



Génie végétal en rivière de montagne



JOURNEE TECHNIQUE D'INFORMATION ET D'ECHANGES

Organisée par :



Jeudi 5 juillet 2012, Ollon (VD)

Techniques de génie végétal applicables en rivière de Montagne.

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



Contenu de la présentation

- Rappel des objectifs et actions de Geni'Alp
- Rappel des caractéristiques des cours d'eau de montagne
- Rappel des principales contraintes
- 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/>

PARTENAIRES FRANCAIS

Rhône-Alpes Région



- Région Rhône-Alpes

} porteur du projet



- Irstea de Grenoble (ancien Cemagref)

} scientifiques

- ONF (Office national des forêts)



- ARRA (Association Rivière Rhône-Alpes)

- Symasol (Syndicat mixte des affluents du S-O lémanique)

} gestionnaires

- SM3A (Syndicat d'aménagement de l'Arve et de ses abords)



- Conseil général de Haute-Savoie



- Agence de l'Eau RMC

} financiers

- Union européenne – FEDER



PARTENAIRES SUISSES



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



- Hepia Genève
- Confédération suisse – INTERREG fédéral
- Canton de Vaud
- Canton de Genève

- SESA - VD
(Service des Eaux, Sols et Assainissement)
- Commune de Bex
- Commune de Gryon
- Commune d'Ollon

porteur
du projet

financiers

techniques et
financiers
+
gestionnaires



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**.

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**.



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

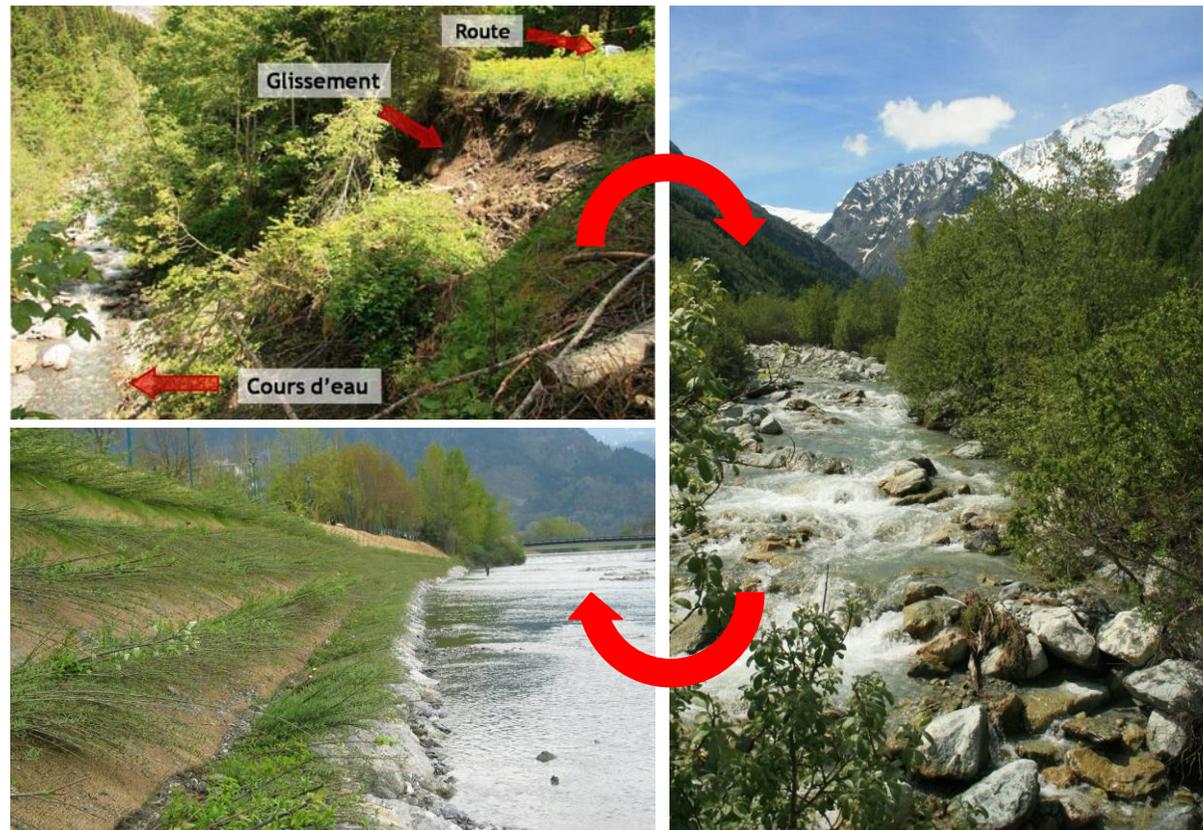
Situations à éviter



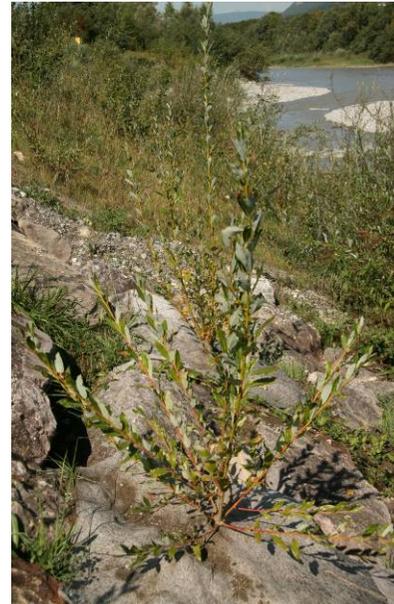
Photo: P.-A. Frossard

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.



ACTION 1: REALISATION DE CHANTIERS PILOTES



Problèmes particuliers:

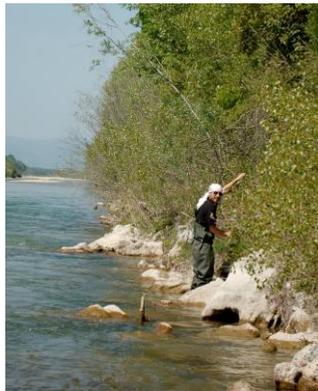
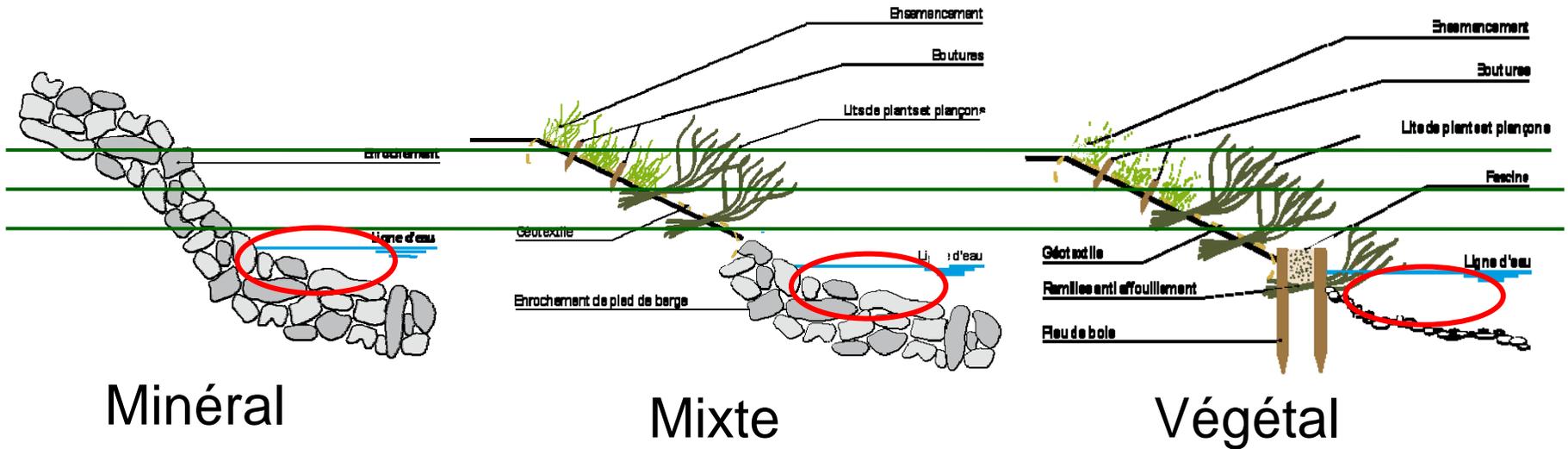
- Végétalisation d'enrochements existants
- Intégration d'espèces patrimoniales dans les ouvrages (*Myricaria germanica*)



SUIVI DE LA BIODIVERSITE

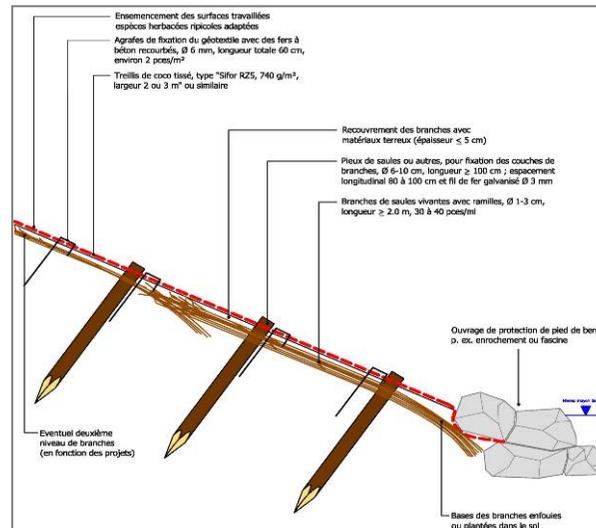


3
2
1



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



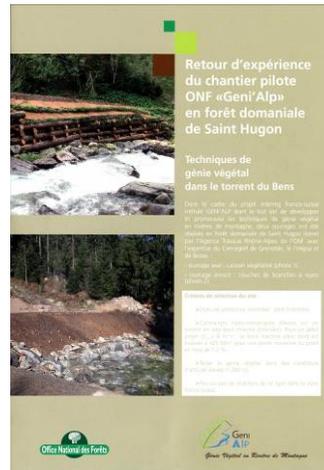
Illustrations

a. Chatons femelles (FM). b. Habitus. c. Face sup. des feuilles. d. Branche avec pruite (VF). e. Feuilles, face inf. et face sup. f. Bourgeon (marque = 2 mm, FM). g. Bourgeons et rameau (VF)



ACTION 3: FORMATION, VULGARISATION, PROMOTION

- Journées de formation adressées aux gestionnaires, techniciens, élus, ...
- Réalisation de plaquette de communication.
- Réalisation de maquettes pédagogiques.



DIVERSITÉ DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

Mats à cailloux sur un couvert de berge

Bois de pin (Pinus sylvestris)	Bois de pin (Pinus sylvestris)
Bois de hêtre (Fagus sylvatica)	Bois de hêtre (Fagus sylvatica)
Bois de chêne (Quercus robur)	Bois de chêne (Quercus robur)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)
Bois de saule (Salix caprea)	Bois de saule (Salix caprea)

ÉLÉMENTS D'ANALYSE

Phasage

Reception du chantier : 17 juillet 2015

Matériau	Quantité (m³)	Volume (m³)	Surface de berge (m²)
Cailloux	10 000	10 000	100
Bois de pin	5 000	5 000	50
Bois de hêtre	5 000	5 000	50
Bois de chêne	5 000	5 000	50
Bois de saule	5 000	5 000	50
Bois de saule	5 000	5 000	50
Bois de saule	5 000	5 000	50
Bois de saule	5 000	5 000	50
Bois de saule	5 000	5 000	50
Bois de saule	5 000	5 000	50

Rates pertinents

- Coût de revient : 100%
- Coût de revient : 100%
- Coût de revient : 100%

⚠ S'assurer de la stabilité des fournitures de matériel végétal (surtout des bois d'importation).
Choix d'outils bien adaptés pour le passage des gros diamètres de bois.
Bien respecter la palette des bûches et branches lors de leur mise en œuvre.

