement visuel des bois : D'après la norme NF-B52-001 de décembre 1996

Critère	Classe		ST-I	ST-II	ST-III
	ST-I	ST-II	ST-I	ST-II	ST-III
Classe d'encastrement (mm)	3 à 6 mm		3 à 6 mm		3 à 6 mm
Diamètre des nœuds	Sur la face	≤ 100 mm	≤ 100 mm	≤ 100 mm	≤ 100 mm
	Sur la tranche	≤ 100 mm	≤ 100 mm	≤ 100 mm	≤ 100 mm
Éclats	Longitudinaux	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce
	Transversaux	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce
Graines pourries de nœuds	Sans nœuds		Sans nœuds		Sans nœuds
Bâtons de bois	Sans bâtons		Sans bâtons		Sans bâtons
	Sans bâtons		Sans bâtons		Sans bâtons
Fentes de fil	Longitudinales	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce
	Transversales	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce
Fentes	Longitudinales	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce
	Transversales	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce	Longueur ≤ 1/3 la largeur de la pièce
Altérations	Sans altération		Sans altération		Sans altération
	Sans altération		Sans altération		Sans altération
Mouillures	Sans mouillures		Sans mouillures		Sans mouillures
	Sans mouillures		Sans mouillures		Sans mouillures
Déformations	Sans déformations		Sans déformations		Sans déformations
	Sans déformations		Sans déformations		Sans déformations
Fentes de nœuds	Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds
	Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds
Fentes de nœuds	Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds
	Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds
Fentes de nœuds	Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds
	Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds		Sans fentes de nœuds

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.



les ouvrages bois
IUT Génie Civil Grenoble
48

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	C22	C24	C30
Douglas	C22	C24	C30
Pin noir, Pin laricio	C18	C18	C27
Pin Maritime	C18	-	-
Peuplier	C22	-	C27

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).



les ouvrages bois

IUT Génie Civil Grenoble

49

EC5 Classement mécanique des bois

Résistances caractéristiques réglementaires (EC5)

Valeurs caractéristiques en Bois Massif (BM) résineux

		C18	C22	C24	C27	C30
Propriétés de résistance en MPa						
Traction	$f_{t,k}$	18	25	24	27	30
Traction Axiale	$f_{t,k}$	11	13	14	16	18
Traction transversale	$f_{t,k}$	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
Compression axiale	$f_{c,k}$	18	25	27	27	30
Compression transversale	$f_{c,k}$	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9
Cisaillement	$f_{v,k}$	2.0	2.4	2.3	2.8	3.0
Propriétés de rigidité en MPa						
Module moyen d'élasticité axiale	$E_{0,05}$	10000	11000	11000	12000	12000
Module d'élasticité axiale caractéristique	$E_{0,05}$	10000	11000	11000	12000	12000
Module moyen d'élasticité transversale	$E_{0,05}$	300	300	300	400	400
Module moyen de cisaillement	$G_{0,05}$	560	630	630	730	730
Masse Volumique en kg/m³						
Masse volumique au Sec de 12%	ρ_{12}	350	340	350	370	380
Masse volumique moyenne	ρ_{mean}	380	410	420	430	450

Résistance Min 350 kg/m³
19.5 MPa à 7 jours
30 MPa à 28 jours

Pression : 1 MPa = 1 kg / cm² = 10 t / m²

flexion
Pour minimiser les résultats des essais ont donné pour des bois C24:
Compression axiale
37,8 MPa
Tension Axiale
80 MPa
Flexion
75 MPa

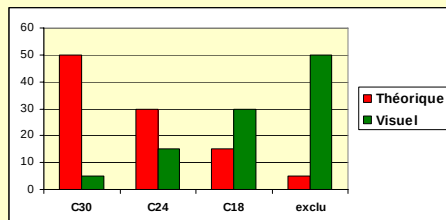


les ouvrages bois

IUT Génie Civil Grenoble

50

Le matériau bois - résistance



Pas de machine certifiée en France aujourd'hui

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



les ouvrages bois

enstib

51

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 mûrle
- humidité du bois > 20 %, 20° < t < 26°, O₂

SD Crots Torrent de Boscodon Barrage Poncet (B4)
Construction 1949

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)

les ouvrages bois

La durabilité du bois

Classes de risques

Norme européenne EN 335

Classes	Situation en service	Exemples d'emplacements	Zone « sensible »	Risque biologique
1	Bois toujours en humidité plus forte que dans l'air ambiant	Atterrissements, pontons, écluses, pontons, escaliers, etc.	2 m	• Moisissures • Ternes dans les régions, etc.
2	Bois sec (hors de l'humidité) mais toujours en contact avec l'humidité	Chaudières, machines, etc.	2 m	• Moisissures • Champignons de surface • Ternes dans les régions, etc.
3	Bois sec (hors de l'humidité) mais toujours en contact avec l'humidité	Tous les points de construction en bois, y compris les pontons, les pontons, les pontons, etc.	Toute la partie humide de la zone non sensible	• Moisissures • Ternes • Ternes dans les régions, etc.
4	Bois d'humidité moyenne (20 % à 25 %) en contact avec l'air	Bois de construction, pontons, etc.	Toute la zone non sensible	• Moisissures • Ternes • Ternes dans les régions, etc.
5	Bois en contact permanent avec l'air	Pontons, pontons, pontons, etc.	Toute la zone non sensible	• Moisissures • Ternes • Ternes dans les régions, etc.

les ouvrages bois



■ Les conditions à l'emplacement de l'ouvrage



Attaque par les champignons

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

  les ouvrages bois

58



■ Les conditions à l'emplacement de l'ouvrage




Ouvrages bois double paroi construits en 2003- Bordhigerra (I) - photo 10/03/2009

  les ouvrages bois

59



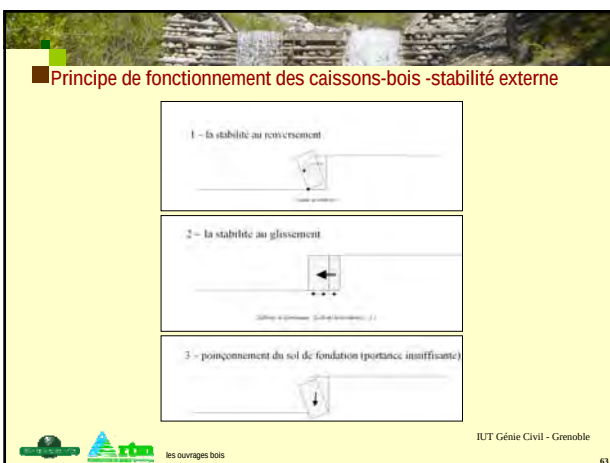


  les ouvrages bois

60

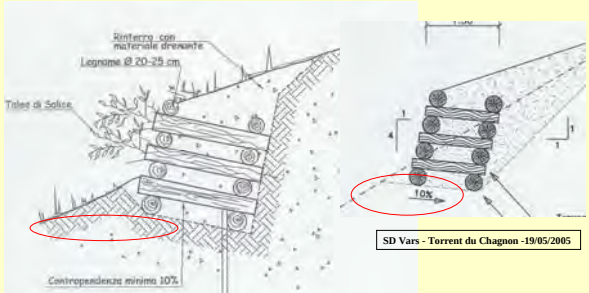




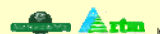




La mise en œuvre - le fruit du terrassement pour les ouvrages de soutènement



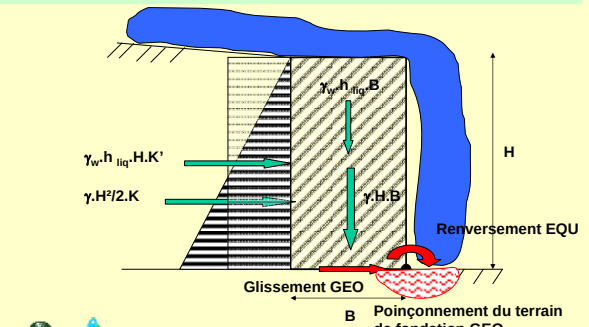
SD Vars - Torrent du Chagnon - 19/05/2005



les ouvrages bois

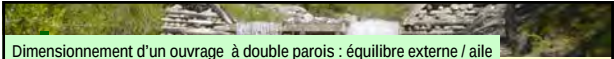


Dimensionnement d'un ouvrage à double parois : équilibre externe / cuvette

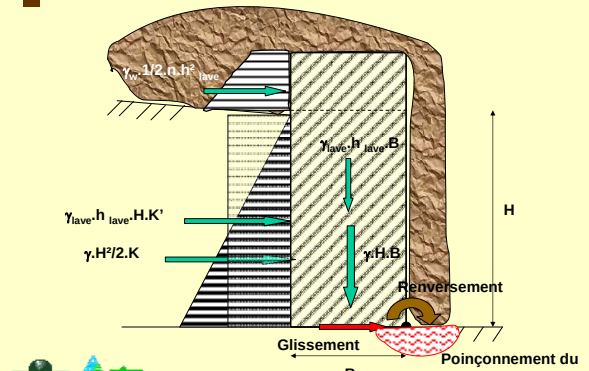




les ouvrages bois



Dimensionnement d'un ouvrage à double parois : équilibre externe / aile





les ouvrages bois

Dimensionnement d'un ouvrage à double parois : équilibre interne (STR)

