

# *Projet Interreg IVA France-Suisse*

## *Colloque final Géni'Alp*

# Chantiers pilotes suisses

***Pierre-André FROSSARD***

*Professeur HES, hepia Genève, filière Gestion de la nature*

***Serge CANAPA***

*Adjoint CS secteurs 3&4, cours d'eaux non corrigés, SESA*

**h e p i a**

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



# Remerciements

- **Service des eaux sols et assainissement  
du canton de Vaud**



- **Les communes de:**

**Bex**



**Ollon**



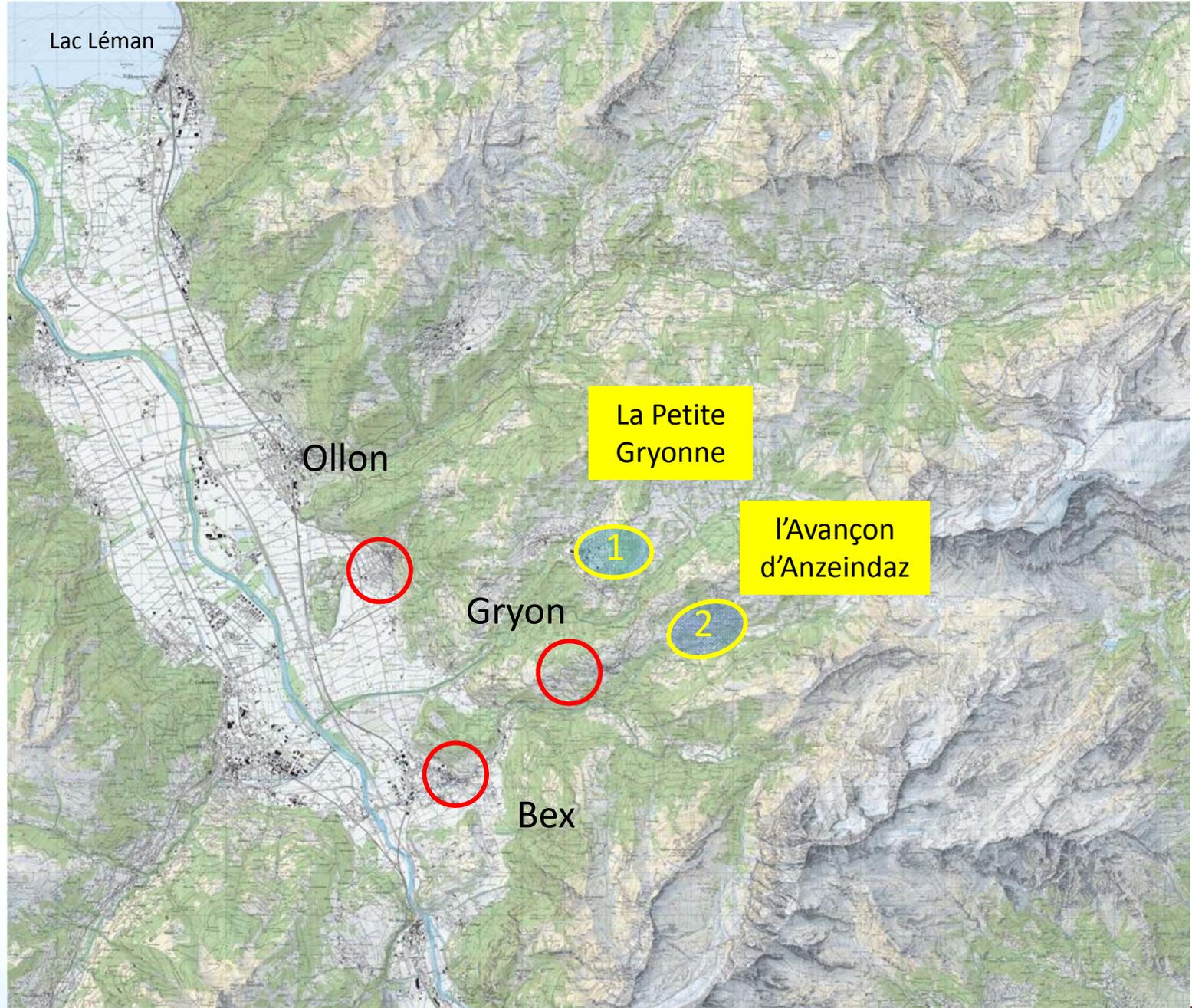
**Gryon**



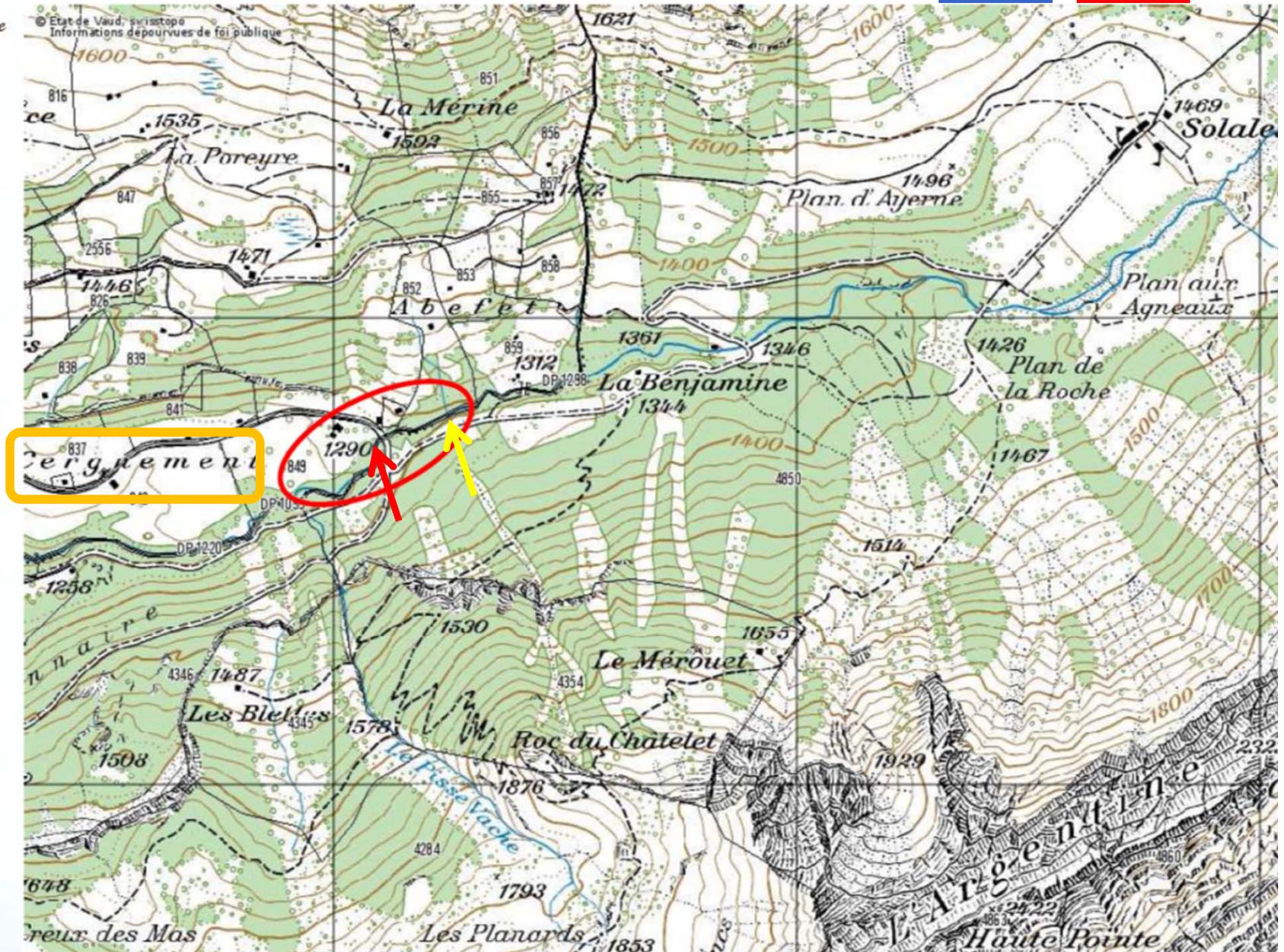
# Situation générale des chantiers pilotes CH