Pour plus de renseignements, voir le chantier :

- Site internet : www.geni-alpi.ch



ACTION 3: FORMATION, VULGARISATION, PROMOTION



Bessans, (Haute –Maurienne) 28 septembre 2010

Bonneville (Arve), 29 septembre 2011 →



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 présentant une forte pente (profil en travers) de berges, talus et versants
- Calibre et volume de la charge de fonds sont importants (transport solide)
- Berges souvent très minérales, du moins en pied de berge





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

Berges hautes et encaissées

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



Photo: P-A. Frossard

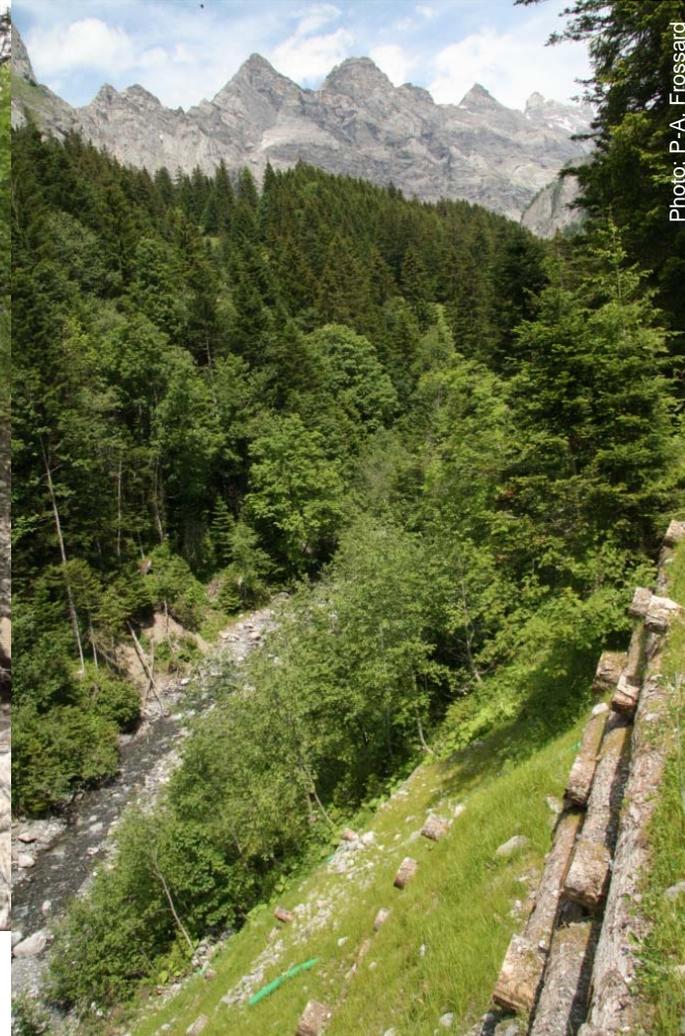


Photo: P-A. Frossard

Transport solide

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

Ecorça Ensevelissement partiel à nu



Photo: P.-A. Frossard

Forces tractrices

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





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



Rivières torrentielles

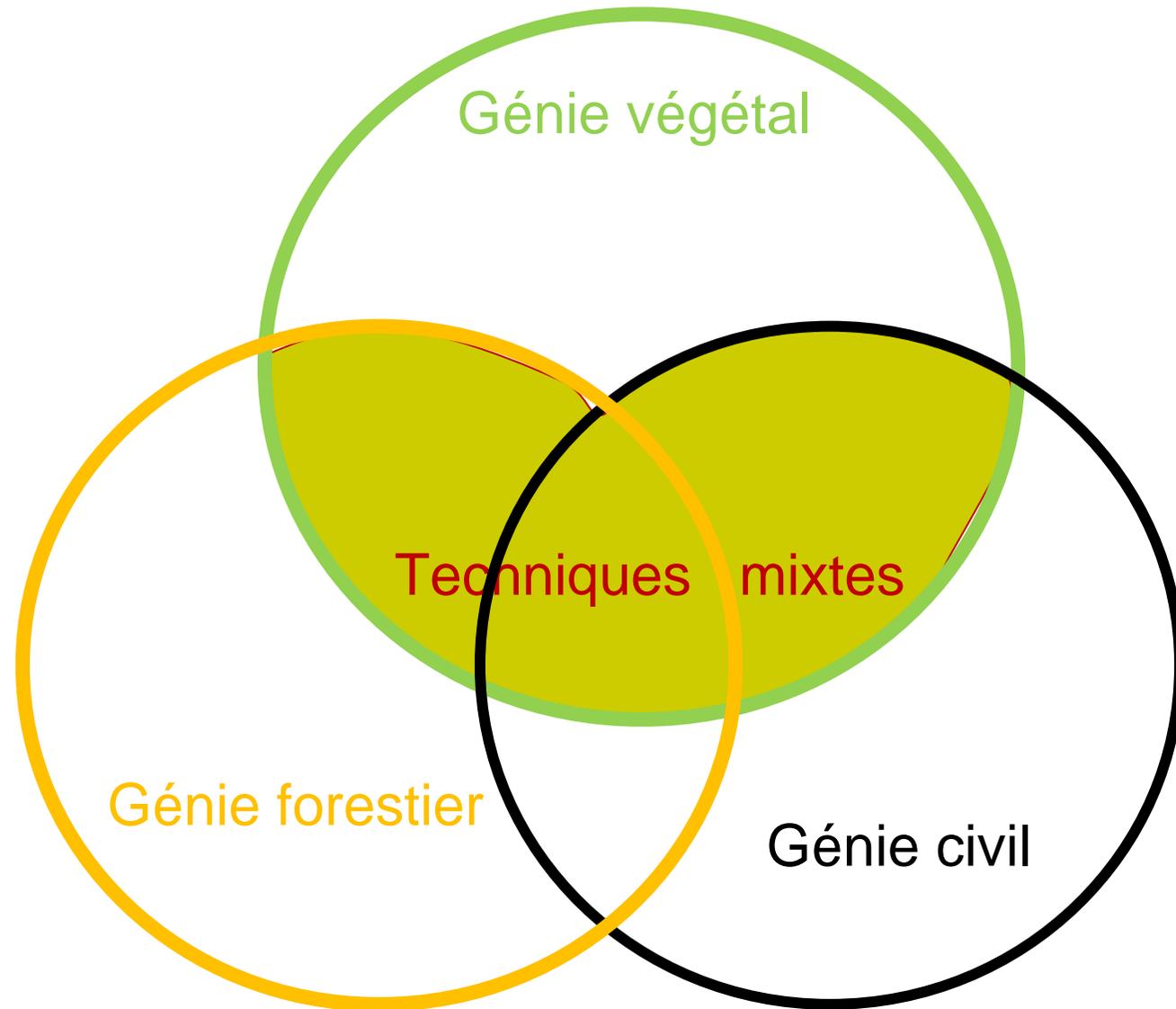
Il existe d'autres définitions assez généralement admises des rivières et des torrents, notamment celle de Bernard en 1925 :

- 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.

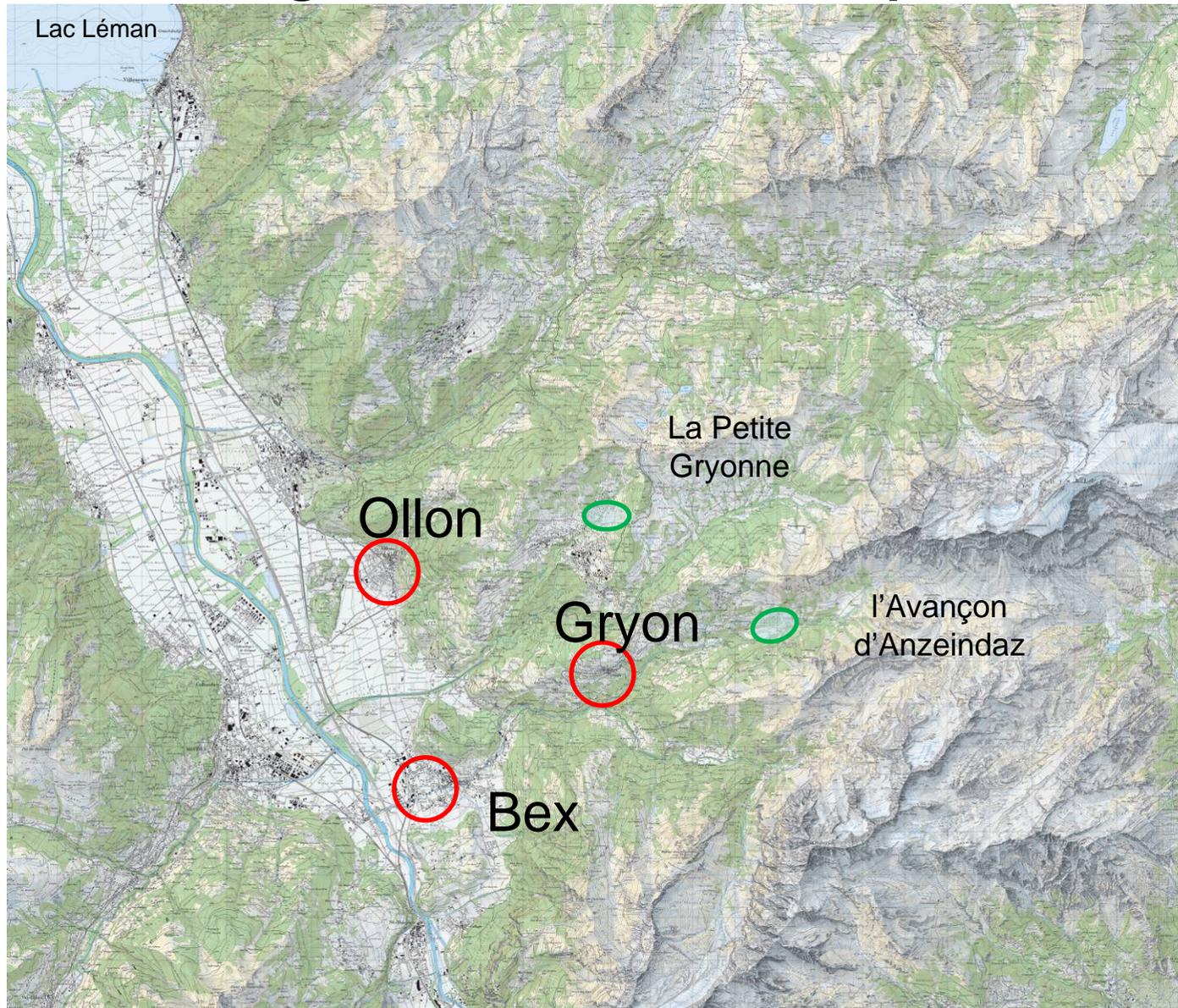


Rivières torrentielles

- 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,...).



Situation générale des chantiers pilotes CH



État d'avancement de l'action :