Acier cisailé

Longrines en flexion simple

Traverse en traction

les ouvrages bois

67

Les assemblages

les ouvrages bois

68

Dimensionnement d'un ouvrage à double parois : équilibre interne de la longrine (STR)

Traverses

Longrine

les ouvrages bois

69

Dimensionnement d'un ouvrage à double parois : équilibre interne des assemblages (STR)

Rupture du bois dans les deux traverses Rupture du bois dans la longrine

Rupture de la tige Rupture du bois dans les traverses et rupture de la tige

les ouvrages bois

La mise en œuvre – les types d'assemblages

les ouvrages bois

-Région Piemonte - 05 /10/2005

La mise en œuvre – les assemblages

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

A éviter

SD Crois - site de l'Internet - 12/05/2005

les ouvrages bois



La mise en œuvre – les types d'assemblages








les ouvrages bois



La mise en œuvre – les types d'assemblages




SD Crots - Internet - 18/09/2009

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




les ouvrages bois



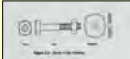
La mise en œuvre – la visserie pour les assemblages



- clous



- clameaux ou agrafes



- boulons à bois



- fers à béton




les ouvrages bois



■ La mise en œuvre – quelques défauts d'assemblage



Le Sapet - Salbertrand (1) - 26/04/2006



Rolliers (1) - 26/04/2006



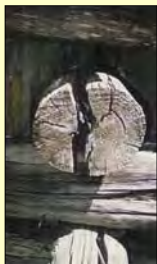
76



■ La mise en œuvre – la côte de pince



Tige d'assemblage



Côte de pince = 7d (si pré-percé)
Côte de pince = 15d (sans pré-perçage)



77









78



La mise en œuvre – le pré perçage

Évite l'éclatement du bois



les ouvrages bois

79




La mise en œuvre – utilisation des clameaux

SD Vars - le Chagnon - photo 12/12/2005
chantier Dynamic Environnement

Source : Région Piemonte



les ouvrages bois

80



La mise en œuvre - les premières grumes : les longrines

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



les ouvrages bois

81



La mise en œuvre – mise en place des longrines



SD Monetier - torrent de Saint Joseph - 2001



les ouvrages bois

82



Bibliographie sommaire sur les ouvrages bois soutènement et correction torrentielle

- « Ouvrages bois : soutènement et correction torrentielle »
Florian Ruolt - stagiaire ONF/RTM - juin 2005
- « Les ouvrages en bois dans l'aménagement des torrents de montagne »
Agence Régionale pour la Prévention et la Protection de l'Environnement de la Vénétie (I)
- « Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica »
REGIONE PIEMONTE - 2003



les ouvrages bois

83



Bibliographie sommaire sur les ouvrages bois soutènement et correction torrentielle



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



les ouvrages bois

84



Stabilisation d'un glissement de terrain sur un cours d'eau à forte pente

Maxime CHÂTEAUVIEUX
Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique (SYMASOL)




JOURNÉE TECHNIQUE D'INFORMATION ET D'ÉCHANGES

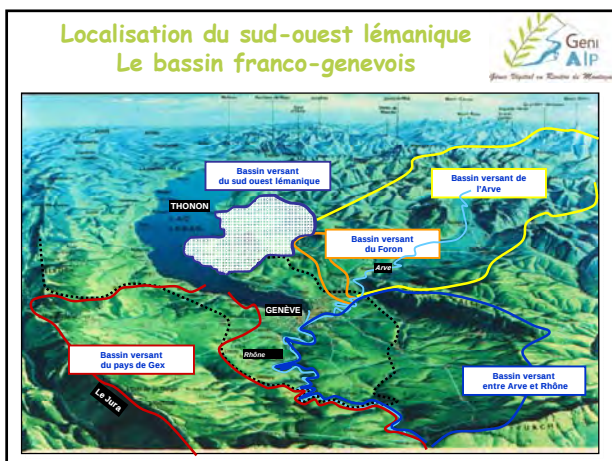
Génie végétal en rivière de montagne : de la théorie au cas pratique

Stabilisation d'un glissement de terrain sur un cours d'eau à forte pente

Maxime CHATEAUVIEUX
SY.M.A.S.O.L.







Caractéristiques du bassin versant du Sud-ouest lémanique



Caractéristiques :

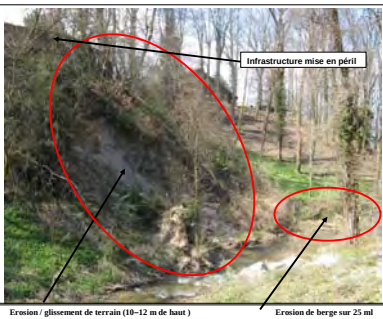
- Superficie : 226 km²
- Du Pamphiot (Est) à l'Hermance (Ouest)
- 12 affluents du Léman : 180 kms de cours d'eau
- Plus de 180 zones humides
- Pluviométrie : ≈ 1 000 mm/an
- Altitudes maximale : 1 539 m (Mt Forchat) minimale : 372 m (le Léman)



Présentation du secteur d'études Le ruisseau du Pamphiot sur la commune d'Anthy/Léman (74)



Site	
Cours d'eau :	Le Pamphiot
Lieu dit :	Au Foisset
Altitude : 410 m Pente : 3.5 %	
Commune :	Anthy-sur-Léman
Département :	74
Maître d'ouvrage :	SYMASOL
Personne contactée :	Maxime CHATEAUVIEUX
Linéaires :	40 mètres sur 10 à 15 mètres de hauteur
	Erosion / glissement de terrain (10-12 m de haut) Erosion de berge sur 25 ml



Présentation du site en photos



Caractéristiques et problématiques liées au secteur d'études



Caractéristiques du secteur d'études :

- de graves phénomènes d'érosions de ses berges/glissements de terrain tout au long de son cours jusqu'à son embouchure au lac Léman,
- un régime de crue torrentiel dans sa partie aval lié à une pente relativement élevée (= 3.5 %),
- présence d'une lentille d'eau / venue d'eau à la base de la « falaise » côté aval avec des matériaux fins et argileux,
- débits caractéristiques : Lin. de 12 kms pour BV de 36 km²
QMNAS = 77 l/s Q10 = 8 m³/s Q30 = 10.8 m³/s Q100 = 13 m³/s
- calcul des forces tractrices : $T = p \cdot h \cdot l = 25.4 \text{ kg/m}^2$ soit une valeur proche du maximum reconnu des performances du GV.
- accès chantier difficile !!! – depuis propriété rive gauche

Enjeux :

- Présence d'un cabanon de jardin au dessus de la zone de glissement de terrain
- Promouvoir les techniques du génie végétal en rivières de montagne et sensibiliser les acteurs à l'utilisation de ces techniques afin de favoriser leur évolution (Objectif du projet GENI'ALP)

NB : en raison d'un enjeu modéré, la volonté de protection de ce secteur est guidée par le caractère expérimental lié au projet « GENI'ALP ».



Présentation du projet



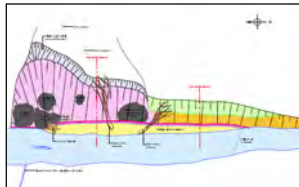
Objectifs du projet :

- stabiliser le talus (stabiliser au minima la partie inférieure du glissement),
- protéger la berge contre l'érosion en utilisant une diversité de techniques végétales et/ou mixte adaptées à ce type de phénomène (fascines, plants et plançons, lits de branches, boutures ...)
- restaurer les fonctions de la ripisylve, en termes de stabilité des berges,
- veiller aux aspects liés à la biodiversité et au paysage.