Généie Végétal en Rivière de Montagne



# 1. L'Avançon d'Anzeindaz Communes de Bex et Gryon



# L'Avançon d'Anzeindaz à Cergnement

Sécuriser les alentours du pont de la route de Solalex

Photo: P-A. Frossard



# Avançon d'Anzeindaz : situation initiale



## ➤ Conditions

- ✓ **Altitude:** 1290 m
- ✓ **Pente :** 5 - 10 % (sur le tronçon aménagé)
- ✓  **$Q_{100}$  :** 57 m<sup>3</sup>/s
- ✓ **Hauteur d'eau correspondante :** 100 cm (88 -109)
- ✓ **Force tractrice calculée (rayon hydraulique):** 56 kg/m<sup>2</sup>

# Avançon d'Anzeindaz : options d'aménagements

## ➤ Maîtrise du profil en long

- ✓ Réalisation d'un seuil (affouillement des piles du pont) et d'un seuil de fond en blocs.

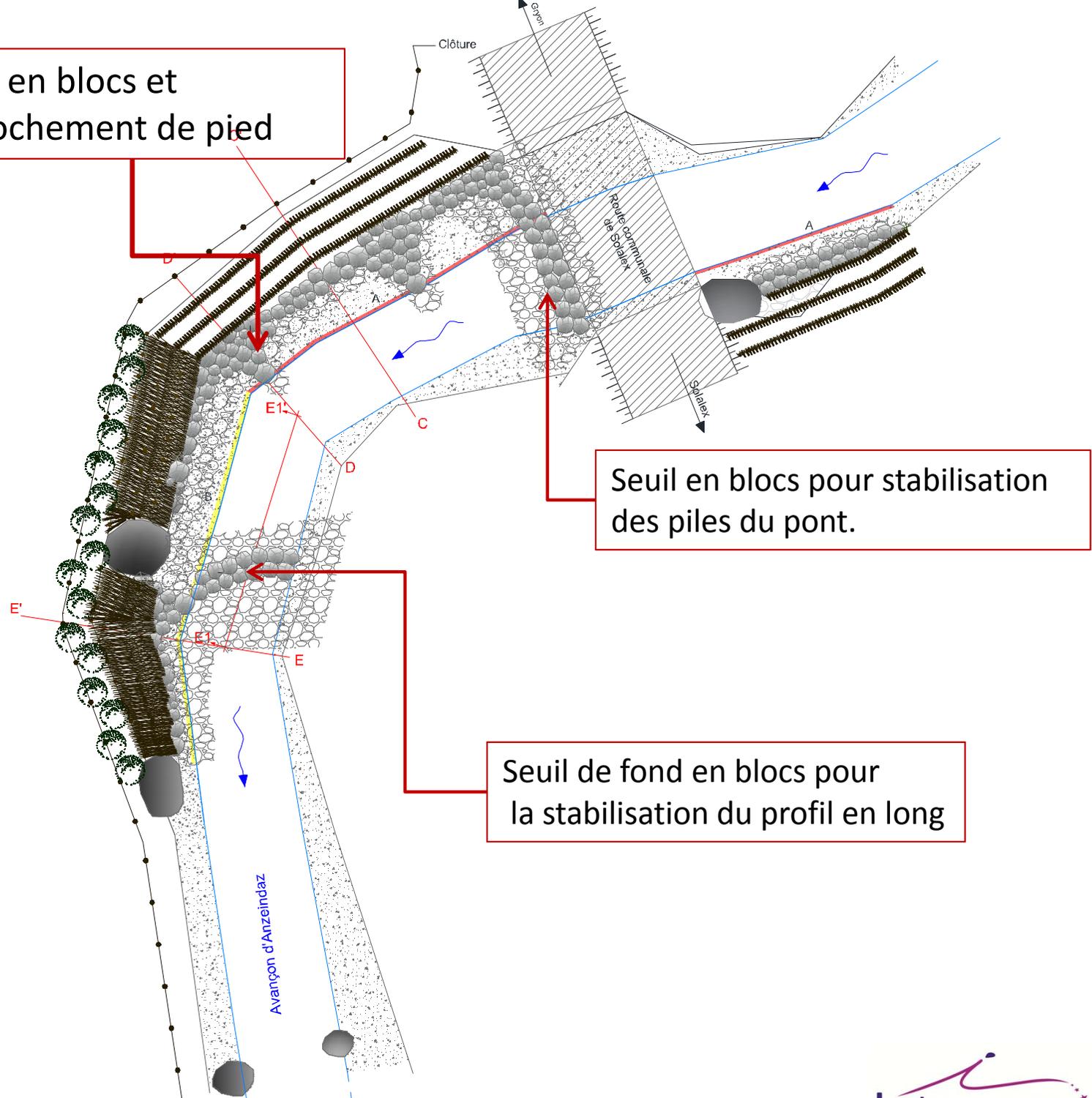
## ➤ Eviter l'affouillement en berge concave

- ✓ Réalisation d'épis déflecteurs en blocs.
- ✓ Enrochement de pied ancré en profondeur, mais très peu visible.