⇒ Chantier CHK1

L'Avançon d'Anzeindaz à Cergnement

Terminé – Travaux réalisés en (octobre-) novembre 2011



⇒ Chantier CHK 2

L'Avançon d'Anzeindaz à La Benjamine

Développement en cours – Travaux automne 2012



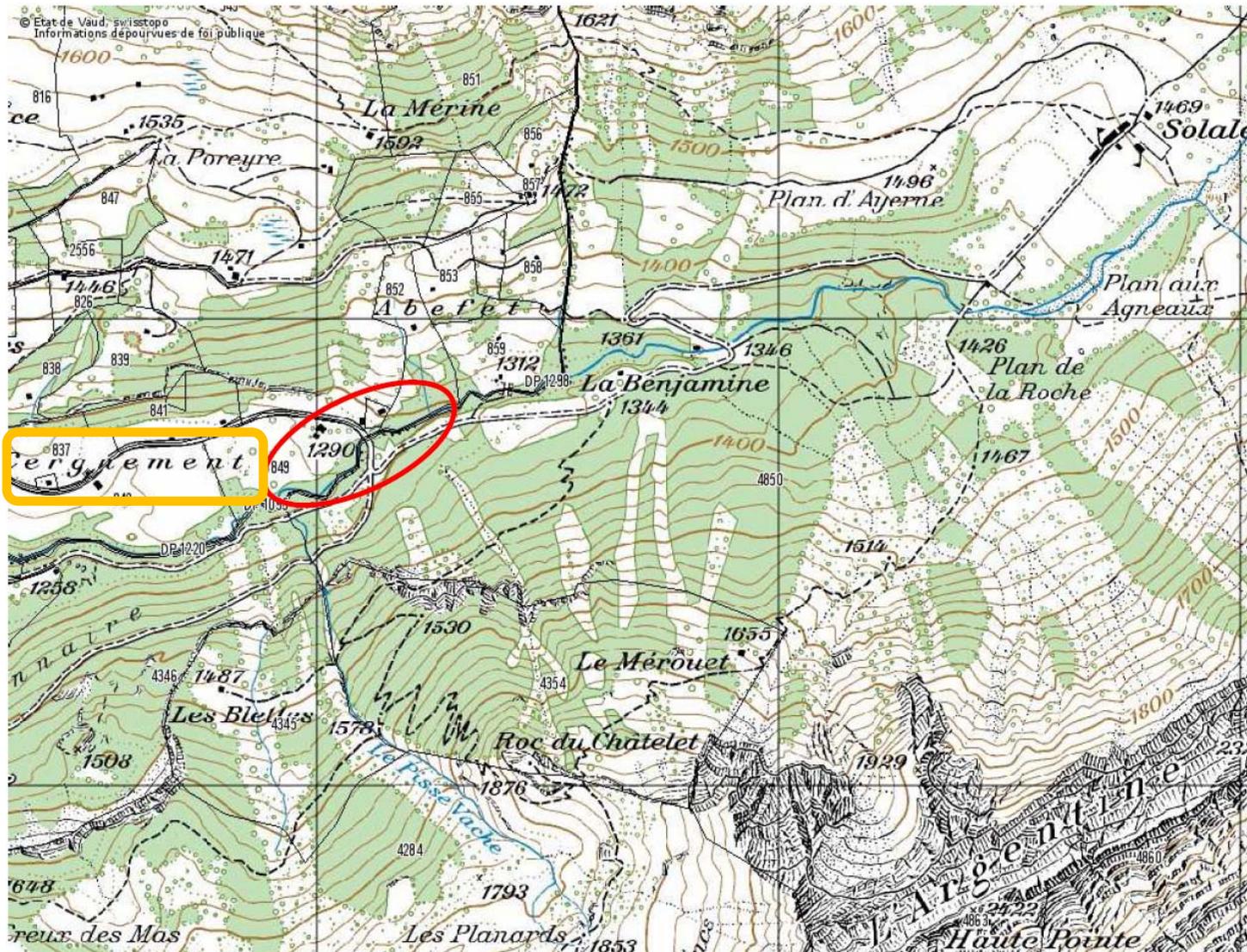
⇒ Chantier CHL

La Petite Gryonne à la Cousse

Terminé – Travaux réalisés en (avril-) mai 2012



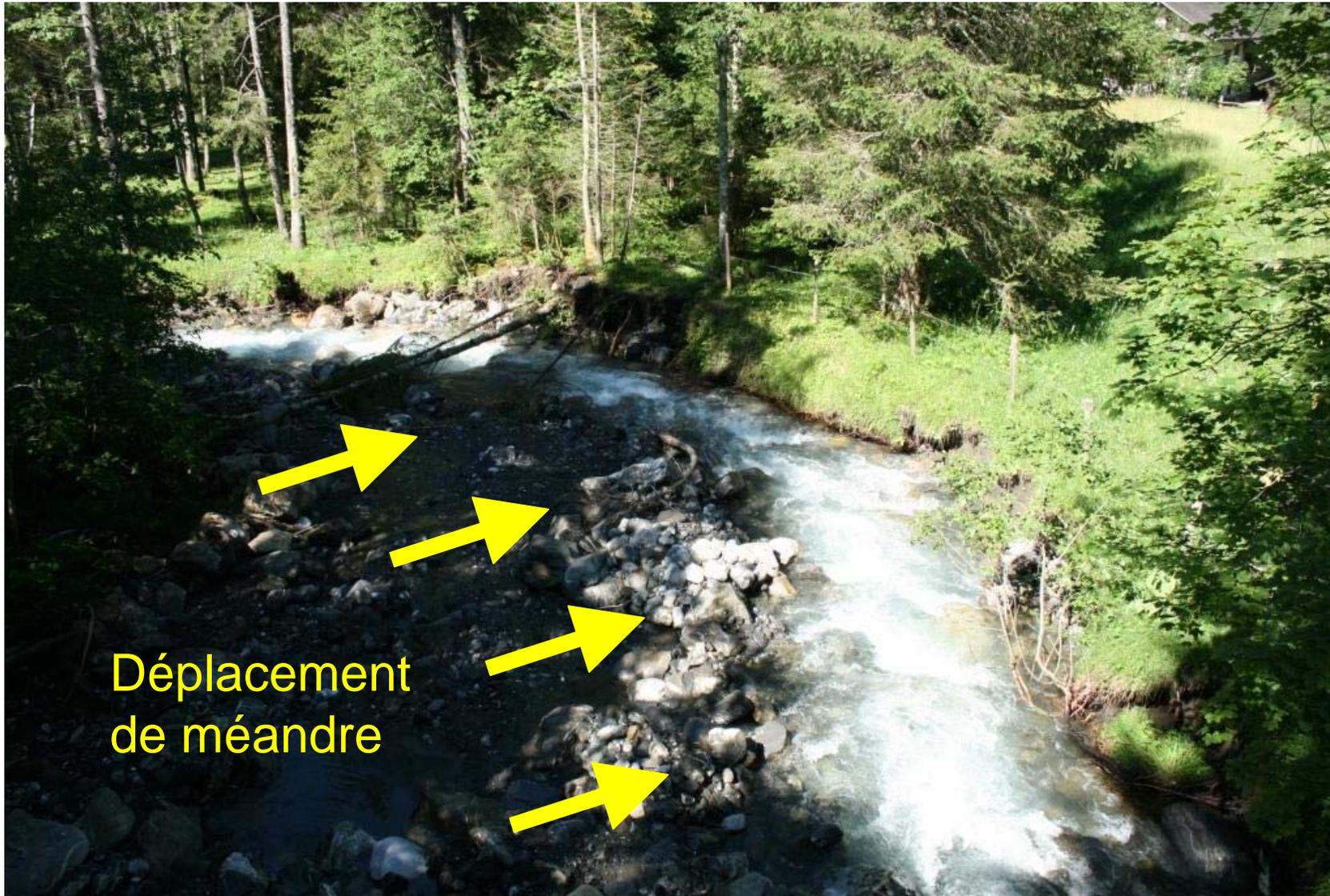
Avançon d'Anzeindaz (Bex & Gryon)



Avançon d'Anzeindaz : état initial



Avançon d'Anzeindaz : état initial



Avançon d'Anzeindaz : état initial



Incision



Erosion en extrados

Conditions hydrauliques



Coupe B-B Le CERGNEMENT
Dimensionnement des enrochements en pied de berge

Selon Stevens

$$q = \frac{Q}{A_{tr}} = \frac{Q}{B \cdot h_w} \quad \text{avec} \quad q = \frac{Q}{A_{tr}} \quad \text{et} \quad s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

Données :

- $q = 7.07 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$: débit unitaire, $q = Q/(A_{tr} h_w)$, du cours d'eau
- $g = 9.81 \text{ [m/s}^2]$: gravité
- $\rho_s = 2560 \text{ [kg/m}^3]$: masse volumique des blocs
- $\rho_w = 1000 \text{ [kg/m}^3]$: masse volumique de l'eau
- $\tan \alpha = 0.138 \text{ [m/m]} = 1/p$: angle du talus ($\tan \alpha = 1/p$) $\alpha = 7.8^\circ$
- $\cos \alpha = 0.991 \text{ [m/m]}$: -
- $\tan \phi = 1.732 \text{ [m/m]}$: angle d'équilibre des enrochements (entre 50° et 60°)

Calcul du diamètre des blocs (berges) :

- $\phi = 0.042$ avec n : Coefficient de cisaillement adimensionnel, au pied des enrochements
- $\phi_{cr} = 0.069$: Coefficient de cisaillement adimensionnel critique (entre 0.05 et 0.10)
- $\eta = 0.842$ avec 0.70 : coefficient adimensionnel, selon DE STEVENS (entre 0.77 et 1.017)
- $k = 11.361 = (D_{50})^2$
- $Sm = 12.6$: $Sm = (tan \phi / tan \alpha)$
- $Fs = 1.10 \text{ [m]}$: Facteur de sécurité, selon DE STEVENS (entre 1.1 et 1.3)
- $D_B = 0.95 \text{ [m]}$ ($M = 1741 \text{ kg}$) : Diamètre des bilocs (à trouver avec itération) ($V = 48 \text{ litres}$)

Calcul de l'attoulement au pied des enrochements (berges) :

- $h_w = 1.09 \text{ [m]}$
- $B = 1.00 \text{ [m]}$
- $m = 7.27 \text{ [m} \cdot \text{V}^2]$
- $d_{50} = 0.600 \text{ [m]} \quad (8.8 \text{ kg})$
- $S = 1.09 \text{ [m]} \quad S' = 1.09 \text{ [m]}$ si fait l'équer (pour obtenir $S = S'$)
- $S_{er} = 0.00 \text{ [m]} = S - h_w$: Attoulement du substrat du lit en pied de berge

Le cours d'eau

Coupe-type

- $h_w = 1.09 \text{ [m]}$
- $B = 1.00 \text{ [m]}$
- $m = 7.27 \text{ [m} \cdot \text{V}^2]$
- $A_{tr} = 8.77 \text{ [m}^2]$
- $P_w = 18.27 \text{ [m]}$
- $h_{tr} = 0.64 \text{ [m]}$
- $h_{tr} = 0.64 \text{ [m]}$
- $J = 0.070 \text{ [m/m]}$
- $Q = 57.0 \text{ [m}^3/\text{s}]$
- $v = 6.5 \text{ [m/s]}$
- $Fr = 2.81 \quad (Fr > 1.5)$
- $Z = 888.88 \text{ [m] (alt)}$ alt. avec R_L
- $alt. T = 910 \text{ [m] (alt)}$
- $d_{50} = 0.60 \text{ [m]}$
- $d_{90} = 1.30 \text{ [m]}$

Pour profil trapézoïdal

$$S = h_w + \frac{B - 2m(S - h_w)}{6 \left[\frac{B - 2m(S - h_w)}{d_{50}} \right]^{0.15}}$$

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

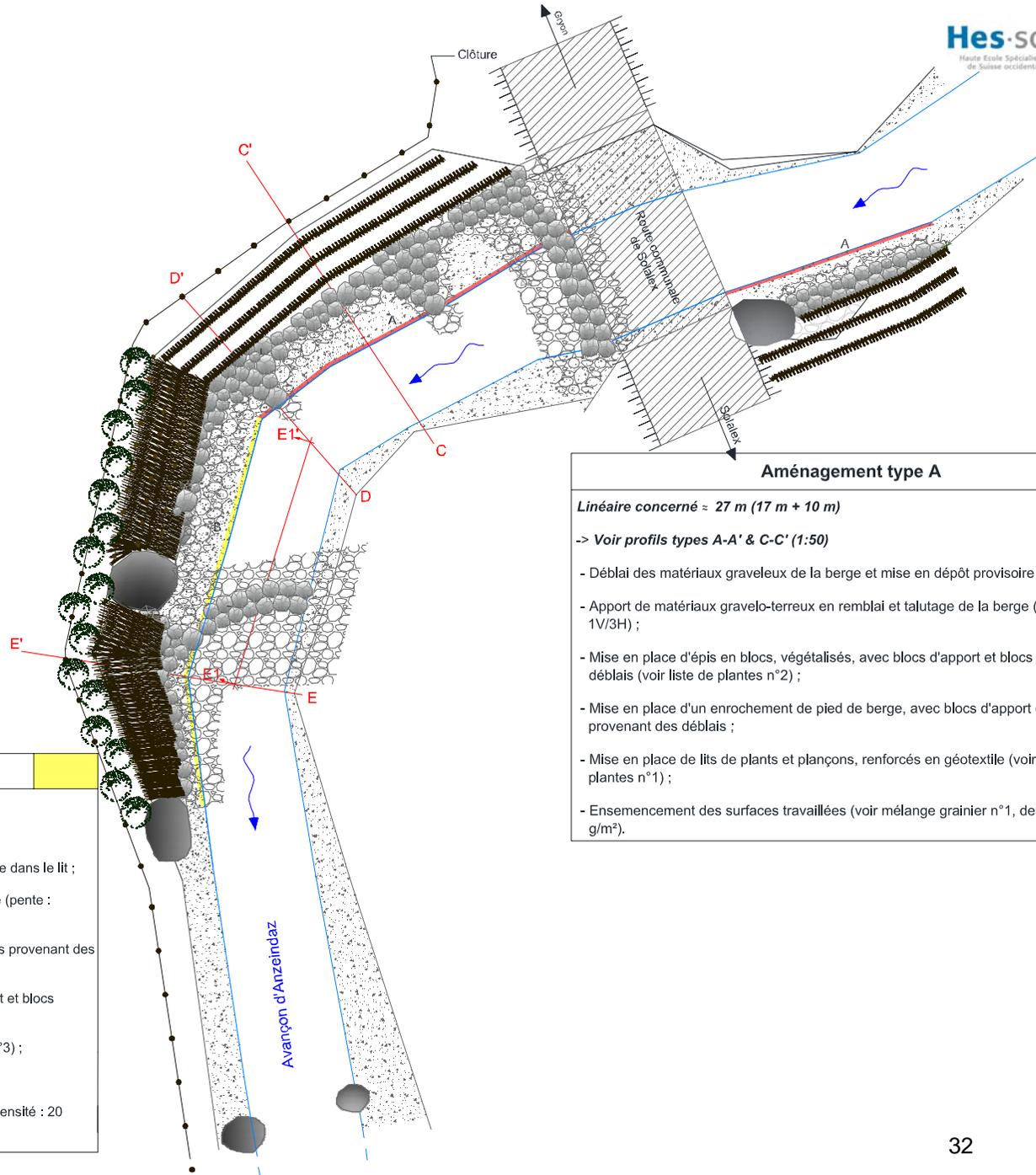
Hauteur : 100 cm (88 - 109)