Propositions d'aménagements :

Vu le caractère torrentiel du Pamphiot, il est nécessaire de faire appel à des techniques souples qui supportent certaines déformations et « absorber une partie des contraintes hydrauliques

- Lits de plants et plançons : technique permettant de protéger mécaniquement le talus et la berge, même avant que la végétation n'est reprise - partie glissement
- Fascine de saules double rangée de pieux : endroits les plus exposés d'un point de vue hydraulique (pieds de berge),
- Boutures de saules et plantations d'arbustes indigènes : secteur d'érosion
- Ensemencement généralisé et géotextiles tissés biodégradables en coco sur les talus.
- Abattage sélectif sur falaise pour éviter les effets de bras de levier et favoriser la lumière ...



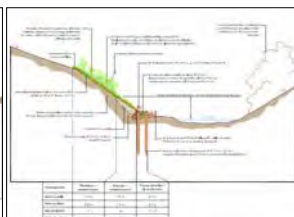
Présentation du projet

Coupes types des 2 profils



Zone amont : glissement

- branches anti-sappe,
- fascines de saules double rangée de pieux,
- lit de plançons de saules
- lits de plants et plançons,
- ensemencement généralisé



Zone aval : érosion de berge

- branches anti-sappe,
- fascines de saules double rangée de pieux,
- lit de plançons de saules
- boutures de saules 1^{er} 1/3 du talus)
- plantations arbustives indigènes,
- ensemencement généralisé

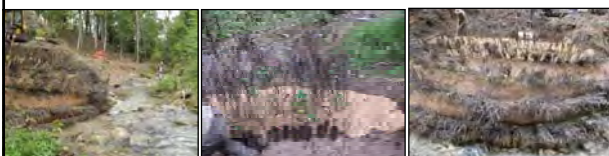
Avancement du chantier

Planches photographiques



Travaux préparatoires : abattage sélectif, débroussaillage, évacuation/bûlage invasives, évacuation déchets, anciennes clôtures ...

Terrassement premier lit de plançons !!!



Zone glissement : lits de plants et plançons

Avancement du chantier

Planches photographiques



Avancement du projet

Choix des espèces



Lit de plançons, branches anti-sape, fascines de saules, boutures : *Salix triandra*, *Salix purpurea*, *Salix myrsinifolia*, *Salix eleagnos*

Pieux fascines : châtaignier (mort), saule blanc et saule drapé (vivants)

Arbustes en godet (lits de plants, plantation haut de talus) : Cornouiller sanguin, Noisetier, Fusain d'Europe, Sureau noir, Saule marsault, Viorne lantane, Viorne aubier, Aubépine ...

Avancement du projet

Problèmes rencontrés pendant la mise en œuvre



Avancement du chantier

Planches photographiques - Fin de chantier



Avancement du chantier

Photographies Avant / Après travaux



Avancement du chantier

Problèmes rencontrés après réalisation des travaux liés à la période gel / dégel (hiver 2012)



Effondrement de la « casquette » : environ 3-4 m³ de matériaux qui se sont écroulés sur la partie supérieure du caisson recouvrant 3 lits de plants et plançons

- ➔ à faire dégager pour reprise des végétaux
- ➔ renforcer les lits de plants et plançons par bouturage complémentaire pendant l'hiver 2012-2013

Photographies après travaux

1^{ère} année de reprise des végétaux

Détail des lits de plants et plançons

Détail de la fascine de saules

Bouturage caisson

Photographies après travaux

1^{ère} année de reprise des végétaux

Détail de la fascine de saules et des plantations sur talus (bouturage, arbustes)

Photographies après travaux

1^{ère} année de reprise des végétaux

Bilan rapide du chantier



Problèmes rencontrés :

- ⇒ difficulté de se procurer *Salix myrsinifolia* (*Saule noirissant*) – non disponible en pépinière
- ⇒ bande de 3m avec des matériaux trop fluant (argiles/marnes) rendant impossible le terrassement et la mise en œuvre des lits de plants et plançons
- ⇒ taux de reprise des végétaux faible notamment pour les plançons de saules – **≈ 50 %** (prélèvements trop précoces ? Problèmes liés à la mise en œuvre ? Matériaux présents peu favorables à la reprise (argiles) ? Lumière insuffisante sur ce secteur en raison de la configuration « encaissée » du ruisseau ?)

Moyens pour y remédier :

- ⇒ remplacement d'une partie de *Salix myrsinifolia* par *Salix eleagnos* (*saule drapé*)
- ⇒ mise en œuvre d'un caisson bois végétalisé dans la partie « glissement humide »
- ⇒ renforcement des plantations par bouturages complémentaires à l'hiver 2012/2013 – garantie de reprise des végétaux **sur 3 années !!!**



Rappel du planning d'exécution



Lancement de la consultation du maître d'œuvre	29 octobre 2010
Notification du marché – BIOTEC Biologie Appliquée	10 décembre 2010
Elaboration du Projet / DCE	Janvier à avril 2011
Lancement de la consultation des entreprises	du 27/05/2011 au 14/06/2011
Notification du marché – DYNAMIQUE Environnement	1 ^{er} août 2011
Démarrage des travaux	3 octobre 2011 (délai d'exécution : 6 semaines)
Fin de chantier préalable	Mi-novembre 2011
Arrêt de chantier	du 2 au 10 novembre 2011
Mis en œuvre du caisson bois et remise en état	du 14 au 22 novembre 2011
Réception de chantier	30 novembre 2011
Garantie de reprise des végétaux	2012, 2013 et 2014



Détail des coûts



Coût total des travaux : 35 321.50 € HT (y compris mise en œuvre du caisson bois)
– entreprise DYNAMIQUE Environnement (73)

Avec Maîtrise d'œuvre : 42 421.50 € HT – BIOTEC Biologie Appliquée (69)

Ces travaux sont financés conjointement par l'Agence de l'Eau RM&C, le Conseil Général 74 et les fonds FEDER (programme INTERREG IV.A France-Suisse – « GENI'ALP ») à hauteur de 70 %





Modèles naturels et espèces alpines utilisables en génie végétal

Patrice PRUNIER & Ludovic BONIN
hepia Genève

hepia

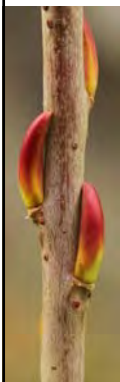
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Geni AIP

Geni d'Ingénierie en Architecture et en Paysage

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale



JOURNEE TECHNIQUE D'INFORMATION ET D'ECHANGES

Jeu 5 juillet 2012, Olon (VD)

Association Suisse Toile Ailes

Présentation de quelques espèces utilisées dans les chantiers pilotes

L. Bonin & P. Prunier, hepia Genève

Interreg

European Union

Suisse

1

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Avançon d'Anzeindaz : listes de plantes

LISTE DES PLANTES N° 2

Objectifs : Lits de plants et plantons pour la protection de la berge droite jusqu'au sommet, en complément à l'enrochement de pied.

Linéaire total : 17 m

Vitesse de montage : 1

Répartition : mélange

Déposition : au dessus d'un enrochement de pied de berge, jusqu'au sommet de berge.

2A. Branches de saules indigènes

Longueur : 100 - 150 cm

Diamètre : 1-4 cm

Niveau 1

Densité : 20 branchés / m linéaire

Espèces	Longueur (cm)	Quantité
<u>Salix viminalis</u>	100 - 150	170
<u>Salix elaeagnifolia</u>	100 - 150	70
<u>Salix purpurea</u>	100 - 150	100

Niveau 2

Densité : 15 branchés / m linéaire

Espèces	Longueur (cm)	Quantité
<u>Salix elaeagnifolia</u>	100 - 150	45
<u>Salix viminalis</u>	100 - 150	100
<u>Salix myrsinifolia</u>	100 - 150	35
<u>Salix purpurea</u>	100 - 150	75

2B. Arbustes indigènes

Qualité 1 : plants en racines nues de pépinière forestière

Qualité 2 : arbustes légers transplantés 2x

Niveau 2

Densité : 10 arbustes / m linéaire

Espèces	Hauteur (cm)	Quantité
<u>Alnus incana</u>	80 - 100	20
<u>Alnus viridis</u>	80 - 100	20
<u>Prunus padus</u>	80 - 100	20
<u>Salix repens</u>	80 - 100	20
<u>Viburnum opulus</u>	80 - 100	20

Niveau 3

Densité : 5 arbustes / m linéaire

Espèces	Hauteur (cm)	Quantité
<u>Alnus incana</u>	80 - 100	10
<u>Callunetum alpinum</u>	80 - 100	20
<u>Juniperus communis</u>	80 - 100	30
<u>Sorbus aucuparia</u>	80 - 100	25

TOTAL : LISTE DES PLANTES N° 2A

765

TOTAL : LISTE DES PLANTES N° 2B

285

2

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

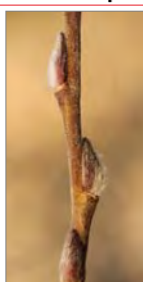
Le saule noirissant

Salix myrsinifolia Salisb.