## ➤ Techniques végétales adaptées

- ✓ Lits de plants et plançons – technique se combinant le mieux à un enrochement - grande diversité d'espèces possibles.
- ✓ Couches de branches à rejets pour la partie aval, susceptible de devoir résister à une attaque plus frontale du courant - plantations complémentaires en sommet de berge comme mesure de diversification.

Epis en blocs et enrochement de pied



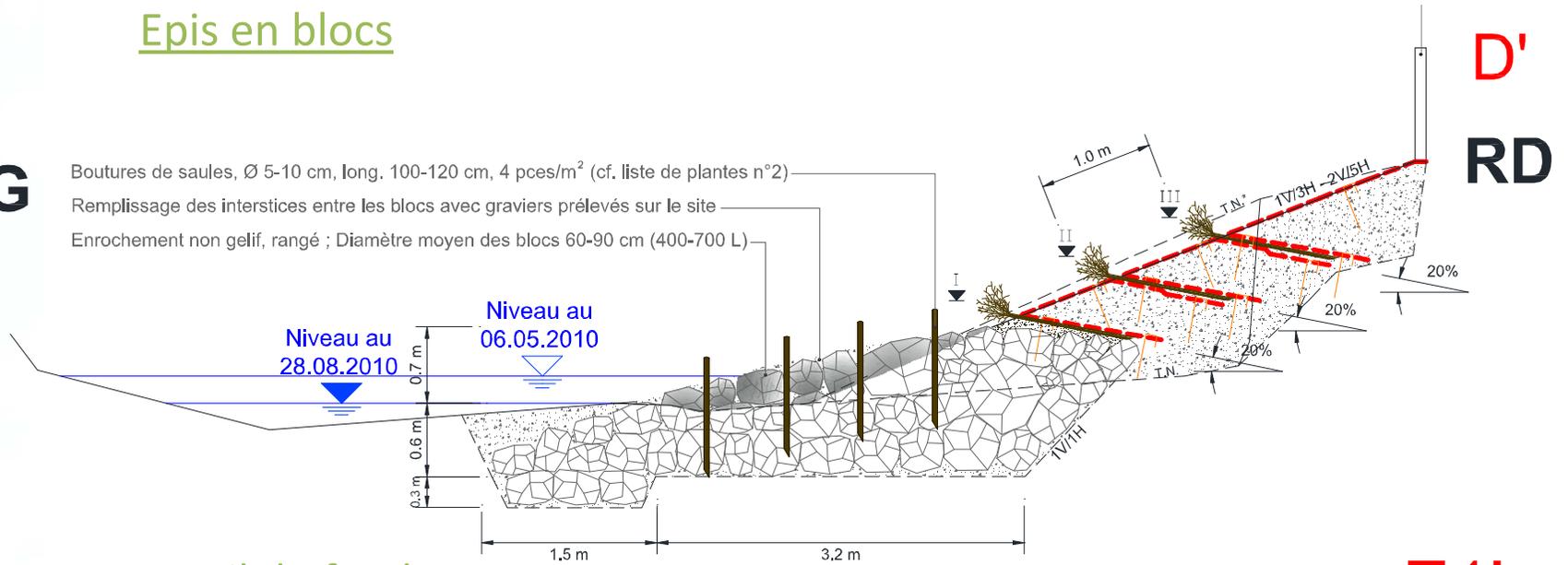
Seuil en blocs pour stabilisation des piles du pont.

Seuil de fond en blocs pour la stabilisation du profil en long

## Epis en blocs

**D**  
**RG**

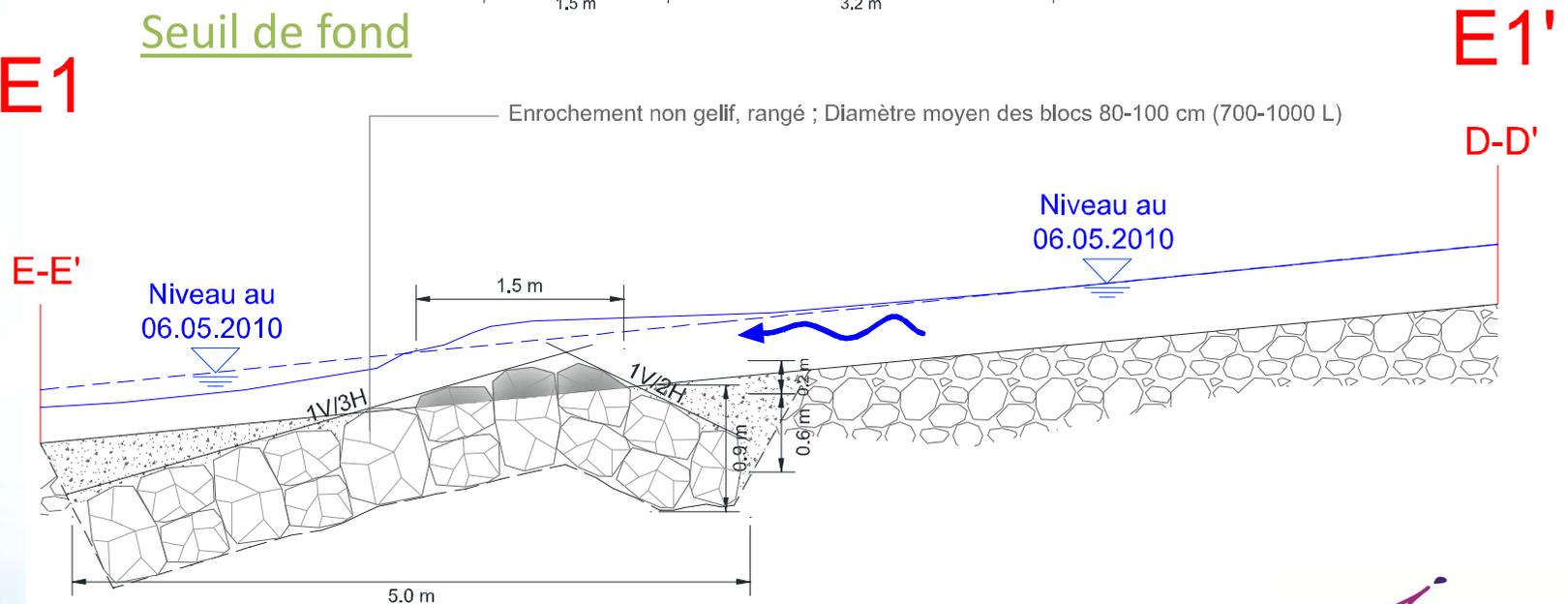
- Boutures de saules, Ø 5-10 cm, long. 100-120 cm, 4 pces/m<sup>2</sup> (cf. liste de plantes n°2)
- Remplissage des interstices entre les blocs avec graviers prélevés sur le site
- Enrochement non gelif, rangé ; Diamètre moyen des blocs 60-90 cm (400-700 L)