Pente : 5 - 10 %

Force tractrice : 56 kg/m²

Avançon d'Anzeindaz : modèles naturels





Aménagement type A

Linéaire concerné ≈ 27 m (17 m + 10 m)

-> Voir profils types A-A' & C-C' (1:50)

- Déblai des matériaux graveleux de la berge et mise en dépôt provisoire dans le lit ;
- Apport de matériaux graveleux-terreux en remblai et talutage de la berge (pente : 1V/3H) ;
- Mise en place d'épis en blocs, végétalisés, avec blocs d'apport et blocs provenant des déblais (voir liste de plantes n°2) ;
- Mise en place d'un enrochement de pied de berge, avec blocs d'apport et blocs provenant des déblais ;
- Mise en place de lits de plants et plançons, renforcés en géotextile (voir liste de plantes n°1) ;
- Ensemencement des surfaces travaillées (voir mélange grainier n°1, densité : 20 g/m²).

Aménagement type B

Linéaire concerné ≈ 19 m

-> Voir profil type E-E' (1:50)

- Déblai des matériaux graveleux de la berge et mise en dépôt provisoire dans le lit ;
- Apport de matériaux graveleux-terreux en remblai et talutage de la berge (pente : 1V/3H) ;
- Mise en place d'épis en blocs, végétalisés, avec blocs d'apport et blocs provenant des déblais (voir liste de plantes n°2) ;
- Mise en place d'un enrochement de pied de berge, avec blocs d'apport et blocs provenant des déblais ;
- Mise en place de couches de branches à rejets (voir liste de plantes n°3) ;
- Plantation en sommet de berge (voir liste de plantes n°4) ;
- Ensemencement des surfaces travaillées (voir mélange grainier n°1, densité : 20 g/m²).

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

C
RG

Déblai dans le lit mineur des matériaux alluvionnaires mis en remblai provisoirement ;
Mise en place de matériaux gravelo-terreux

Ensemencement des surfaces travaillées, mélange grainier n°1, 20 g/m²

Agraphe de fixation avec des fers à béton recourbés, Ø 6 mm, longueur totale 60 cm

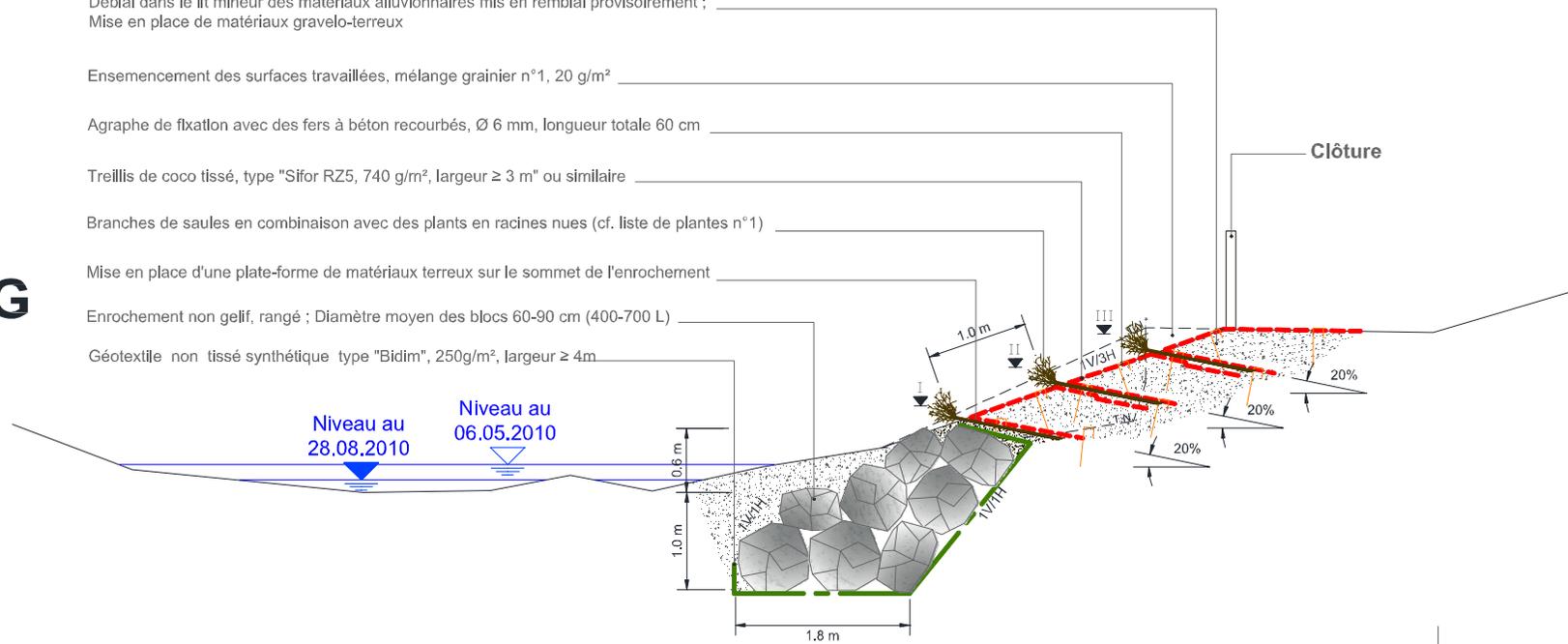
Trellis de coco tissé, type "Sifor RZ5, 740 g/m², largeur ≥ 3 m" ou similaire

Branches de saules en combinaison avec des plants en racines nues (cf. liste de plantes n°1)

Mise en place d'une plate-forme de matériaux terreux sur le sommet de l'enrochement

Enrochement non gelif, rangé ; Diamètre moyen des blocs 60-90 cm (400-700 L)

Géotextile non tissé synthétique type "Bidim", 250g/m², largeur ≥ 4m



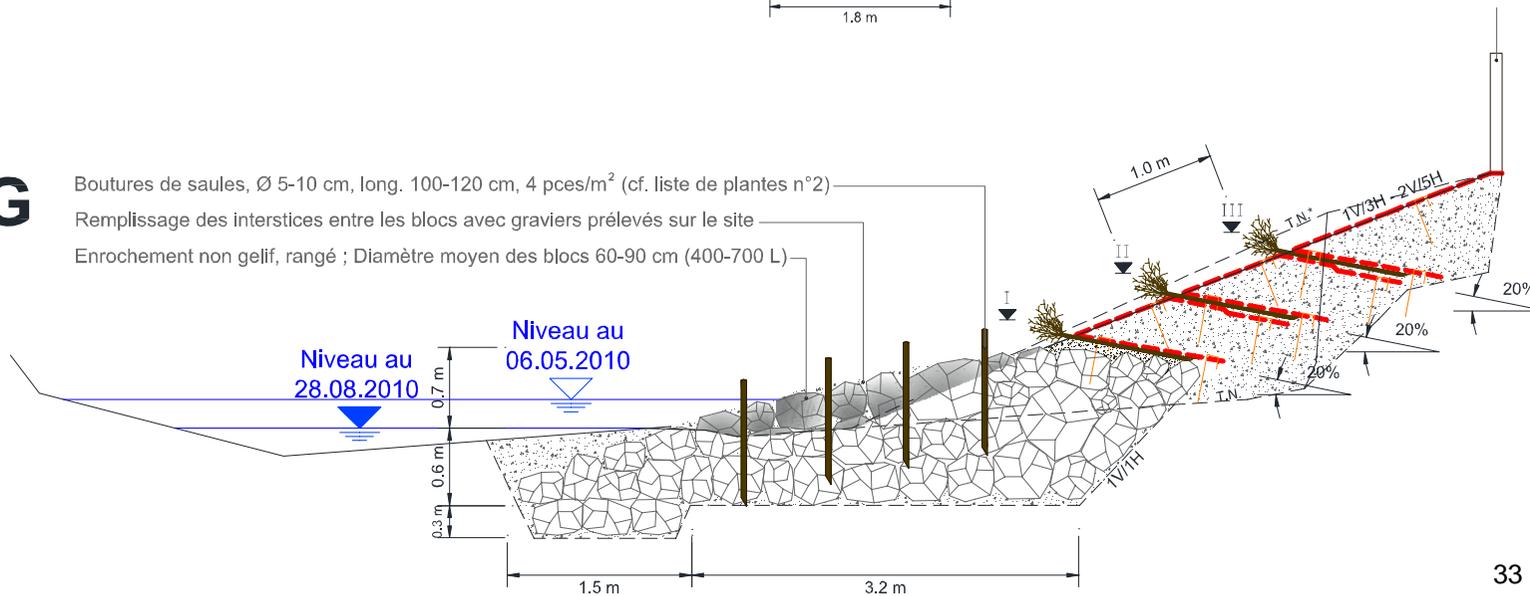
C'
RD

D
RG

Boutures de saules, Ø 5-10 cm, long. 100-120 cm, 4 pces/m² (cf. liste de plantes n°2)

Remplissage des interstices entre les blocs avec graviers prélevés sur le site

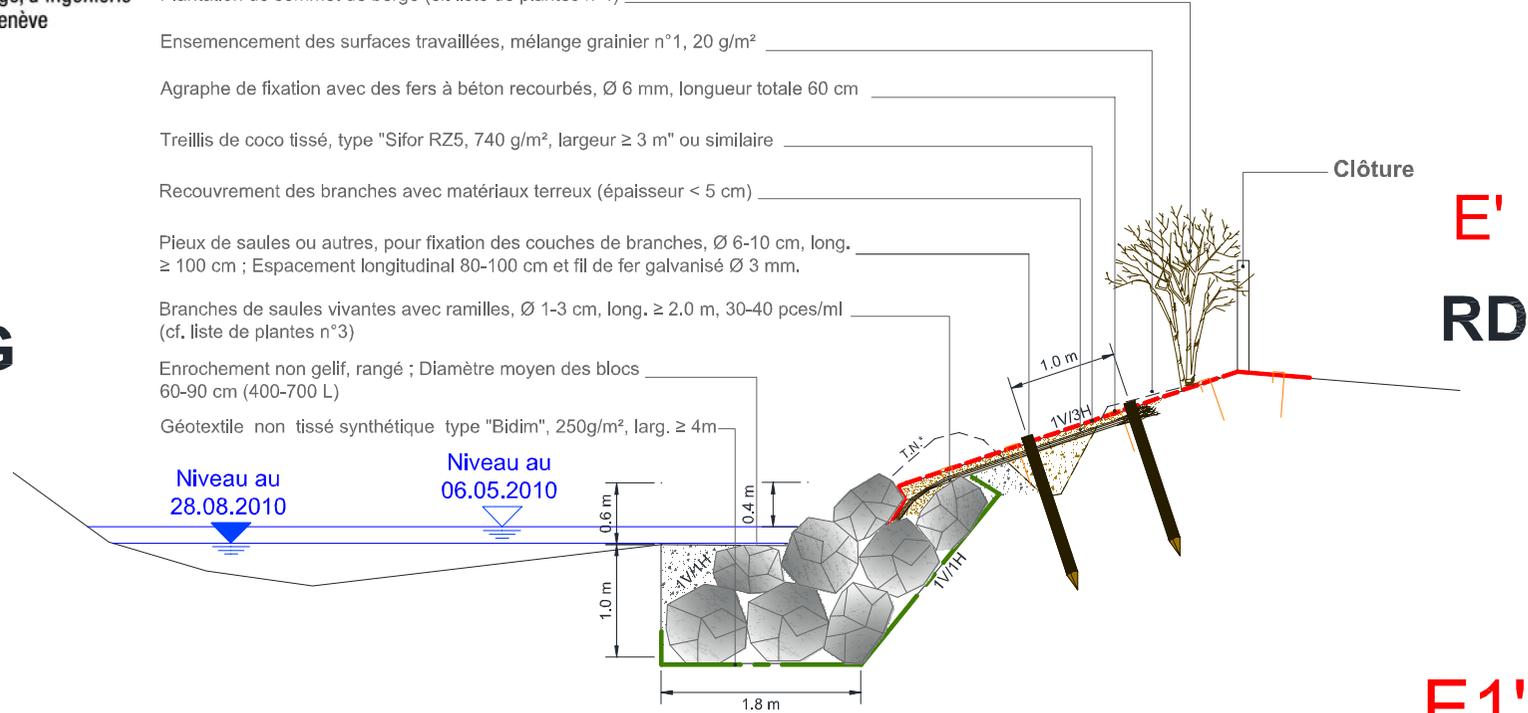
Enrochement non gelif, rangé ; Diamètre moyen des blocs 60-90 cm (400-700 L)