Description



Arbuste de 1.50 à 4 m de hauteur formant des cépées denses.



Rameaux de l'année velus, brun-rougeâtre. Bourgeons velus, appliqués.



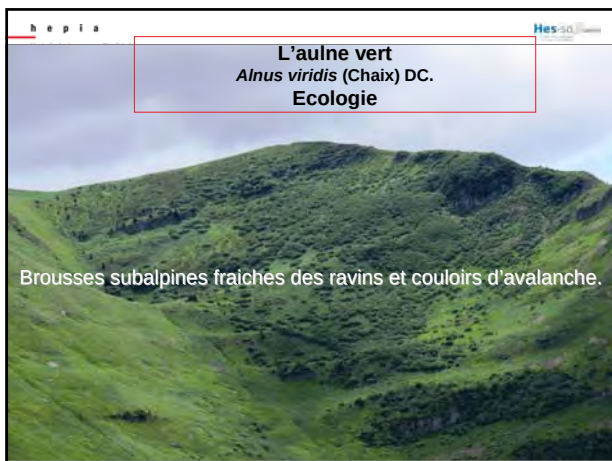
Feuille glauque à pointe verte au revers (comme «essuyée»).

3











Forte capacité de colonisation et croissance juvénile rapide.



Rameaux souples et robustes lui procurant une bonne résistance à l'arrachement lors de crues.
Résistance à l'immersion.





hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Le merisier à grappes
***Prunus padus* L.**
Description



Arbuste pouvant atteindre 15 m de hauteur.



Jeunes rameaux rougeâtres présentant des lenticelles rouges. Bourgeons ovoïdes, pointus.



Drupes noires à maturité, disposées en grappes pendantes.

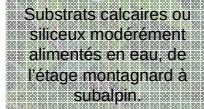
18

Le merisier à grappes

Prunus padus L.

Sous-espèces

Substrats calcaires bien
alimentés en eau, de
l'étage collinéen à
montagnard.



Fort pouvoir de régénération.
Croissance juvénile rapide.
Tolérance à la sécheresse et aux inondations.



- ✓ Fort pouvoir de régénération (rejets de souches) ;
- ✓ Croissance juvénile rapide ;
- ✓ Rameaux souples et résistants ;
- ✓ Développement racinaire important ;
- ✓ Tolérante à la sécheresse et aux inondations ;
- ✓ Production de racines adventives ;
- ✓ Floraison mellifère et production de drupes ;
- ✓ Taux de reprise au bouturage faible...

MELANGE GRAINIER N° 1

Objectifs : stabilisation complémentaire aux ouvrages de génie végétal et mixtes.
Reverdissement des surfaces travaillées (remise en état après travaux) et
intégration des ouvrages de protection.

Surface totale :	1000 m ²
Répartition :	Du pied jusqu'en sommet de berge, y compris l'ensemble des ouvrages et la remise en état du pâturage.
Caractéristiques :	Mélange unique pour toutes les surfaces (donc à grande amplitude), pour substrat souvent grossier et pauvre (pied de berge) mais aussi plus fin et riche (remise en état du pâturage en sommet de berge).
Substrat :	Calcaire
Altitude :	1300 m

1 Plantes herbacées (semences)

Qualité : écotypes CH
Densité : 20 g / m²

Espèces	% (en poids)
---------	--------------

Graminifera

<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Agrostide capillaire</i>	5
<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Agrostide glante</i>	3
<i>Anthriscum odoratum</i>	<i>Herbe odorante</i>	3
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Brachypode des forêts</i>	5
<i>Calamagrostis varia</i>	<i>Calamagrostide bégarré</i>	3
<i>Cynodon cristatus</i>	<i>Cristelle des prés</i>	20
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dactyle aggloméré</i>	5
<i>Deschampsia caespitosa</i>	<i>Canche gazonnante</i>	5
<i>Festuca elatior</i>	<i>Festoue large</i>	10
<i>Festuca rubra</i>	<i>Festoue rougeâtre</i>	10
<i>Festuca ovina</i>	<i>Pâturin des Alpes</i>	10
<i>Festuca alpina</i>	<i>Festoue alpine</i>	10
<i>Festuca ovina</i>	<i>Festoue ovine</i>	10

Légumineuses

<i>Anthyllis alpestris</i>	Anthyllide des Alpes	3
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé	2
<i>Trifolium haderum</i>	Trèfle hère	1

MELANGE GRAINIER N°1

Objectifs : stabilisation complémentaire aux ouvrages de génie végétal et mixtes. Reverdissement des surfaces travaillées (remise en état après travaux) et intégration des ouvrages de protection.

Surface totale :	10 km ²
Répartition :	Du pied jusqu'en sommet de berge, y compris l'ensemble des ouvrages et la remise en état du pâturage.
Caractéristiques :	Mélangé unique pour toutes les surfaces (donc à grande amplitude), pour substrat souvent grossier et pauvre (pied de berge) mais aussi plus fin et riche (remise en état du pâturage en sommet de berge).
Substrat :	Calcaire
Altitude :	1300 m.

1 Plantes herbacées (semences)

Qualité : écotypes CH
Densité : 20 g / m²

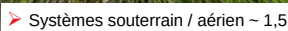
Espèces	% (en poids)
---------	--------------

Graminées

<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Agrostide capillaire</i>	5
<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Agrostide glante</i>	3
<i>Anthriscum odoratum</i>	<i>Flouve odorante</i>	5
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Brachypode des forêts</i>	3
<i>Calamagrostis varia</i>	<i>Calamagrostide bigarrée</i>	3
<i>Cynosurus cristatus</i>	<i>Cristelle des prés</i>	20
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dactyle aggloméré</i>	5
<i>Deschampsia caespitosa</i>	<i>Canche gazoniante</i>	5
<i>Festuca rubra</i>	<i>Fétuque rouge</i>	9
<i>Phleum hibernicum</i>	<i>Phléu hibernique</i>	10
<i>Poa alpina</i>	<i>Pâturin des Alpes</i>	10
<i>Trisetum flavescens</i>	<i>Avoine jaunâtre</i>	10

Légumineuses

<i>Anthyllis alpestris</i>	Anthyllide des Alpes	3
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé	2
<i>Trifolium badium</i>	Trèfle brun	1









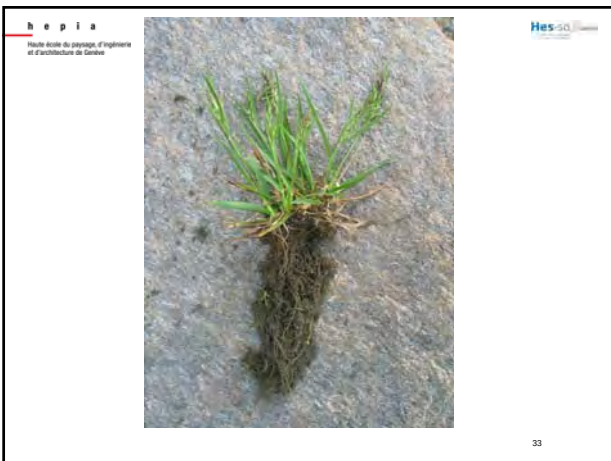














h e p i a

Haute école de paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

Avançon d'Anzeindaz : mélange grainier

MELANGE GRAINIER N° 1

Objets : stabilisation complémentaire aux ouvrages de génie végétal et mixtes, revêtement des surfaces travaillées (remise en état après travaux) et intégration des ouvrages de protection.

Surface totale : 1000 m²
Répartition : Du pied jusqu'en sommet de berge, y compris l'ensemble des ouvrages et la remise en état du pâturage.
Caractéristiques : Mélange unique pour toutes les surfaces (donc à grande amplitude), pour substrat souvent grossier et pauvre (pied de berge) mais aussi plus fin et riche (remise en état du pâturage en sommet de berge).
Substrat : Calcaire
Altitude : 1900 m.