## Seuil de fond

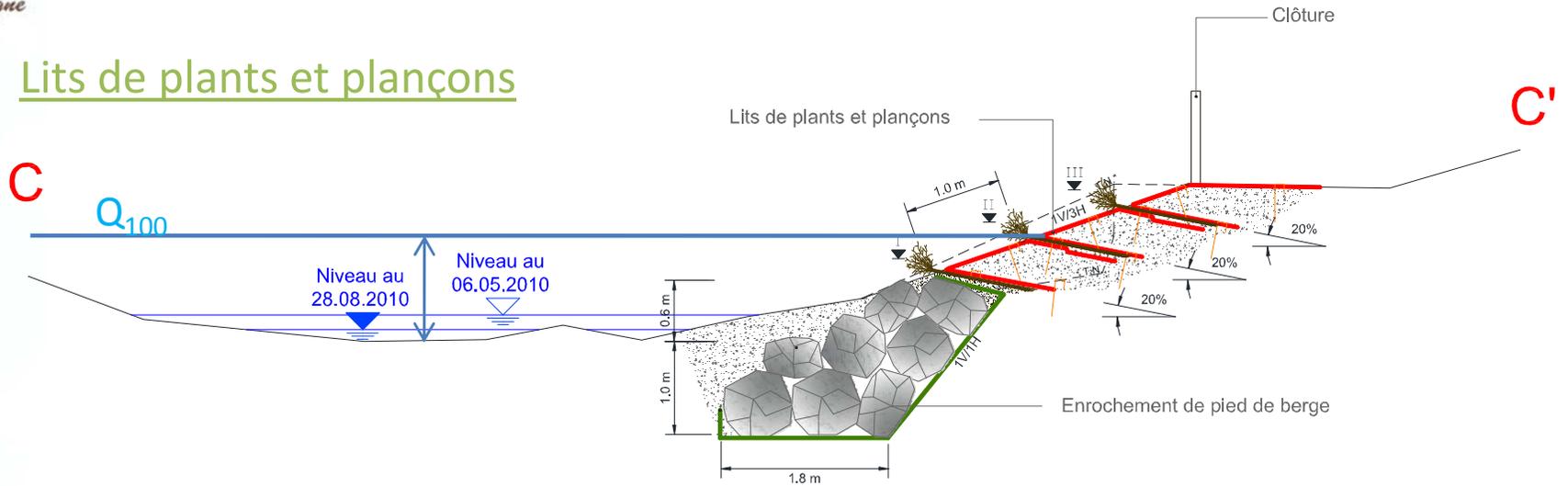
**E1**

- Enrochement non gelif, rangé ; Diamètre moyen des blocs 80-100 cm (700-1000 L)