D'
RD

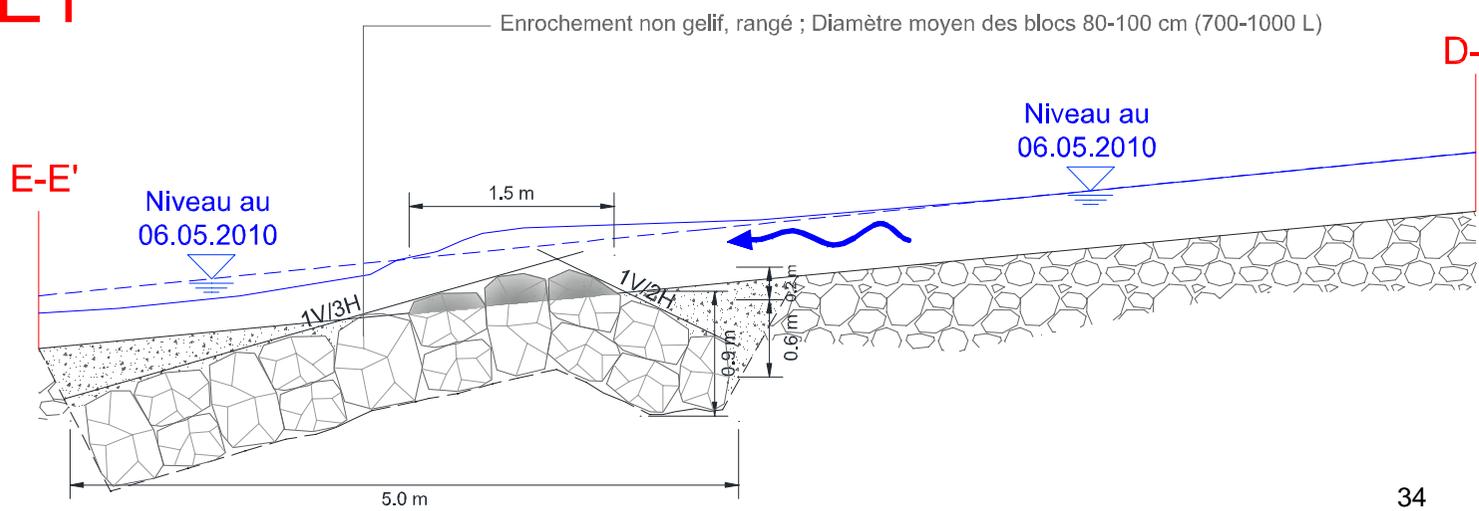
E
RG

- Plantation de sommet de berge (cf. liste de plantes n°4)
- Ensemencement des surfaces travaillées, mélange grainier n°1, 20 g/m²
- Agraphe de fixation avec des fers à béton recourbés, Ø 6 mm, longueur totale 60 cm
- Treillis de coco tissé, type "Sifor RZ5, 740 g/m², largeur ≥ 3 m" ou similaire
- Recouvrement des branches avec matériaux terreux (épaisseur < 5 cm)
- Pieux de saules ou autres, pour fixation des couches de branches, Ø 6-10 cm, long. ≥ 100 cm ; Espacement longitudinal 80-100 cm et fil de fer galvanisé Ø 3 mm.
- Branches de saules vivantes avec ramilles, Ø 1-3 cm, long. ≥ 2.0 m, 30-40 pces/ml (cf. liste de plantes n°3)
- Enrochement non gelif, rangé ; Diamètre moyen des blocs 60-90 cm (400-700 L)
- Géotextile non tissé synthétique type "Bidim", 250g/m², larg. ≥ 4m



E'
RD

E1



E1'
D-D'



h e p i a

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

Avançon d'Anzeindaz lits de plants et plançons Détails de mise en oeuvre



Avançon d'Anzeindaz

Lits de plants et plançons

Détails de mise en oeuvre





Avançon d'Anzeindaz: lits de plants et plançons



Avançon d'Anzeindaz: lits de plants et plançons



Intégration d'un géotextile



Façonnage et compactage des
matériaux gravelo-terreux en
remblai

Avançon d'Anzeindaz: lits de plants et plançons

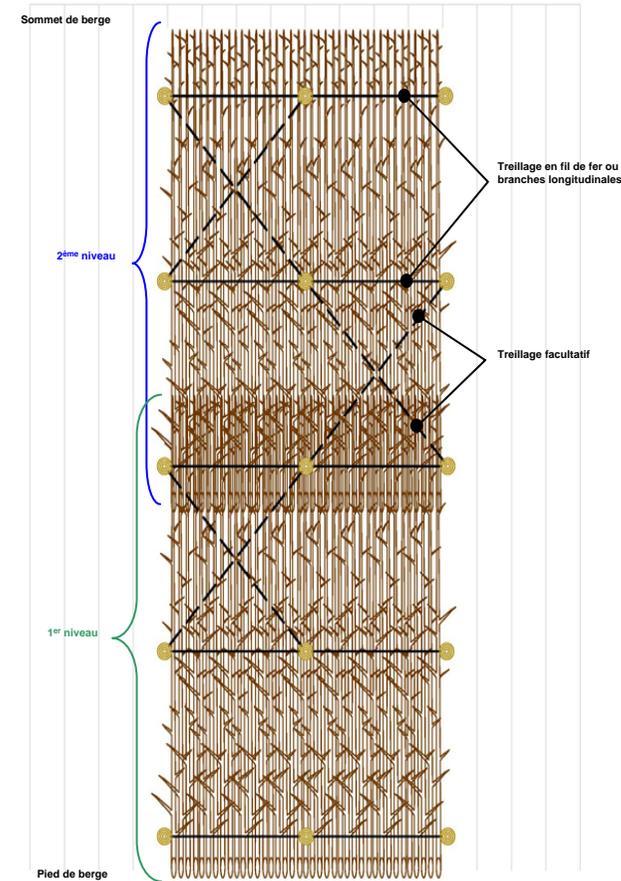
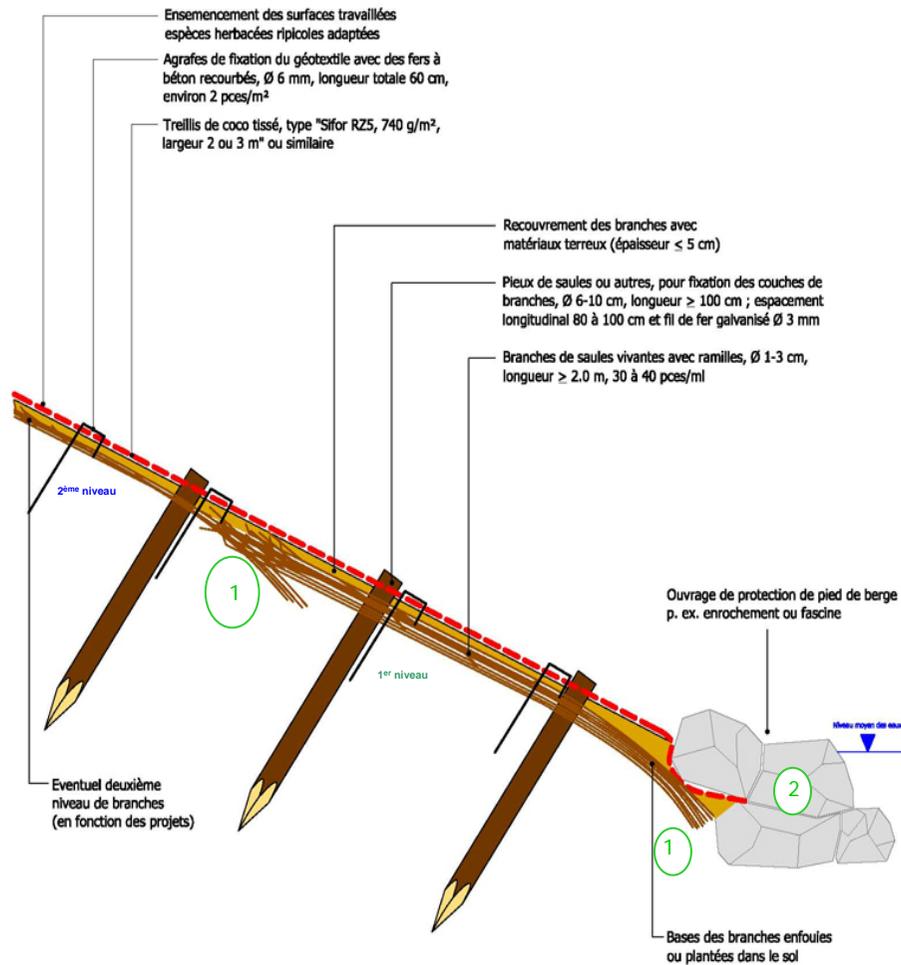




h e p i a

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

Couches de branches à rejets





h e p i a

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

Couches de branches à rejets Détails de mise en œuvre



Photo : A. Matringe / ONIF

Couches de branches à rejets Détails de mise en œuvre



Couches de branches à rejets



Avançon d'Anzeindaz : exemple de modèle



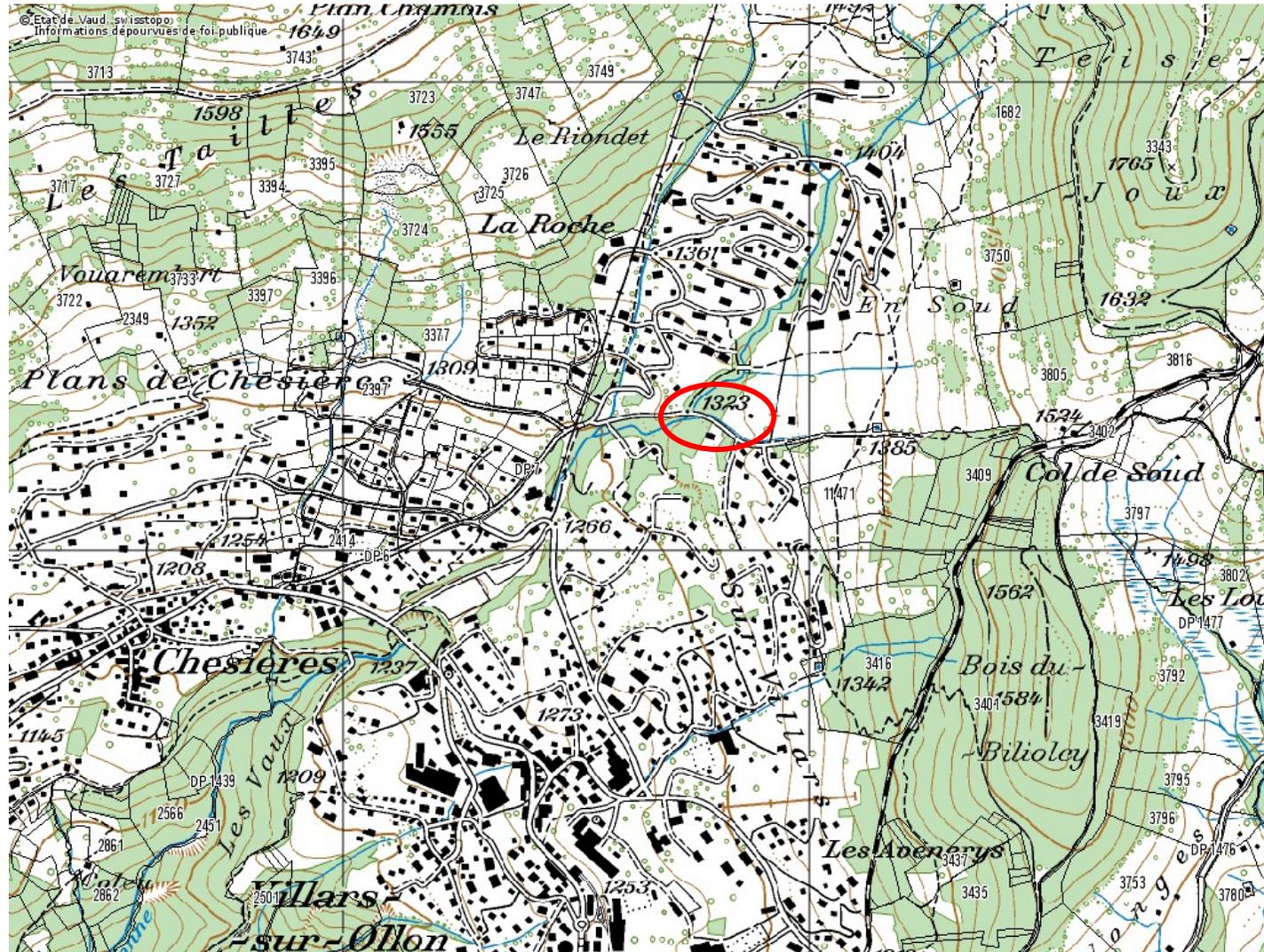
Chantier de L'Avançon d'Anzeindaz à Cergnement