1 Plantes herbacées (seminales)

Qualité : écotypes CH
Densité : 20 g / m²

Espèces	% (en poids)	
Graminées		
Agrostis capillaris	Agrostide capillaire	5
Agrostis gigantea	Agrostide géante	5
Anthoxanthum odoratum	Floxe odorante	5
Brachypodium sylvaticum	Brachypode des forêts	3
Calamagrostis varia	Calamagrostide ligariée	3
Cynodon dactylon	Crabot des prés	20
Dactylis glomerata	Dactyle aggloméré	5
Deschampsia cespitosa	Canche gazonnière	5
Festuca rubra	Festoue rouge	10
Phleum pratense	Phléu meadow	10
Poa alpina	Poa des Alpes	10
Trisetum flavescens	Avoine jaunie	10
Légumineuses		
Anthyllus alpinus	Anthyllide des Alpes	3
Lotus corniculatus	Lotus corniculé	2
Trifolium pratense	Trèfle brun	1



hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Hes-so

Haute école spécialisée de Suisse occidentale

L'anthyllide alpestre

Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*

Description



Forme des touffes denses aux tiges ascendantes à dressées.



Feuilles imparipennées (souvent unifoliées), la terminale plus grande.

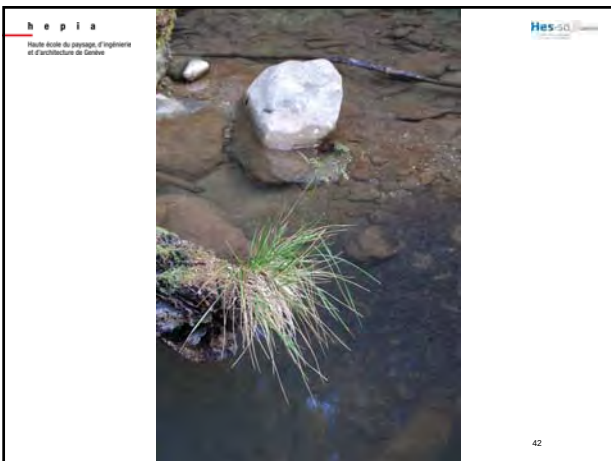
37







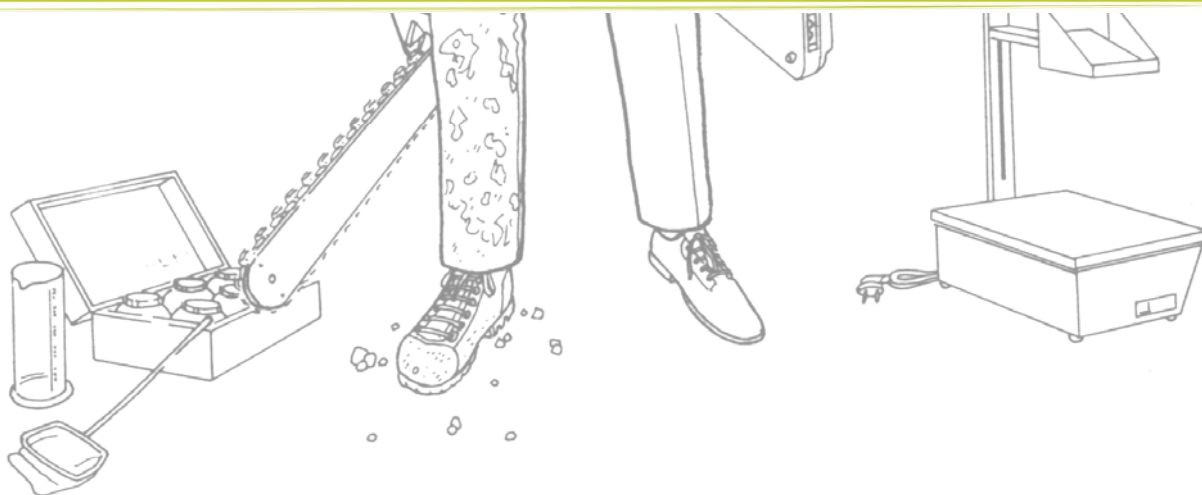






Visite de site : l'Avançon d'Anzeindaz – La Benjamine

Pierre-André FROSSARD
hepia Genève



Fiche chantier La Benjamine

Le site

Commune : Bex (VD)

Cours d'eau : Avançon
d'Anzeindaz

Altitude : 1290 m

Enjeux sécuritaire : stabilité de
la route communale de Solalex
et d'un sentier de randonnée

Type de dégradation de berge :
phénomènes conjoints de
glissements et érosion de
berges

Pente du profil en long : 3 à 15
% (5,70 % en moyenne)

Débit de crue centennale : 57
m³/s

Linéaire concerné : 44 m



Fig. 1. Etat initial : loupe de glissement et « terrasse » naturelle à conserver.

Contexte et enjeux

La route communale est le seul accès possible aux véhicules pour atteindre le hameau de Solalex. Une loupe de glissement presque verticale d'environ 12 m de hauteur en rive droite menace la stabilité de cette route et empiète sur un sentier de randonnée.

Compte tenu des contraintes fortes et notamment de la pente du profil en long et de la courbure de la rivière, l'utilisation de techniques mixtes s'est révélée incontournable sur la partie aval du tronçon. Une « terrasse » naturelle surplombant un énorme bloc est présente au centre de la loupe de glissement (fig. 1). Celle-ci est stable (naturellement végétalisée) et devra être conservée afin de ne pas déstabiliser encore plus le glissement et engendrer des travaux supplémentaires.

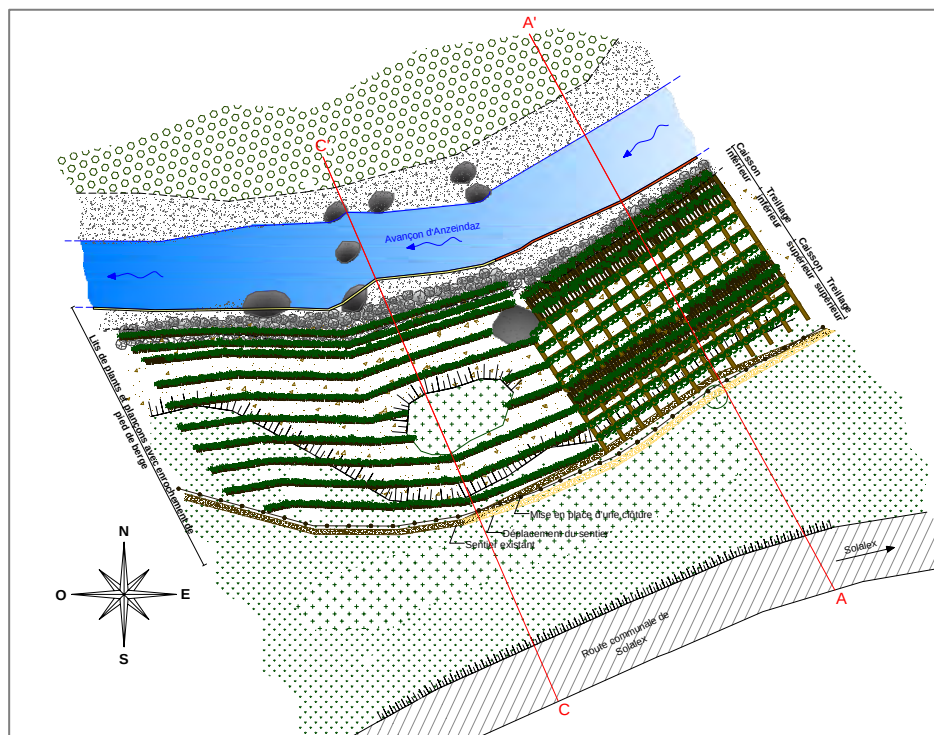


Fig. 2. Lits de plants et plançons et seuil en blocs.

L'ouvrage

Maitre d'ouvrage : commune de
Bex

Maitre d'œuvre : hepia

Montant : à définir

Dates des travaux :

Octobre 2012

Aménagements (fig. 2) :

- 1^{er} tronçon : caissons en rondins végétalisés et treillages bois
- 2^{ème} tronçon : lits de plants et plançons sur enrochement de pied de berge

Description de l'aménagement

Enrochements de pied de berge (fig. 3) : il sera présent sur le second tronçon (partie aval), sur la berge en extrados, là où la pente du profil en long est la plus importante (plus de 9 %). Il sera solidement ancré en profondeur, seule une rangée de blocs reste visible, au-dessus du niveau du lit mineur. Les blocs (400 à 700 l) seront séparés des matériaux constitutifs de la berge par un géotextile synthétique de séparation.

Lits de plants et plançons (fig. 3) : ils reposeront sur un enrochement de pied. En effet, il s'agit certainement de la technique qui se marie le mieux avec l'enrochement. Cette technique est également particulièrement adaptée pour contourner le bloc présent au centre du glissement. Ils présentent une inclinaison de 20° par rapport à l'horizontale. Les plants et les branches ne dépassent pas la berge de plus de 25 à 30 cm.