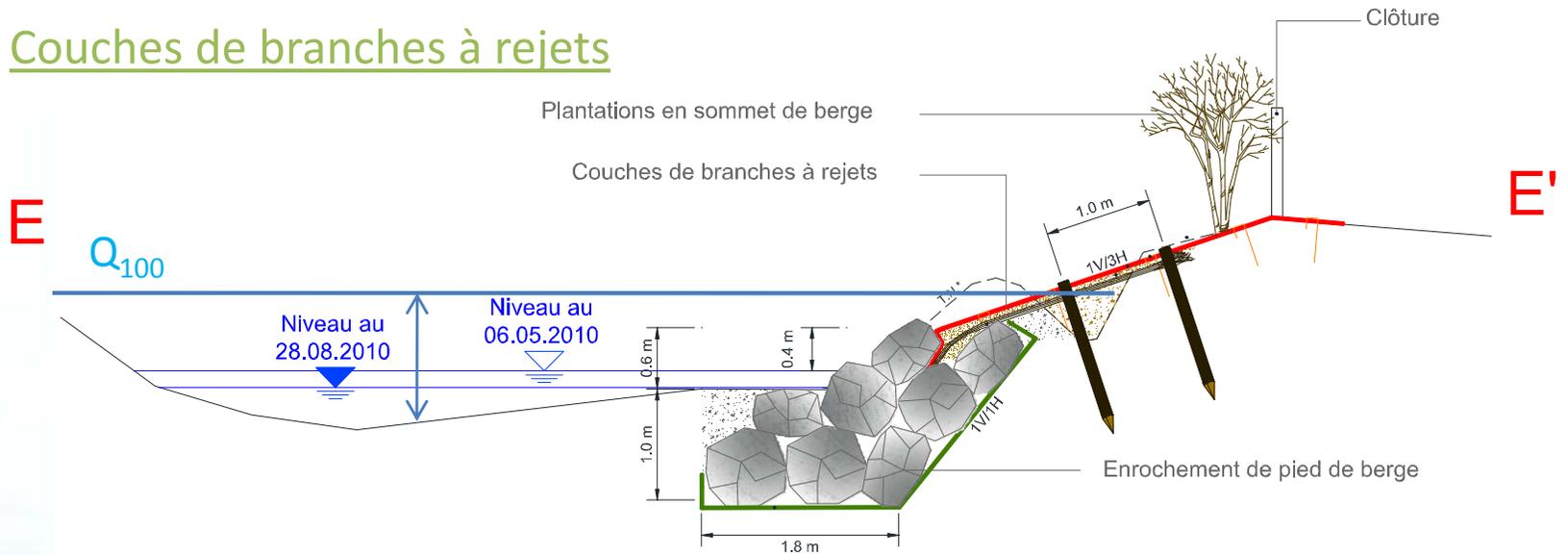


# Protection des berges

## Lits de plants et plançons



## Couches de branches à rejets



# Enrochement de pied de berge

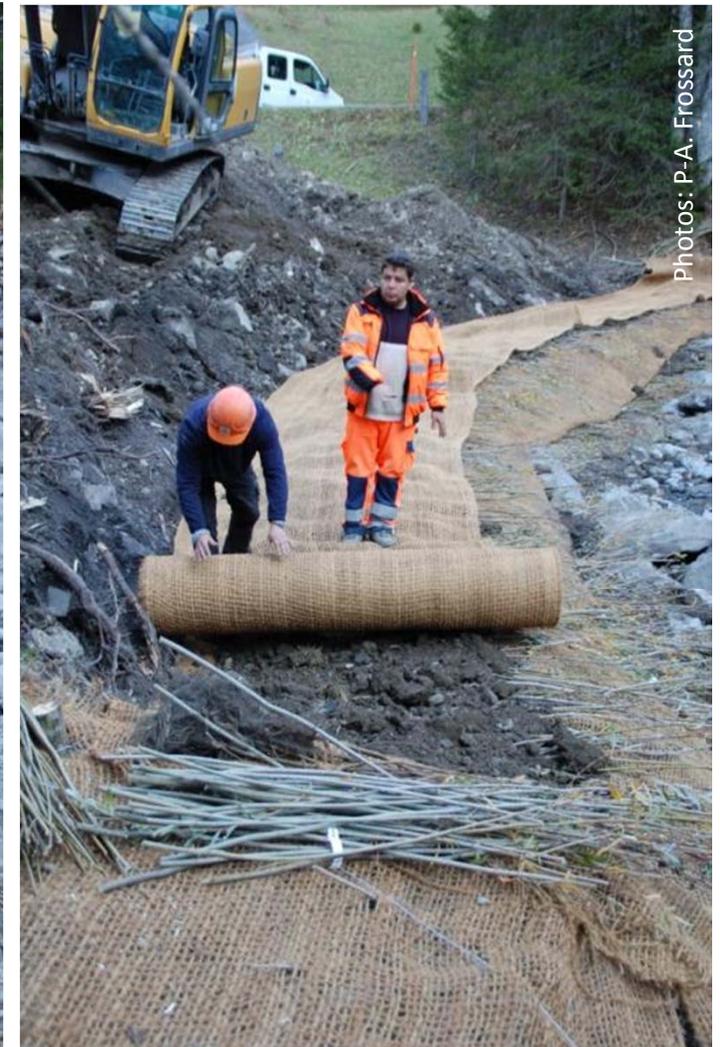
- Blocs de 400 à 700 l pour enrochements et épis.
- Blocs de 700 à 1000 l pour les seuils.



Photos: P.-A. Frossard

# Lits de plants et plançons

- Technique particulièrement adaptée pour une combinaison avec un enrochement de pied.



Photos: P.-A. Frossard

- Quelques étapes de mise en oeuvre



Photos: P.-A. Frossard



# Ouvrage terminé (au 14.11.2011)



# Ouvrage terminé (au 21.04.2012)



Photos: P.-A. Frossard

# Comportement de l'ouvrage

Démarrage très lent de la végétation à partir de mi-mai seulement.



# Démarrage de la végétation (Etat au 23 mai 2012)



# Evolution de l'aménagement

L'alluvionnement induit par les épis a progressé pendant l'été.

18 septembre 2012

Photo: P.-A. Frossard



# Développement des ouvrages de GV

18 septembre 2012



Photo: P-A. Frossard

# Développement des ouvrages de GV

Une forte densité végétale est nécessaire en pied de berge.



Photos: P-A. Frossard

# Développement et diversité dans les lits de plants et plançons



*Prunus padus*



*Sorbus aucuparia*



*Aulus incana*



*Laburnum alpinum*

Photos: P.-A. Frossard

# Espèces herbacées utilisées



**Mélange grainier composé de 20 espèces:**

- ✓ 12 graminées
- ✓ 4 Légumineuses
- ✓ 4 « autres dicotylédones »



Photos: P-A. Frossard

**En % en poids:**

- ✓ 89 % de graminées
- ✓ 7% de légumineuses
- ✓ 4% d' »autres dicotylédones »