- Coût 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



Coupe C-C La COUSSE
Dimensionnement des enrochements en pied de berge

Selon Stevens

$$n = \frac{Q}{Q_0} = \frac{Q \sqrt{A_n h_w}}{Q_0 \sqrt{A_0 h_w}} \text{ avec } q = \frac{Q}{A_n h_w}$$

et $s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$

Données :

- $q = 3.88 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$: débit unitaire, $q = Q/(A_n h_w)$, du cours d'eau
- $g = 9.81 \text{ [m/s}^2]$: pesanteur
- $\rho_s = 2660 \text{ [kg/m}^3]$: masse volumique des blocs
- $\rho_w = 1000 \text{ [kg/m}^3]$: masse volumique de l'eau
- $\tan \alpha = 0.775 \text{ [m/m]} = 1/\rho$: angle du bloc ($\tan \alpha = 1/\rho$) $\alpha = 37.8^\circ$
- $\cos \alpha = 0.790 \text{ [m/m]}$: -
- $\tan \theta = 1.732 \text{ [m/m]}$: angle d'équilibre des enrochements (entre 50° et 60°)

Calcul du diamètre des blocs (foron) :

- $\theta = 0.033$ avec h : Contrainte de cisaillement adimensionnelle, au pied des enrochements
- $\theta_{cr} = 0.040$: Contrainte de cisaillement adimensionnelle critique (entre 0.05 et 0.10)
- $\eta = 0.540$ avec 0.770 : coefficient adimensionnel, selon DE STEVENS (entre 0.77 et 1.017)
- $k = 1.537 = \eta(D_B)$
- $S_m = 2.2$: $S_m = (\tan \theta / \tan \alpha)$
- $F_s = 1.10 \text{ [m]}$: Facteur de sécurité, selon DE STEVENS (entre 1.1 et 1.3)
- $D_B = 1.20 \text{ [m]}$: Diamètre des blocs (à trouver avec itération)
($M = 220 \text{ kg}$)
($V = 90 \text{ litres}$)

Calcul de l'affleurement au pied des enrochements (foron) :

- $h_u = 0.65 \text{ [m]}$
- $B = 3.60 \text{ [m]}$
- $m = 1.29 \text{ (pe/V)}$
- $d_{50} = 0.020 \text{ [m]} \quad (0.2 \text{ kg})$
- $S = 0.91 \text{ [m]}$ $\sigma = 0.52 \text{ [m]}$ Il faut héner (!) pour obtenir $S = \sigma$
- $S_{aff} = 0.26 \text{ [m]} = S - h_u$: Affleurement du substrat du lit en pied de berge

Le cours d'eau

Coupe-type

$h_u = 0.65 \text{ [m]}$	$V_{3.60 \times 0.65} = 0.82 \text{ m}^3/\text{s}$
$B = 3.60 \text{ [m]}$	$V_{1.29 \times 3.60} = 1.65 \text{ m}^3/\text{s}$
$m = 1.29 \text{ (pe/V)}$	
$d_{50} = 0.020 \text{ [m]}$	
$S = 0.91 \text{ [m]}$	
$S_{aff} = 0.26 \text{ [m]}$	

Calcul de la force tractrice :

$$F = \rho_w g S_{aff} B m$$

avec $F = 584 \text{ N/m}^2$ (à multiplier par B_m)

avec $F = 584 \text{ N/m}^2$

Force tractrice : 58 kg/m²

Q₁₀₀ : 17 m³/s

Hauteur : 60 cm (55 – 65)

Pente : 12 %

Force tractrice : 58 kg/m²

Pour profil trapézoïdal

$$S = h_u + \frac{B - 2m(S - h_u)}{6 \left[\frac{B - 2m(S - h_u)}{d_{50}} \right]^{0.15}}$$

La Petite Gryonne (Ollon) : situation initiale



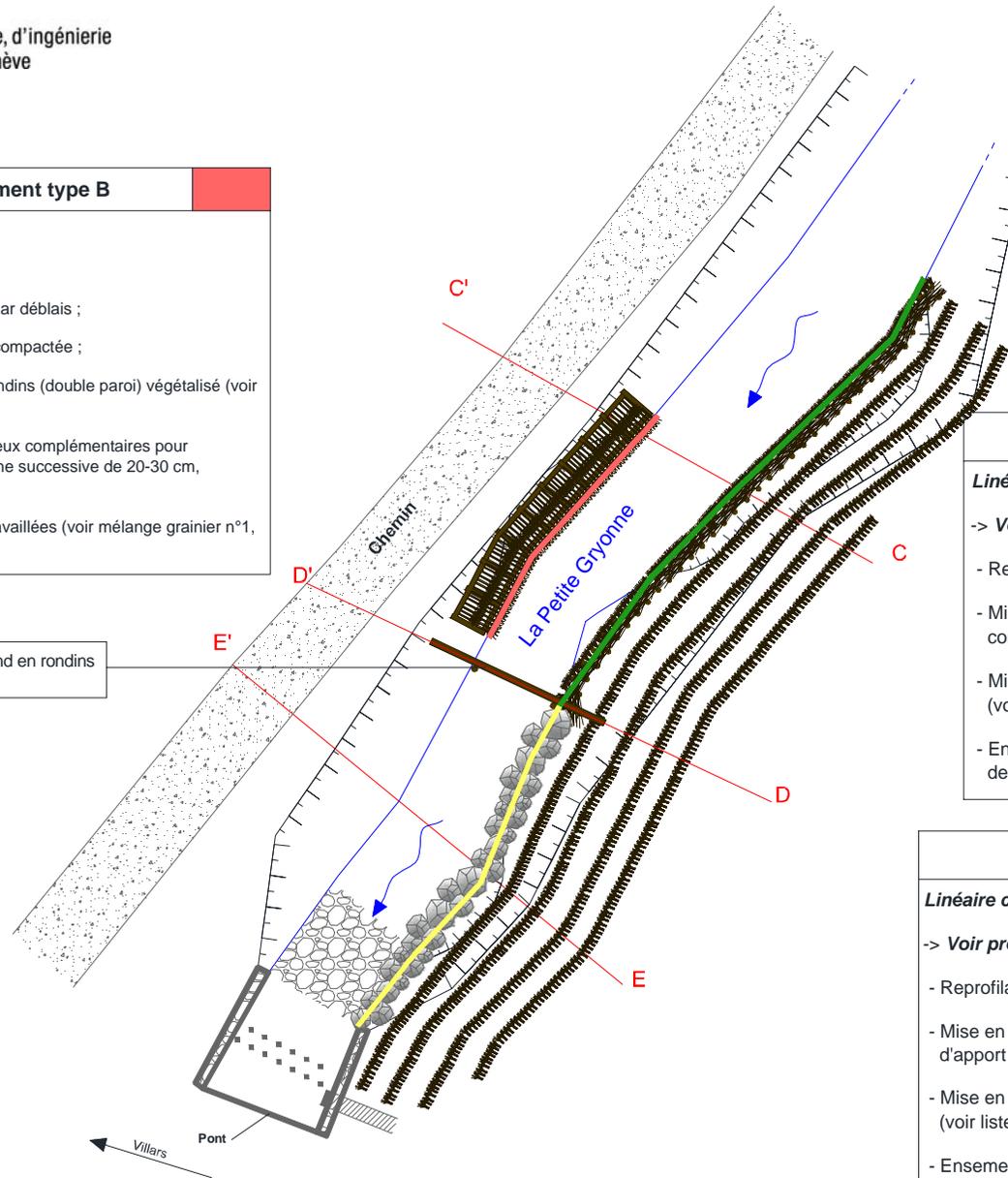
La Petite Gryonne (Ollon) : situation initiale

Chemin en rive droite



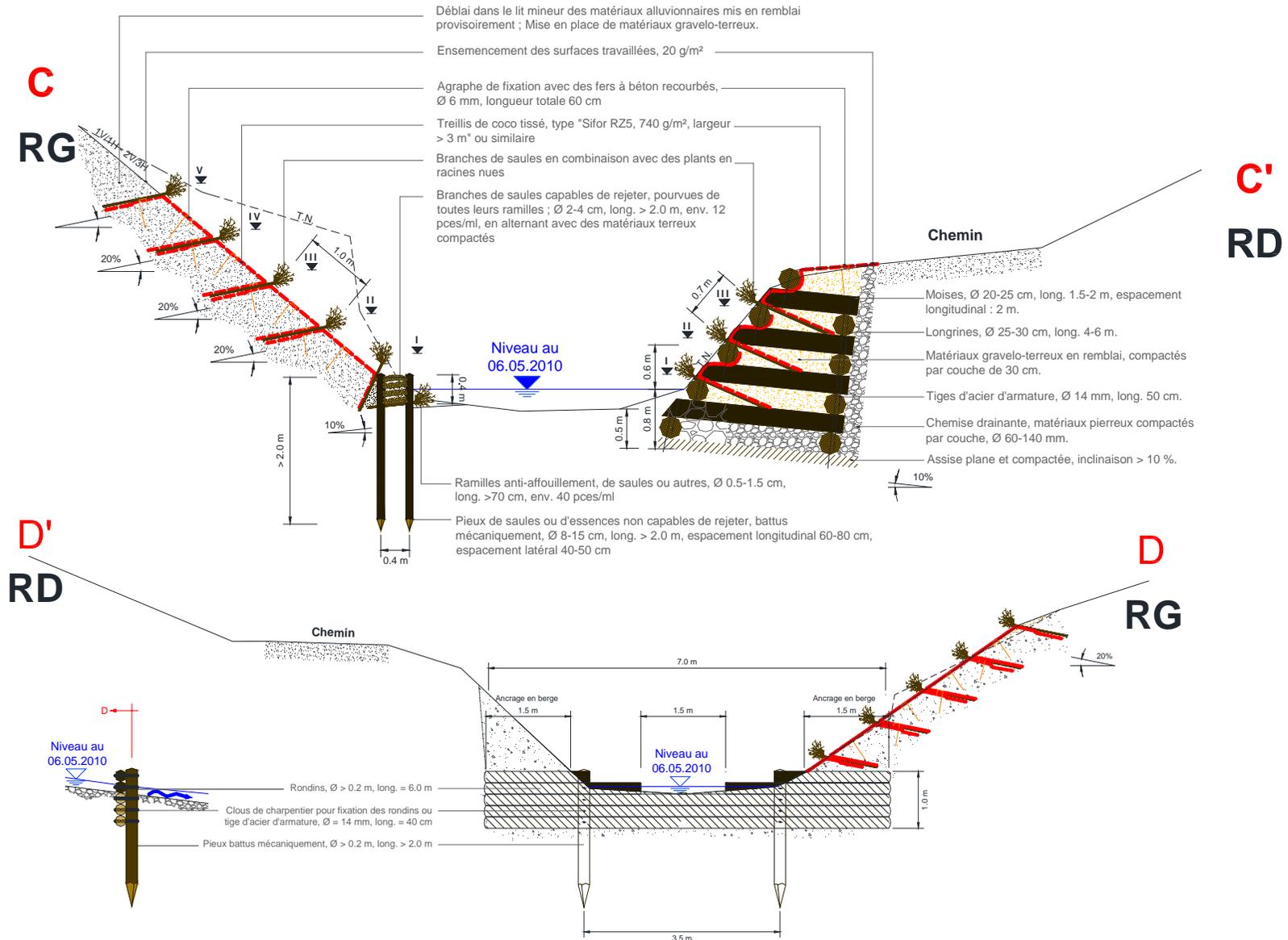
Aménagement type B
<p>Linéaire concerné ~ 10 m</p> <p>-> Voir profil type C-C' (1:50)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage de la niche d'érosion par déblais ; - Façonnage d'une assise stable, compactée ; - Mise en place d'un caisson en rondins (double paroi) végétalisé (voir liste de plantes n°3) ; - Apport de matériaux gravo-terreux complémentaires pour remplissage du caisson par couche successive de 20-30 cm, compactées ; - Ensemencement des surfaces travaillées (voir mélange grainier n°1, densité : 20 g/m²).