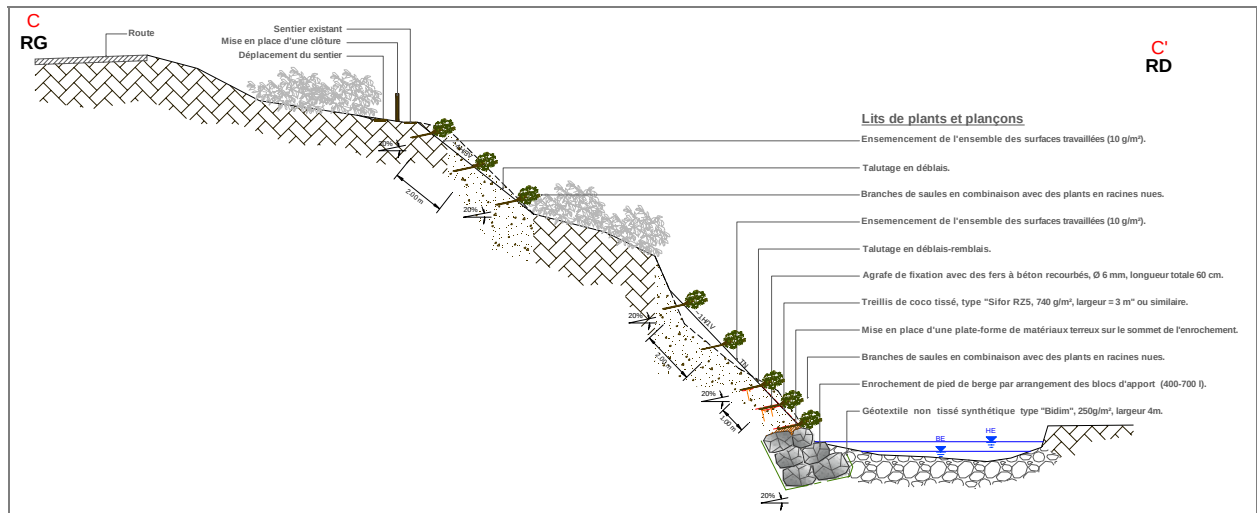


Fig. 3. Couches de branches à rejets et enrochement de pied de berge.

Treillages bois (fig. 4) : compte tenu de la forte pente du glissement sur la partie amont, le choix a été fait de privilégier le treillage bois. Cette technique est en effet particulièrement adaptée pour stabiliser les talus à forte pente soumis à des glissements de terrain réguliers. Deux treillages bois successifs seront disposés sur la berge, chacun étant soutenu par un caisson en rondins végétalisés.

Caissons en rondins végétalisés (fig. 4) : ils serviront d'ouvrages de soutènement pour les treillages bois. Le caisson inférieur servira également d'ouvrage de protection de pied de berge (pas d'enrochement à ce niveau compte tenu de la pente relativement faible du profil en long). A noter que pour éviter tout risque d'évidement du caisson en cas de crue, ces matériaux de remplissage seront contenus dans un géotextile. A l'arrière du caisson, une chemise drainante constituée de matériaux graveleux sera mise en place.

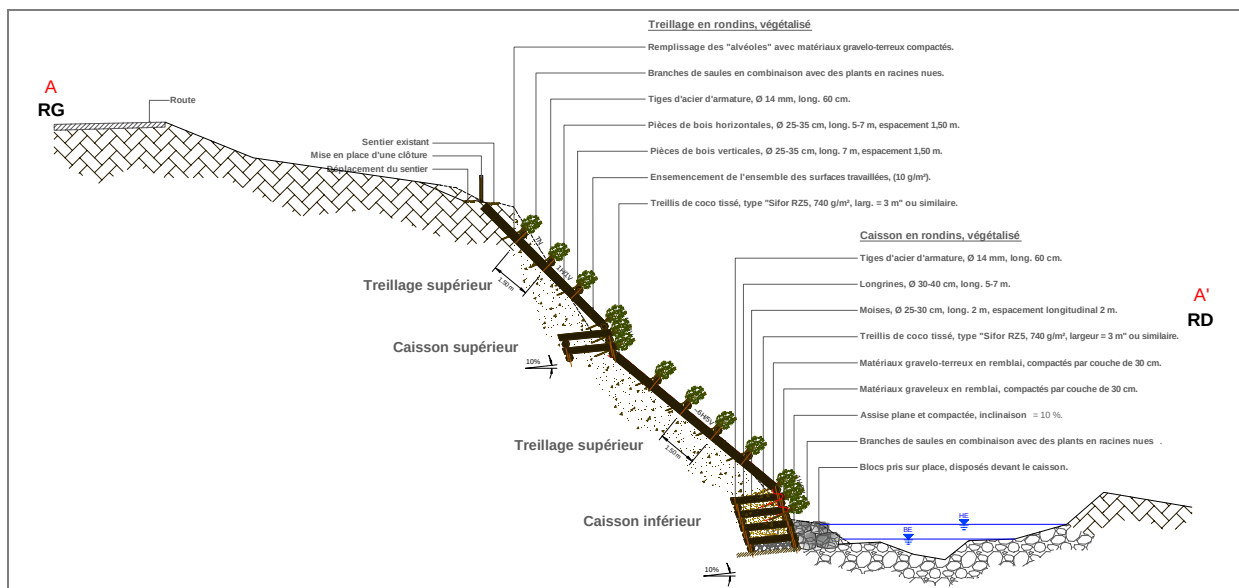


Fig. 4. Treillages bois et caissons en rondins végétalisés.



Visite de chantier : l'Avançon d'Anzeindaz – Cergnement

Pierre-André FROSSARD
hepia Genève

Fiche chantier Pont de Cernement

Le site

Commune : Bex et Gryon (VD)

Cours d'eau : Avançon
d'Anzeindaz

Altitude : 1248 m

Enjeux sécuritaire : stabilité du pont

Type de dégradation de berge :
érosion + incision en rive droite

Pente du profil en long : 5 à 10 %
(7 % en moyenne)

Débit de crue centennale : 57
m³/s

Linéaire concerné : 46 m (19 m
en rive gauche en amont du pont
+ 27 m en rive droite en aval du
pont)



Fig. 1. Etat initial : incision sous la pile du pont en rive droite.

Contexte et enjeux

La route communale qui franchit le pont de Cernement, est le seul accès possible aux véhicules pour atteindre le hameau de Solalex. Une érosion en extrados empiète sur un pâturage. Les abords immédiats du pont de Cernement sont aussi soumis à une forte érosion. Une incision du lit menace les piles de l'ouvrage (fig. 1).

Compte tenu des contraintes fortes et notamment de la pente du profil en long, l'utilisation de techniques mixtes s'est révélée incontournable. Non seulement par la mise en œuvre d'un enrochement de pied mais également par l'utilisation d'ouvrages de protection indirecte, tels que les seuils et les épis

L'ouvrage

Maitre d'ouvrage : communes de
Bex et Gryon

Maitre d'œuvre : hepia

Montant : 110'000 CHF (~85'000
€)

Dates des travaux :

13 oct. au 14 nov. 2011

Aménagements (fig. 2) :

- 1^{er} tronçon : lits de plants et plançons
- 2^{ème} tronçon : couche de branches à rejets
- Enrochement de pied de berge sur l'ensemble du linéaire
- Epi en blocs x2
- Seuils en blocs x2

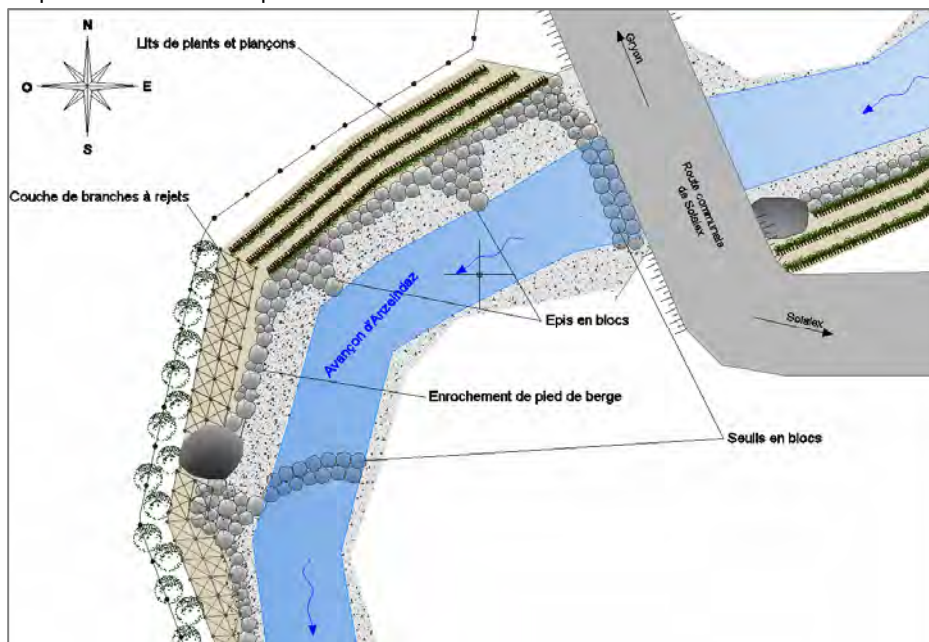


Fig. 2. Plan de situation.