# Episodes de crues

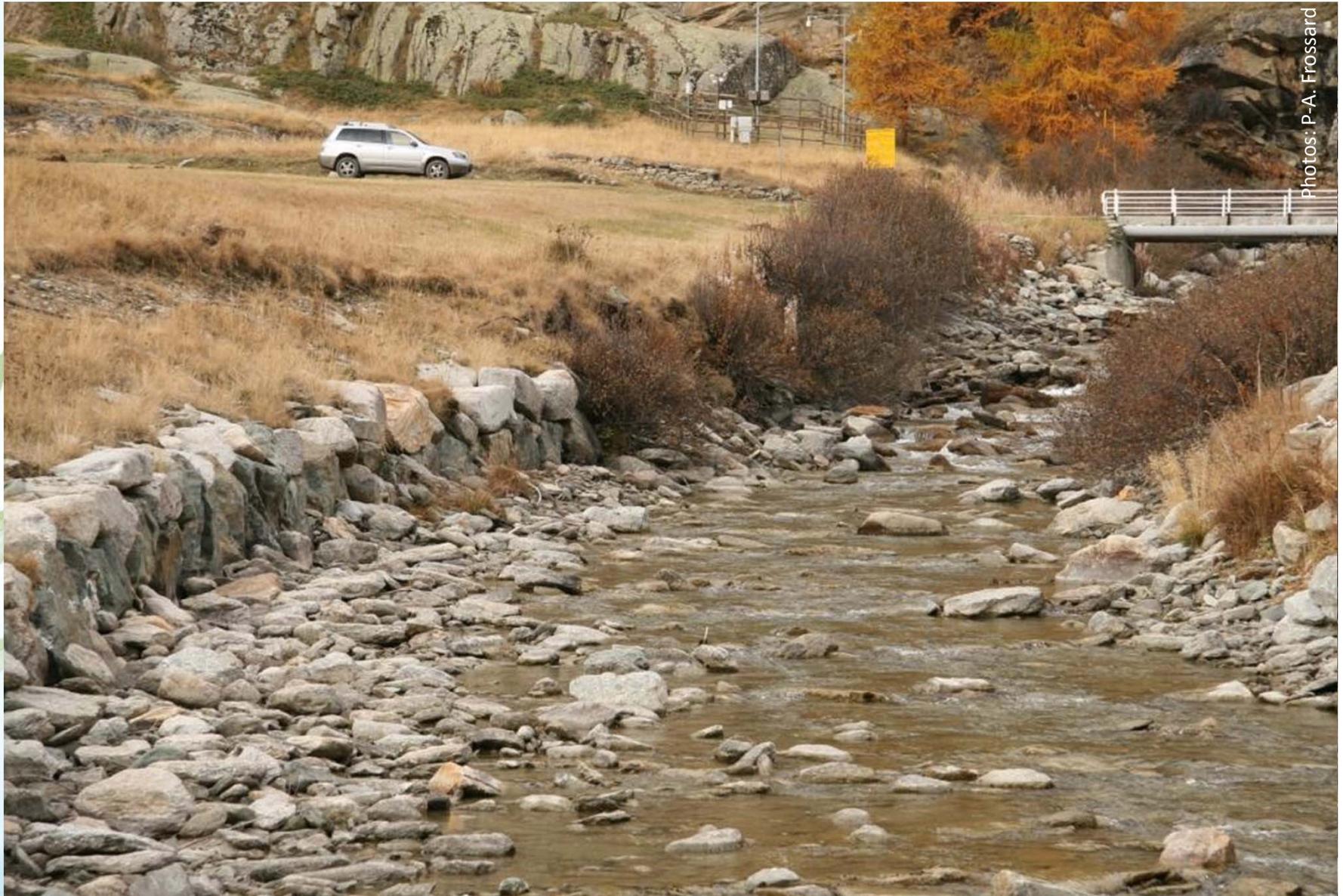


Photo: P-A. Frossard

10 octobre 2012

# Utilisation potentielle

Exemple de « modèle naturel » interrompu par un enrochement



# Coûts des travaux

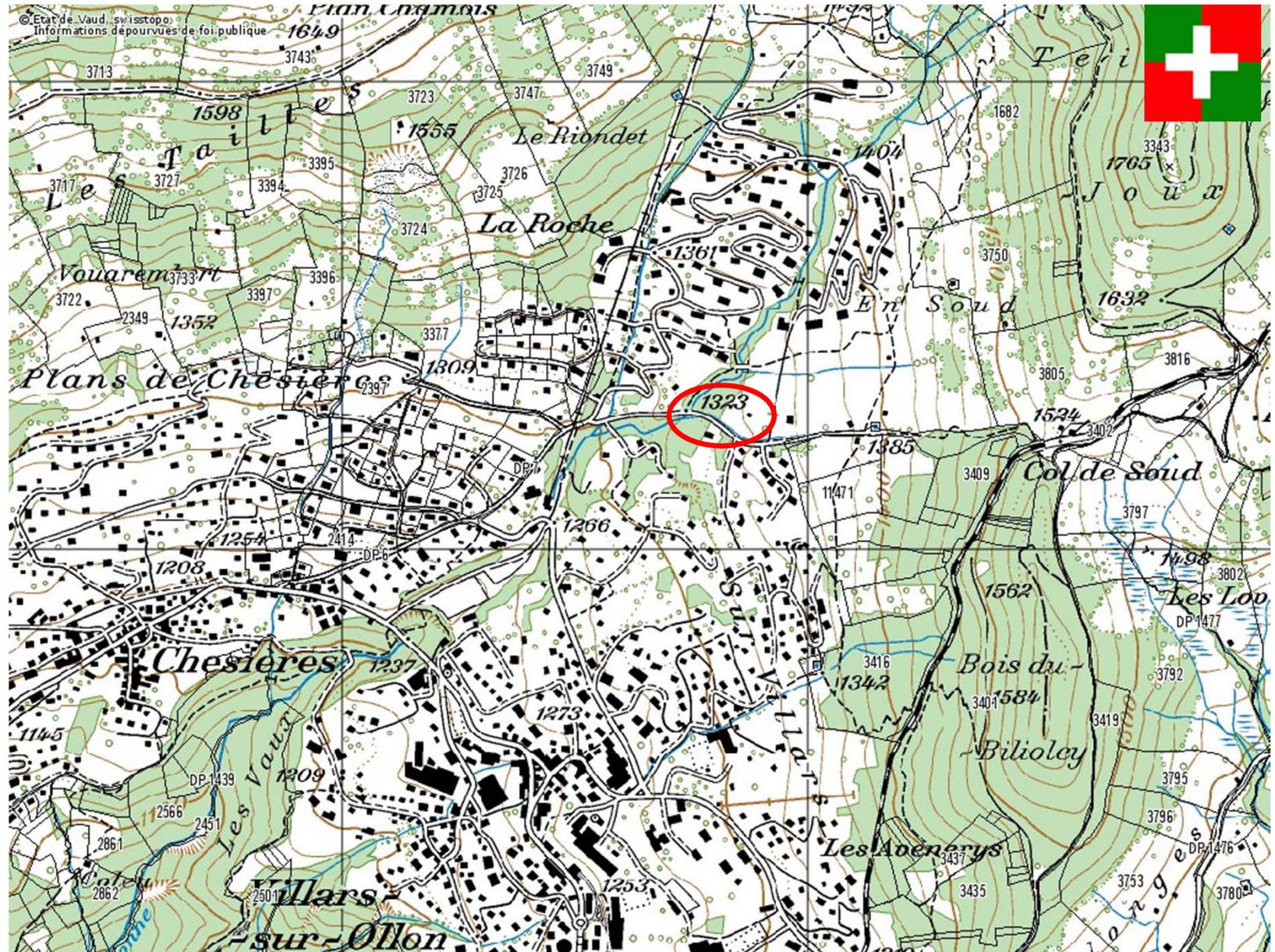
➤ **Coût des travaux:** CHF 116'750,95 (TTC)

✓ Travaux préparatoires (HT):	7'880.-
✓ Terrassements (HT):	3'270.-
✓ Ensemencements (HT):	4'600.-
✓ Stabilisation végétale (HT):	22'760.-
✓ Plantations (HT):	2'320.-
✓ Enrochements (HT):	54'973.-
✓ Travaux sous le pont (HT)	8648.-

➤ **Durée des travaux:** du 27 oct. au 14 nov. 2011 (13 jours ouvrables)