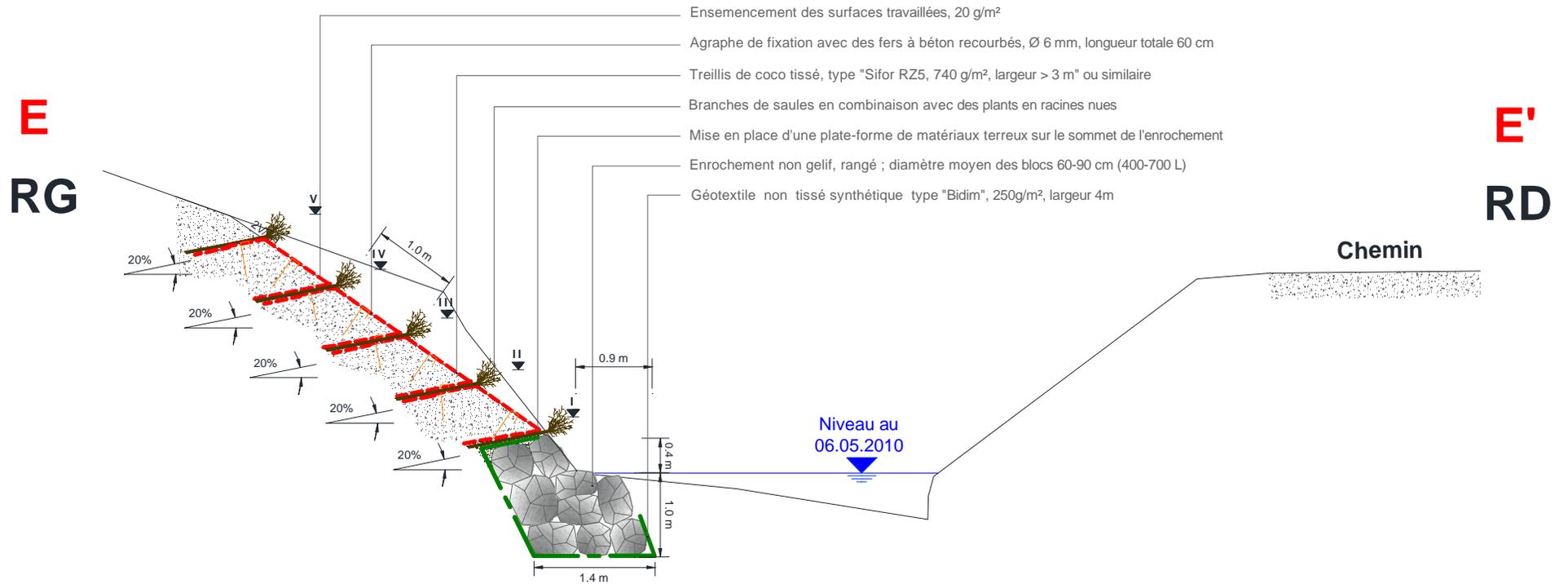
Réalisation d'un seuil de fond en rondins (cf. coupe D-D')



Aménagement type A
<p>Linéaire concerné ~ 18 m</p> <p>-> Voir profils types B-B' et C-C' (1:50)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reprofilage des berges en déblais/remblais ; - Mise en place d'une fascine de saules à double rangée de pieux comme protection de pied de berge (voir liste de plantes n°1) ; - Mise en place de lits de plants et plançons, renforcés en géotextile (voir liste de plantes n°2) ; - Ensemencement des surfaces travaillées (voir mélange grainier n°1, densité : 20 g/m²).

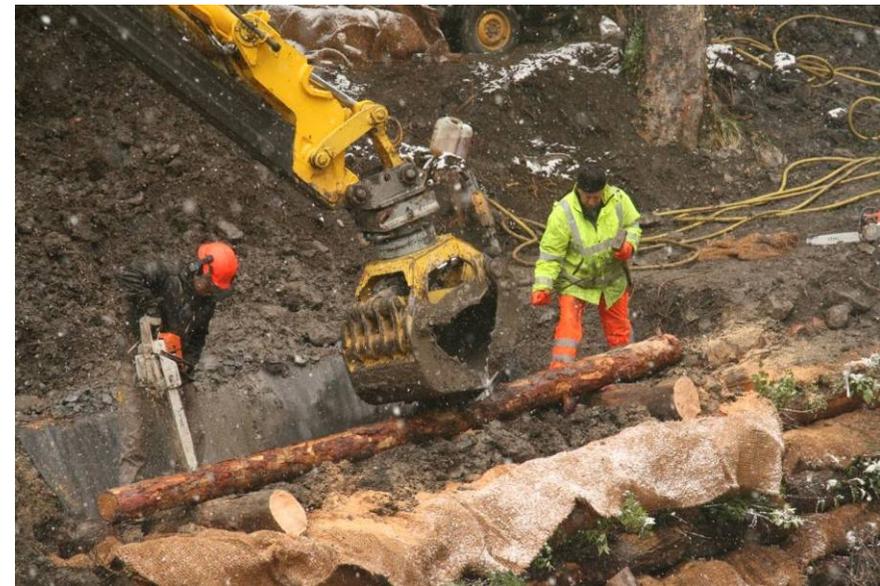
Aménagement type C
<p>Linéaire concerné ~ 13 m</p> <p>-> Voir profil type E-E' (1:50)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reprofilage des berges en déblais/remblais ; - Mise en place d'un enrochement de pied de berge, avec blocs d'apport ; - Mise en place de lits de plants et plançons, renforcés en géotextile (voir liste de plantes n°2) ; - Ensemencement des surfaces travaillées (voir mélange grainier n°1, densité : 20 g/m²).





Caissons en rondins végétalisés

Détails de mise en oeuvre



Caissons en rondins végétalisés Détails de mise en oeuvre



Remplissage au fur et à mesure du montage

Compactage par couche



Intégration d'un géotextile

Densité végétale élevée

Caissons en rondins végétalisés Détails de mise en œuvre



Eviter un remplissage après montage
de la structure bois



Risque d'évidement par les crues

Caissons en rondins végétalisés Détails de mise en œuvre

Risque d'évidement par les crues



Fascine de saules

Détails de mise en oeuvre



Fascine de saules

Détails de mise en oeuvre



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



Fascine de saules Détails de mise en oeuvre



Pose de ramilles
anti-affouillement



Début du piégeage des
sédiments



Formation d'une risberme protectrice

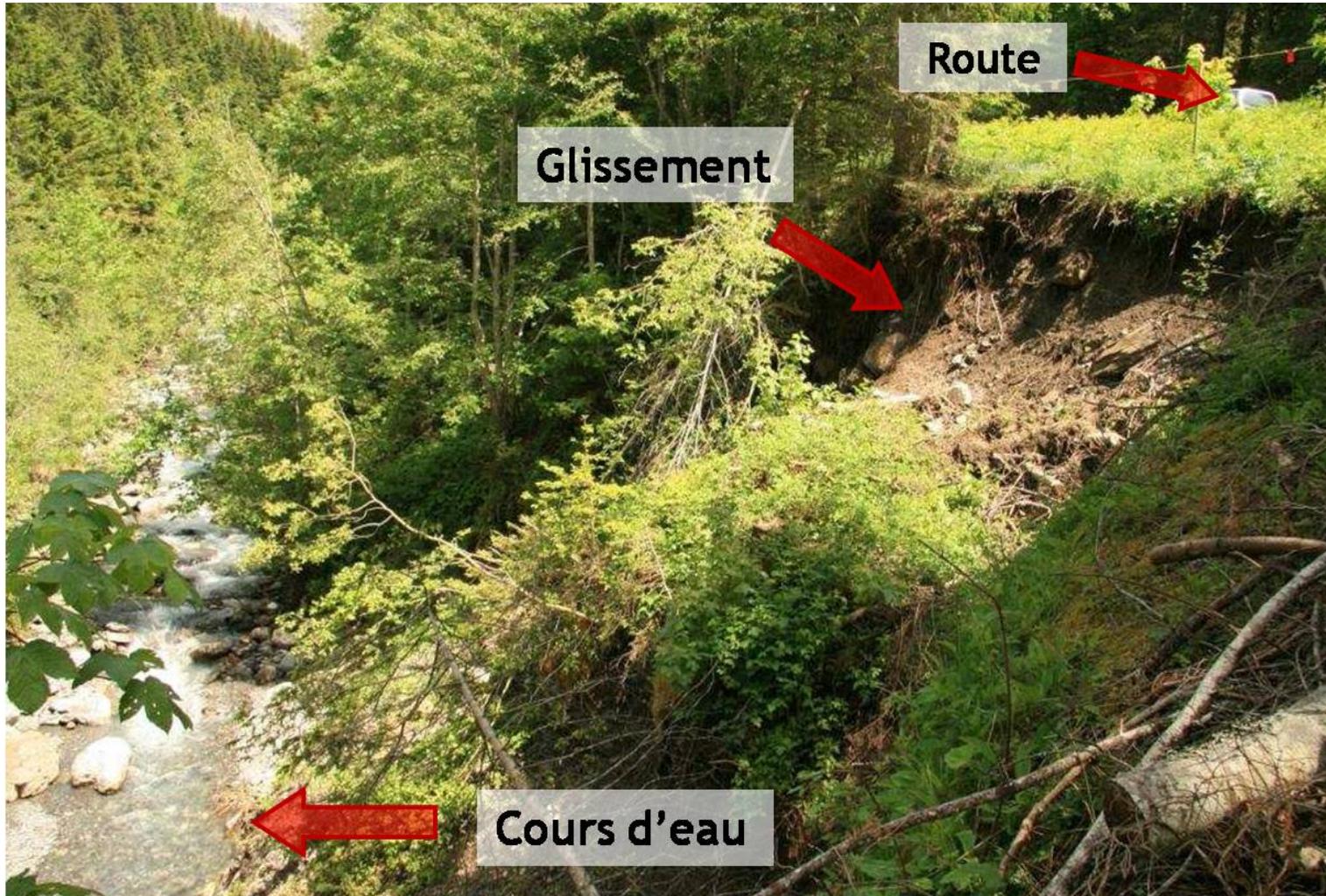
Chantier de la Petite Gryonne à La Cousse

- Coût des travaux: CHF 81'328 .- (TTC)
 - ✓ Travaux préparatoires (HT): 6'200.-
 - ✓ Terrassements (HT): 5'300.-
 - ✓ Ensemencements (HT): 1'800.-
 - ✓ Stabilisation végétale (HT): 54'457.-
 - ✓ Aménagement du lit (HT): 2'320.-
 - ✓ Enrochements (HT): 8'550.-