Description de l'aménagement

Seuils : le chantier débute par la réalisation des seuils (enrochement bétonné pour le premier et libre pour le second) pour la stabilisation du profil en long et la lutte contre le phénomène d'incision sous le pont. Le seuil situé plus en aval contribue également à prévenir l'affouillement au pied des futurs aménagements de berge. Les deux seuils sont composés de blocs de 700 à 1000 litres et sont légèrement incurvée pour concentrer le courant, notamment en période de basses eaux.

Enrochements de pied de berge (fig. 3) : il est solidement ancré en profondeur, seule une rangée de blocs reste visible, au-dessus du niveau du lit mineur. Les blocs (400 à 700 l) sont séparés des matériaux constitutifs de la berge par un géotextile synthétique de séparation.

Epis en enrochements (fig. 3) : constitués de blocs de 400 à 700 litres, ils présentent une forme plongeante et sont à peine émergents à la surface du lit mineur. Leur fonction est avant tout de protéger le pied de berge de l'affouillement en cas de crue.

Lits de plants et plançons (fig. 3) : ils reposent sur un enrochement de pied. En effet, il s'agit certainement de la technique qui se marie le mieux avec l'enrochement. Ils présentent une inclinaison de 20° par rapport à l'horizontale. Les plants et les branches ne dépassent pas la berge de plus de 25 à 30 cm.

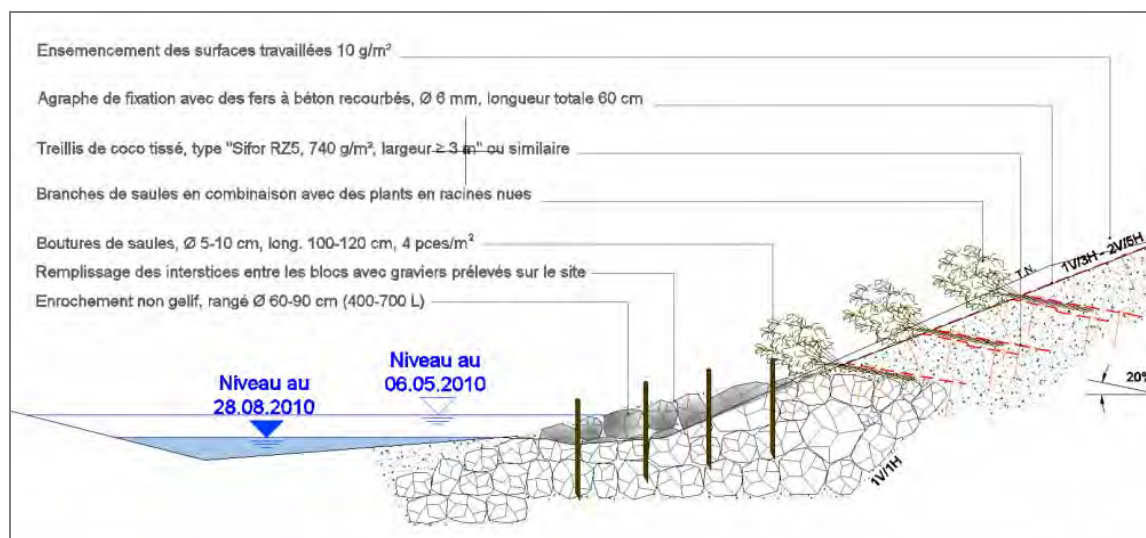


Fig. 3. Lits de plants et plançons et seuil en blocs.

Couches de branches à rejets (fig. 4) : elles sont implantées dans la courbe plus en aval, partie la plus sollicitée lors des crues. La berge est reprofilée au-dessus des enrochements de pied pour obtenir une pente de 1V/3H. La densité des branches est de 30-40 pces/m. Les pieux, d'une longueur supérieure à 1 m, sont battus mécaniquement. L'espacement longitudinal et latéral des pieux est compris entre 80 et 100 cm. Ils sont fixés à l'aide de fils de fer en tension.

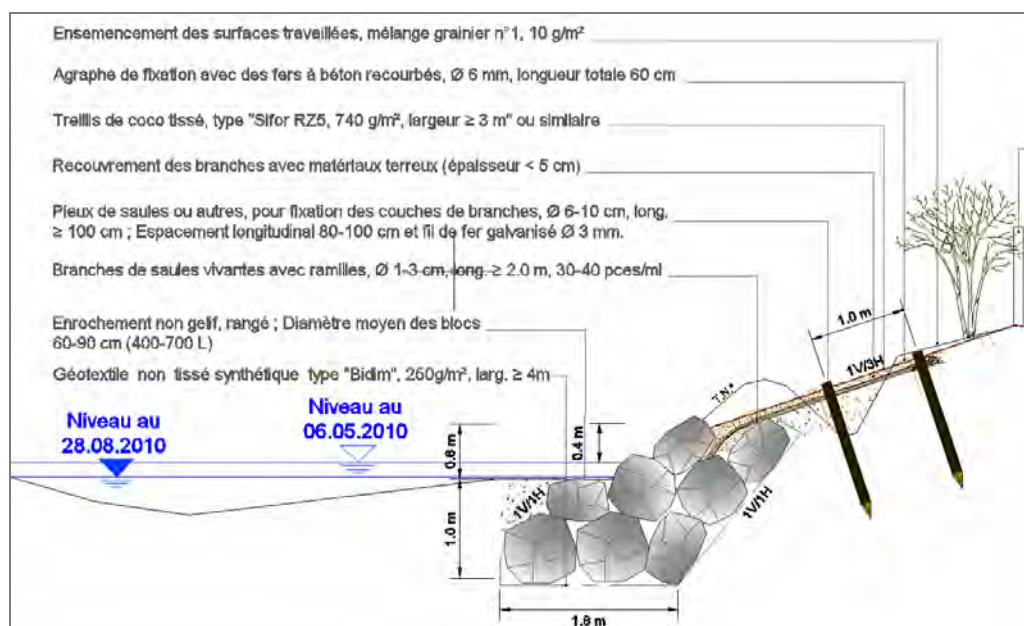


Fig. 4. Couches de branches à rejets et enrochement de pied de berge.



Visite de chantier : La petite Gryonne – La Cousse

Pierre-André FROSSARD
hepia Genève

Fiche chantier La cousse

Le site

Commune : Ollon (VD)
Cours d'eau : Petite Gryonne
Altitude : 1323 m

Enjeux sécuritaire : encombrement d'un voûtage et stabilité d'un chemin forestier

Type de dégradation : phénomènes conjoints de glissements et érosion de berges

Pente du profil en long : 7 à 16 % (12 % en moyenne)

Débit de crue centennale : 17 m³/s

Linéaire concerné : 37 m



Fig. 1. Etat initial : alternance de glissements et de niches d'érosion en rive gauche.

Contexte et enjeux

L'aménagement se situe immédiatement en amont d'un voûtage qui passe sous le chemin de la Cousse (carrossable avec revêtement bitumineux), sur la partie haute de la station de Villars-sur-Ollon. En amont du pont, une herse a été mise en place, permettant d'arrêter les embâcles avant qu'ils n'aillent obstruer le voûtage. Cependant, une instabilité généralisée de la berge gauche en amont, engendre des apports excessifs de matériaux gravo-terreux dans le lit, qui voit sa section se rétrécir par endroit. Lors des crues, ces matériaux gravo-terreux sont mobilisés, ne sont pas arrêtés par la herse et sont susceptible d'obstruer également le voûtage. La morphologie de la berge gauche est constituée d'une succession de petits glissements et de niches d'érosion en alternance (fig. 1). En berge droite, quelques niches d'érosion et des portions de berges sans végétation (consécutivement à des dépôts de matériaux), menacent la stabilité d'un chemin.