➤ **Linéaire aménagé:** 60 m RD et 10 m RG

## 2. La Petite Gryonne – Commune d'Ollon



# Situation initiale



# Situation initiale

Chemin en rive droite



# La Petite Gryonne à « La Cousse »

## ➤ Conditions

- ✓ **Altitude** : 1323 m
- ✓ **Pente moyenne**: 12 % (sur le tronçon aménagé)
- ✓ **Q<sub>100</sub>** : 17 m<sup>3</sup>/s
- ✓ **Hauteur correspondante** : 60 cm (55-65)
- ✓ **Force tractrice calculée** : 58 kg/m<sup>2</sup>

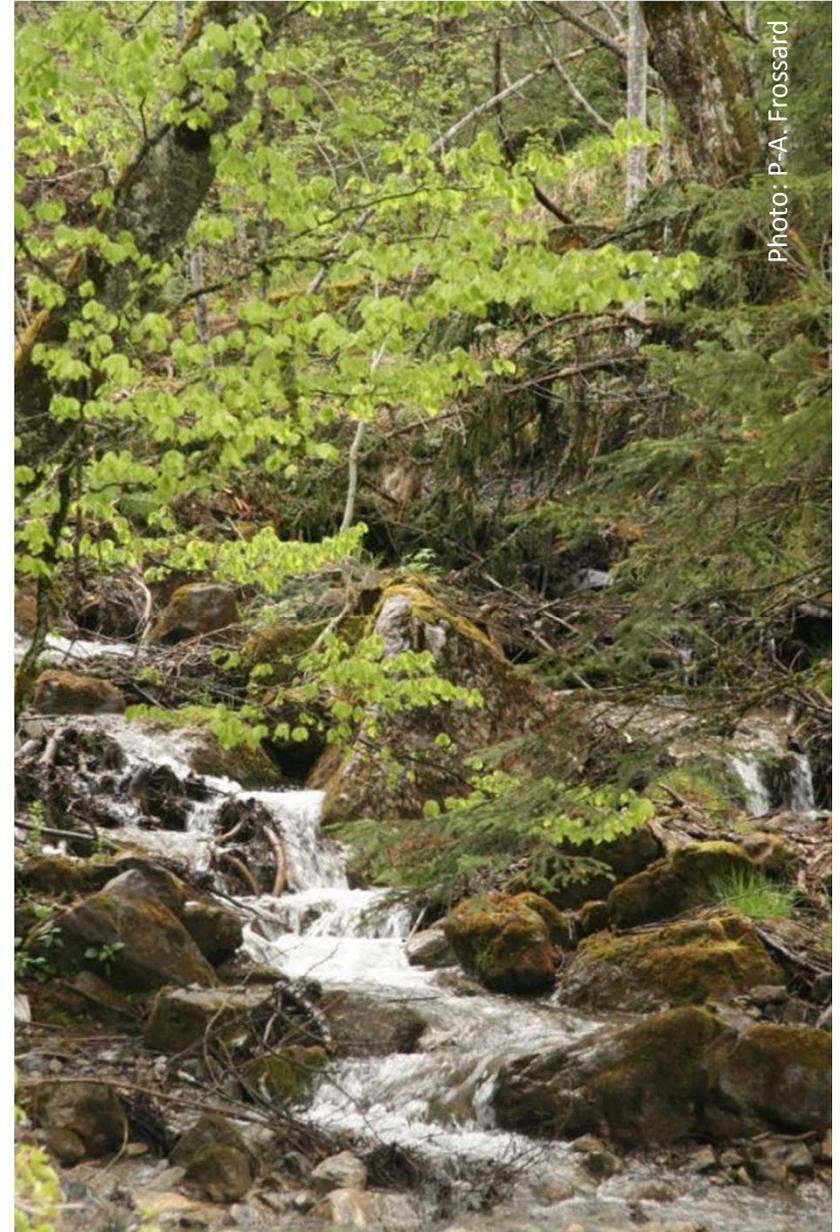


Photo: P-A. Frossard

# Période d'intervention



Situation au 31 mars 2012

## ➤ Contraintes liées à une intervention au printemps.

- ✓ Période favorable extrêmement courte (avril – mai) en raison du démarrage subit de la végétation.
- ✓ Nécessité absolue de trouver des sites de prélèvement à des altitudes égales voire supérieures pour l'approvisionnement en saules.
- ✓ Nécessité de travailler avec de plants en godet ou motte.

# Petite Gryonne : options d'aménagements

## ➤ Protection du chemin RD contre l'affaissement

- ✓ Réalisation d'un ouvrage de soutènement sous forme de caisson en rondins végétalisé.