- Début des travaux: 3 mai 2012

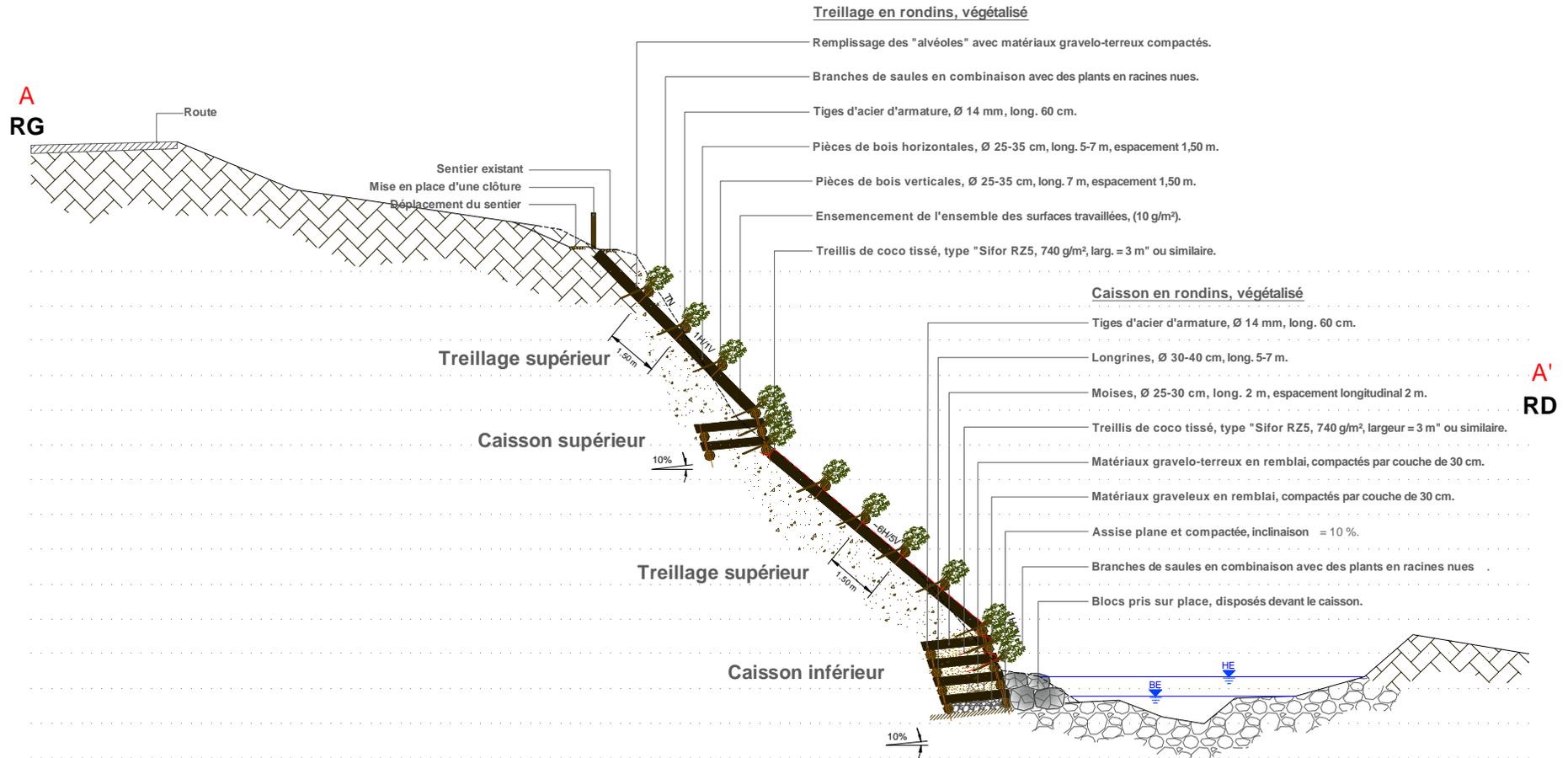
- Fin des travaux: 24 mai 2012

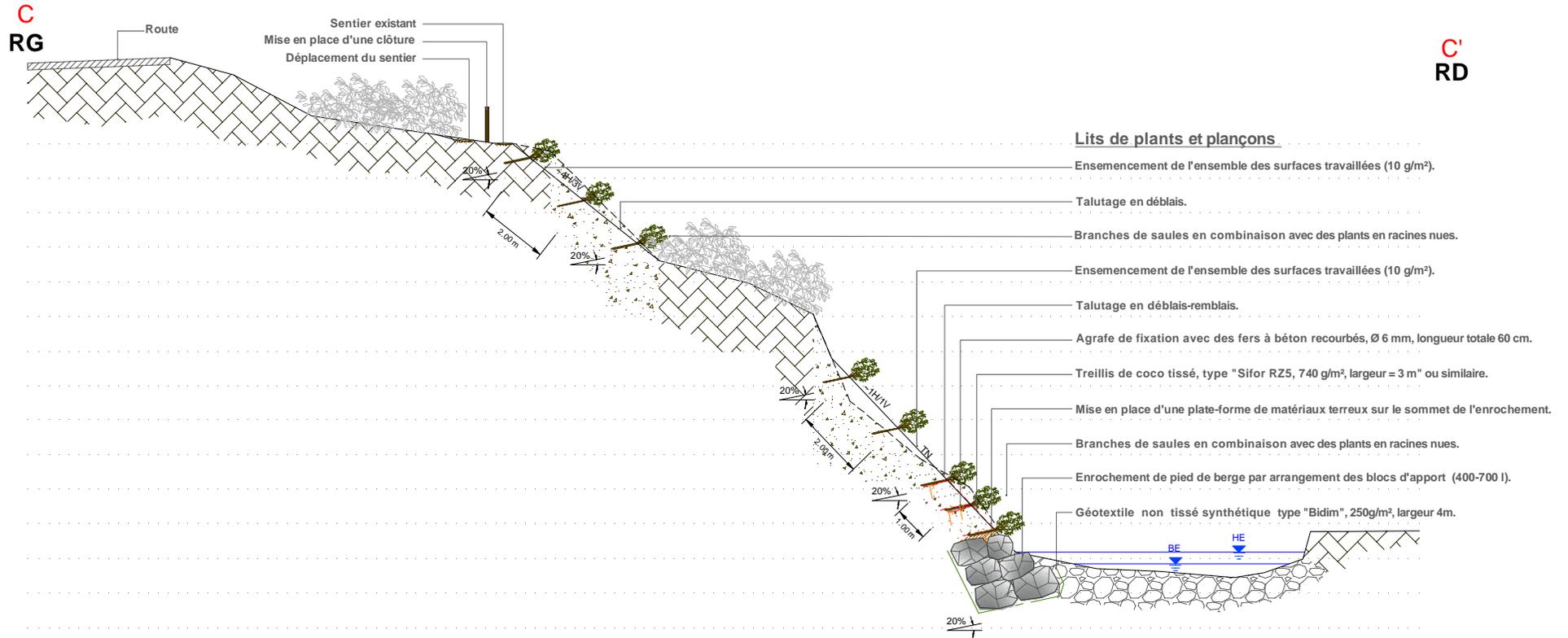
Avançon d'Anzeindaz (Bex)



Avançon d'Anzeindaz (Bex)







Travaux préparatoires et de remise en état

Linéaire concerné ~ 44 m

- **Abattage et dessouchage d'arbres :**
8 épicéas (2 x Ø 20, 2 x Ø 25, 1 x Ø 35, 3 x Ø 50 cm) ;
2 sapins (Ø 30 & 50 cm) ;
12 aulnes blancs (5 x Ø 15 & 7 x Ø 20 cm) ;
4 érables (Ø 20 cm).
- **Création d'une piste de chantier.**
- **Terrassement pour reprofilage de la crête de glissement.**
- **Déplacement du sentier existant et mise en place d'une clôture.**

Aménagement type A

Linéaire concerné ~ 16 m

-> Voir profils types A-A' & B-B' (1:100)

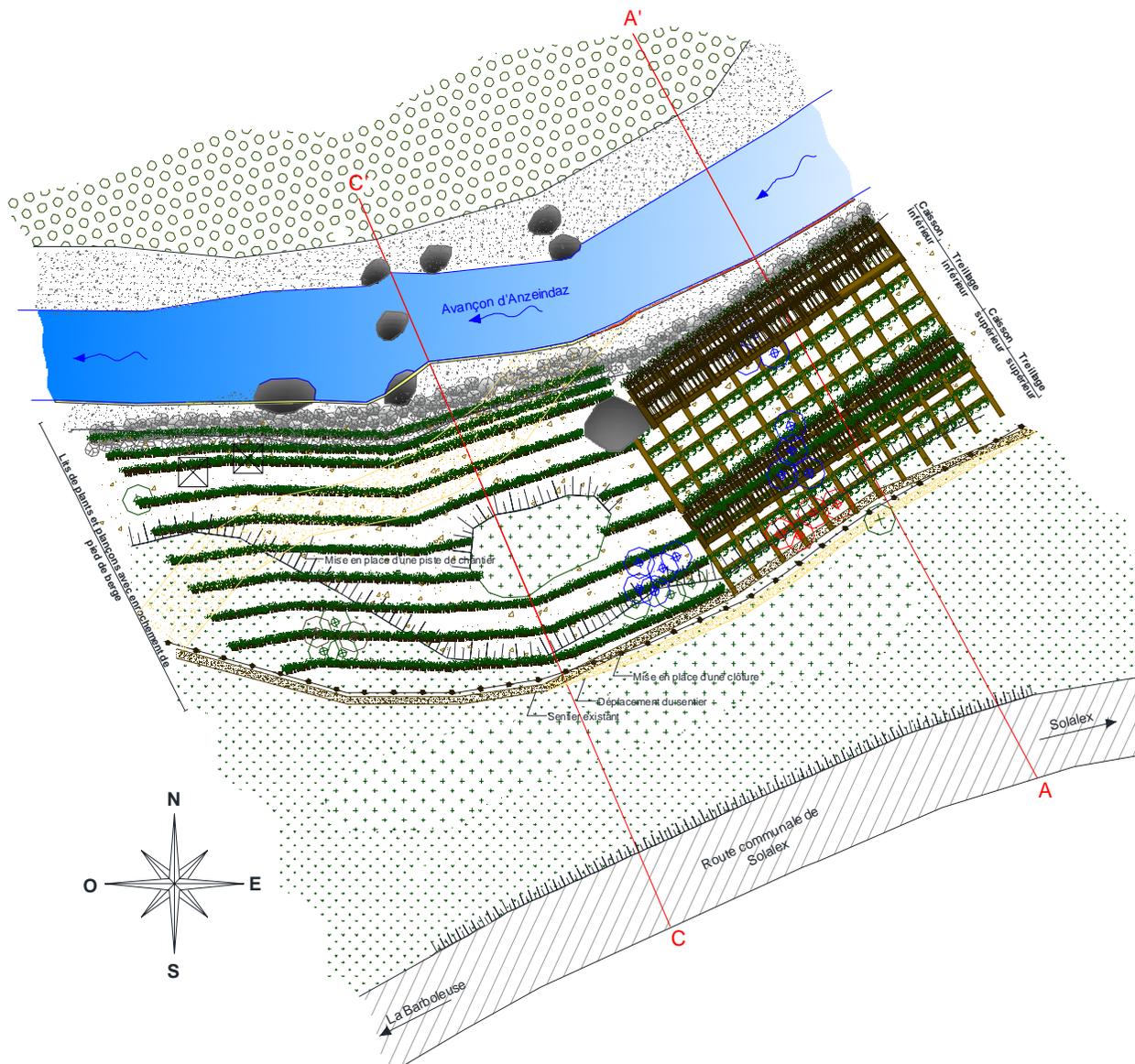
- Déblais en pied de berge pour ancrage du caisson en profondeur et confection d'une assise stable, compactée ;
- Mise en dépôt latéral des blocs existants présents en pied de berge puis reprise et mise en place devant le caisson après sa construction ;
- Mise en place d'un caisson en rondins (double paroi) végétalisé (listes de plantes n°1A & 1B) ;
- Apport de matériaux gravo-terreux complémentaires pour remplissage du caisson par couches successives de 20-30 cm, compactées ;
- Mise en place d'un treillage bois végétalisé, en appui sur le caisson (listes de plantes n°2A & 2B) ;
- Ensemencement des surfaces travaillées (mélange grainier n°1, densité : 10 g/m²).

Aménagement type B

Linéaire concerné ~ 28 m

-> Voir profils types C-C', D-D' & E-E' (1:100)

- Mise en place d'un enrochement de pied de berge par arrangement de blocs existants et compléments avec des blocs d'apport ;
- Mise en place de lits de plants et plançons renforcés en géotextile sur les 3 premiers niveaux (liste de plantes n°3A & 3B) ;
- Mise en place de lits de plants et plançons "simples" jusqu'en sommet de talus (listes de plantes n°3A & 3B) ;
- Ensemencement des surfaces travaillées (mélange grainier n°1, densité : 10 g/m²).



Merci pour votre attention