Sur le tronçon aménagé, le cours d'eau est relativement encaissé et les possibilités d'élargissement du lit sont faibles. L'encaissement est de plus en plus marqué d'amont vers l'aval, au fur et à mesure qu'on s'approche du voûtage, l'entrée de ce dernier étant précédée d'un enrochement existant, sur environ 5 mètres. La pente du profil en long est variable mais toujours au-dessus de 5 %, pour dépasser localement les 15 %.

L'ouvrage

Maitre d'ouvrage : commune d'Ollon
Maitre d'œuvre : hepia
Montant : 83'000 CHF (~64'000 €)
Dates des travaux : du 1^{er} au 23 mai 2012

Aménagements (fig. 2) :

- 1^{er} tronçon : caisson en rondins végétalisé en rive droite et fascine de saules à double rangée de pieux surmontée de 3 niveaux de lits de plants et plançons en rive gauche.
- 2^{ème} tronçon : enrochement de pied de berge surmonté de 4 niveaux de lits de plants et plançons.
- Seuil en rondins entre ces deux tronçons

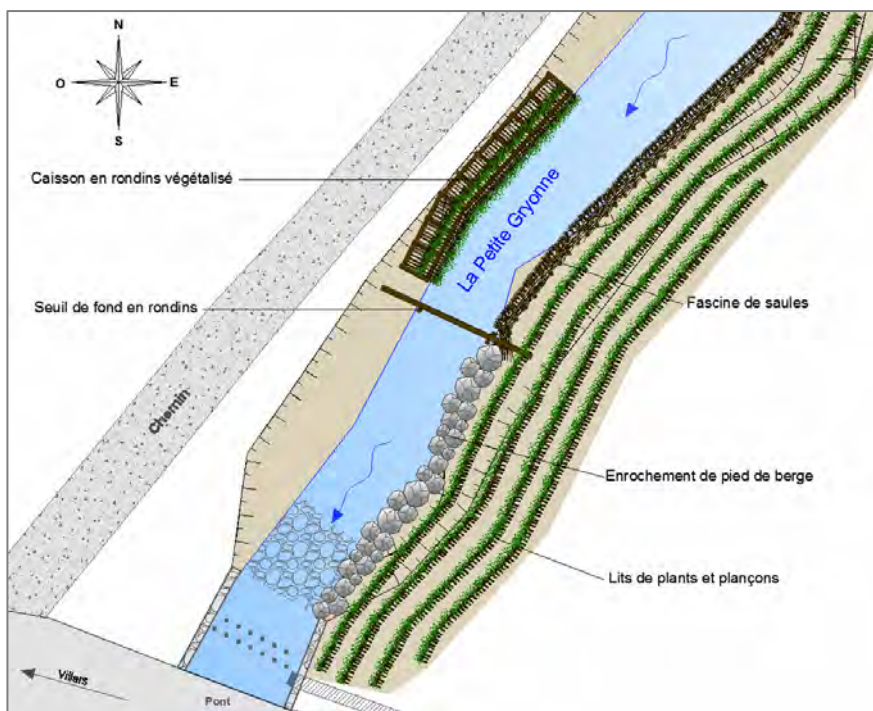


Fig. 2. Plan de situation.

Description de l'aménagement

Enrochement de pied de berge : il est solidement ancré en profondeur, seule une rangée de blocs reste visible, au-dessus du niveau du lit mineur. Les blocs, de 400 à 700 l, sont séparés des matériaux constitutifs de la berge par un géotextile synthétique.

Seuil en rondins (fig. 3) : compte tenu de la pente du profil en long et du fait que, sur un certain linéaire, les berges gauche et droite sont stabilisées, un risque d'incision du lit est à craindre. Pour écarter ce risque, un seuil de fond est mis en place à l'aval immédiat du tronçon aménagé sur les deux rives, permettant ainsi de fixer le niveau du fond du lit.

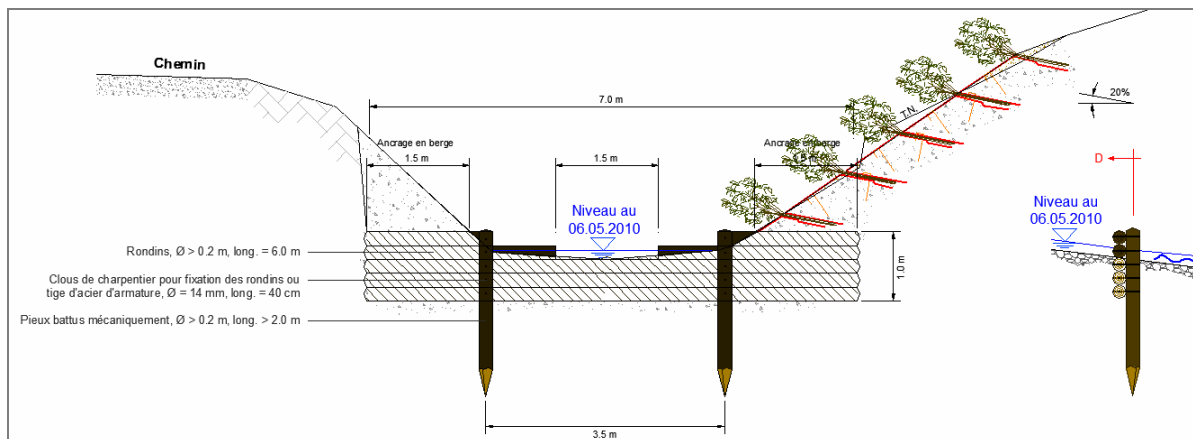


Fig. 3. Seuil de fond en rondins.

Fascine de saules à double rangée de pieux (fig. 4) : malgré une granulométrie grossière du fond du lit, le pied de la berge gauche est constitué de matériaux argileux. Cette texture de sol permet le battage mécanique de pieux. Le choix s'est porté sur une fascine de saules à double rangée de pieux qui doit fixer le pied de berge. Derrière la fascine, des branches de saules en densité élevée (25 pces/m) sont dressées et appuyées sur cette dernière. Elles contribuent à renforcer la transition entre la fascine et les lits de plants et plançons.

Lits de plant et plançons (fig. 4) : au-dessus de la fascine, la berge est stabilisée avec 3 niveaux de lits de plants et plançons, renforcés avec un treillis de coco d'une densité. Cette technique, très souple et d'une charge très limitée, convient particulièrement pour des terrains instables. Enfin, ces structures de végétation dense, placées perpendiculairement à la pente, forment des barrages contre les phénomènes de ruissellement et de ravinement.

Caisson en rondins, végétalisé (fig. 4) : il fait office d'ouvrage de soutènement pour stabiliser le chemin en rive droite. A noter que pour éviter tout risque d'évidement du caisson en cas de crue, ces matériaux de remplissage sont contenus dans un géotextile. A l'arrière du caisson, une chemise drainante constituée de matériaux graveleux a été mise en place.

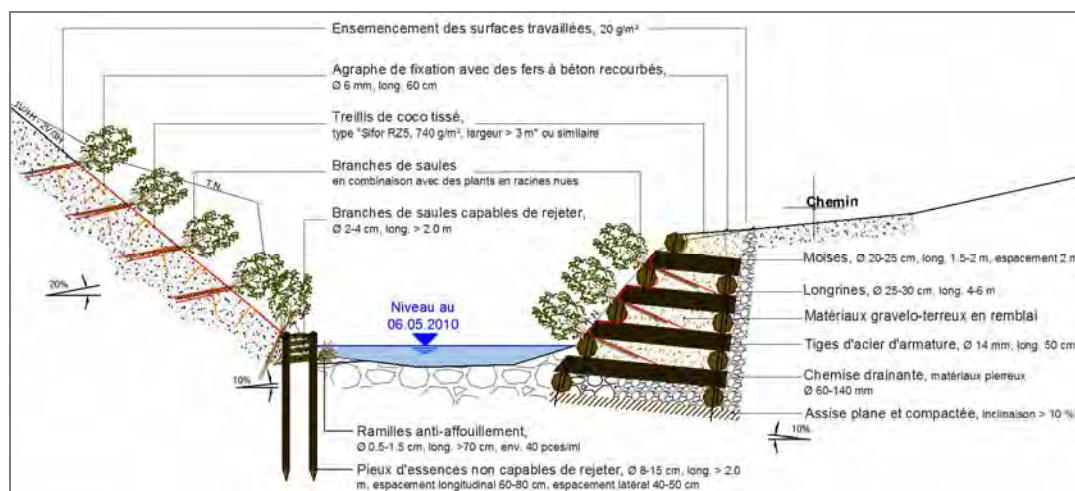


Fig. 4. Lits de plants et plançons, fascine de saules et caisson en rondins végétalisé.