## ➤ Stabilisation du glissement RG par des lits de plants et plançons

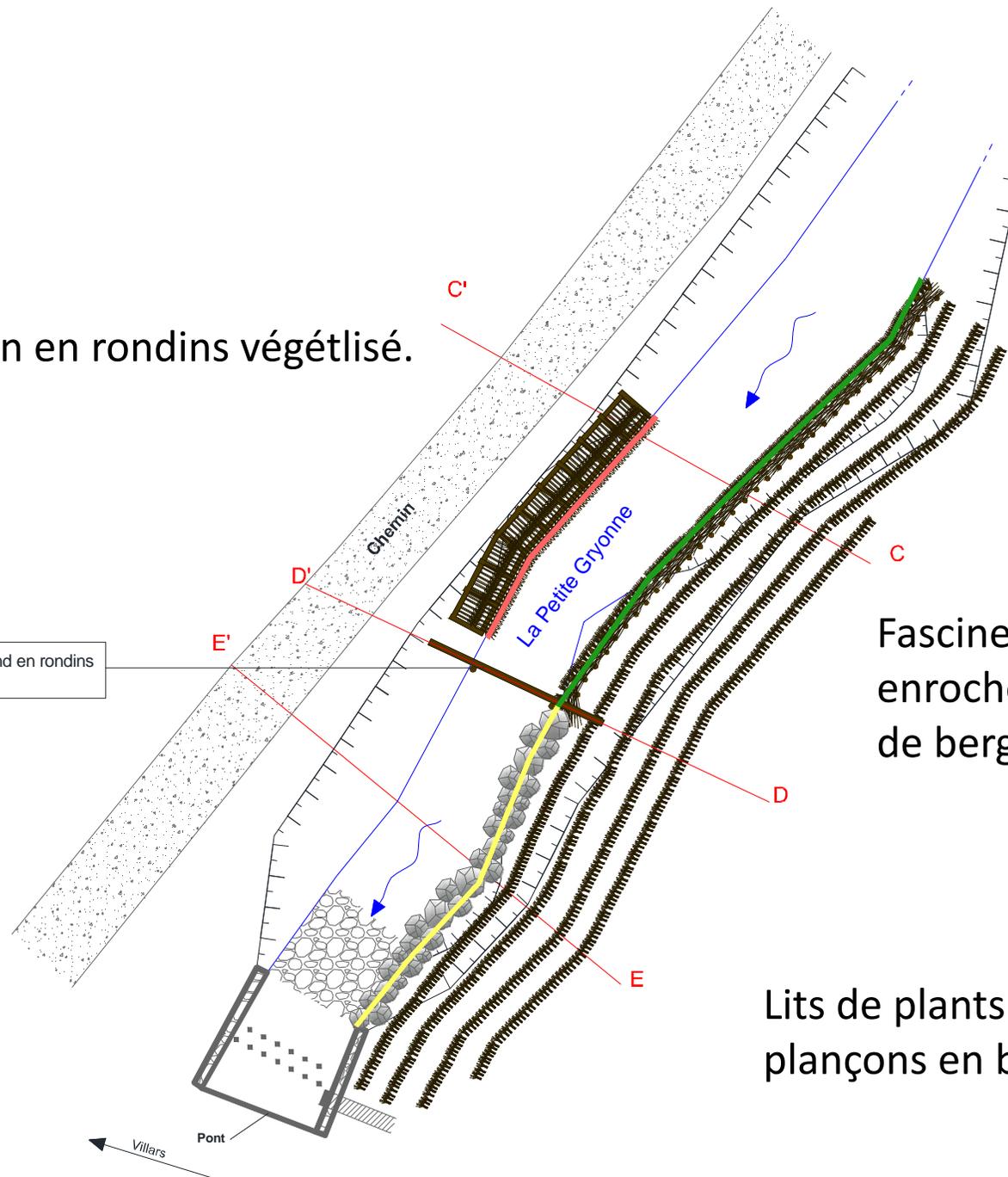
- ✓ Ouvrage particulièrement souple absorbant des déformations.
- ✓ Ouvrage léger ne surchargeant pas la berge.
- ✓ Développement racinaire immédiatement en profondeur (ancrage).
- ✓ Effet de drain biologique par les végétaux (évapotranspiration).
- ✓ Possibilité de diversification des essences.

## ➤ Fixation du pied de berge RG

- ✓ Fascine de saules avec pieux battus dans le lit (le substrat le permet).
- ✓ Enrochement de pied de berge pour se raccorder au voûtage en aval.

## Caisson en rondins végétalisés.

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

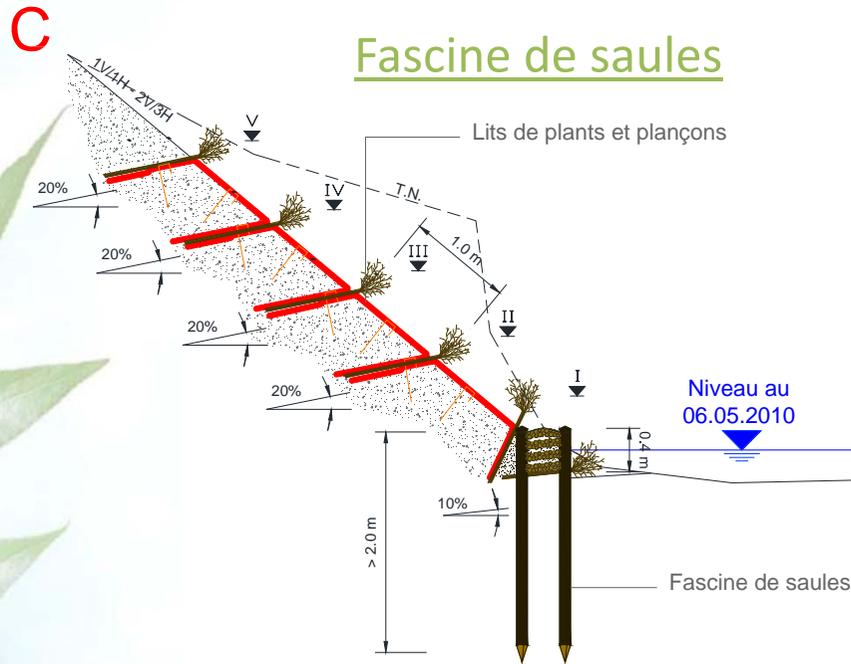


Fascine de saules puis  
enrochement en pied  
de berge.

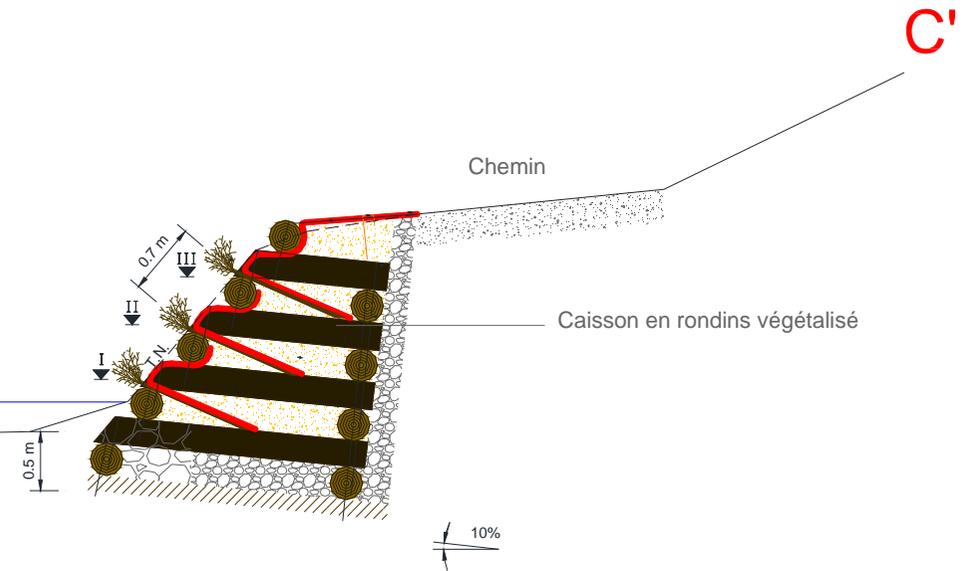
Lits de plants et  
plançons en berge.

# Protection des berges

## Lits de plants et plançons



## Caisson en rondins, végétalisé

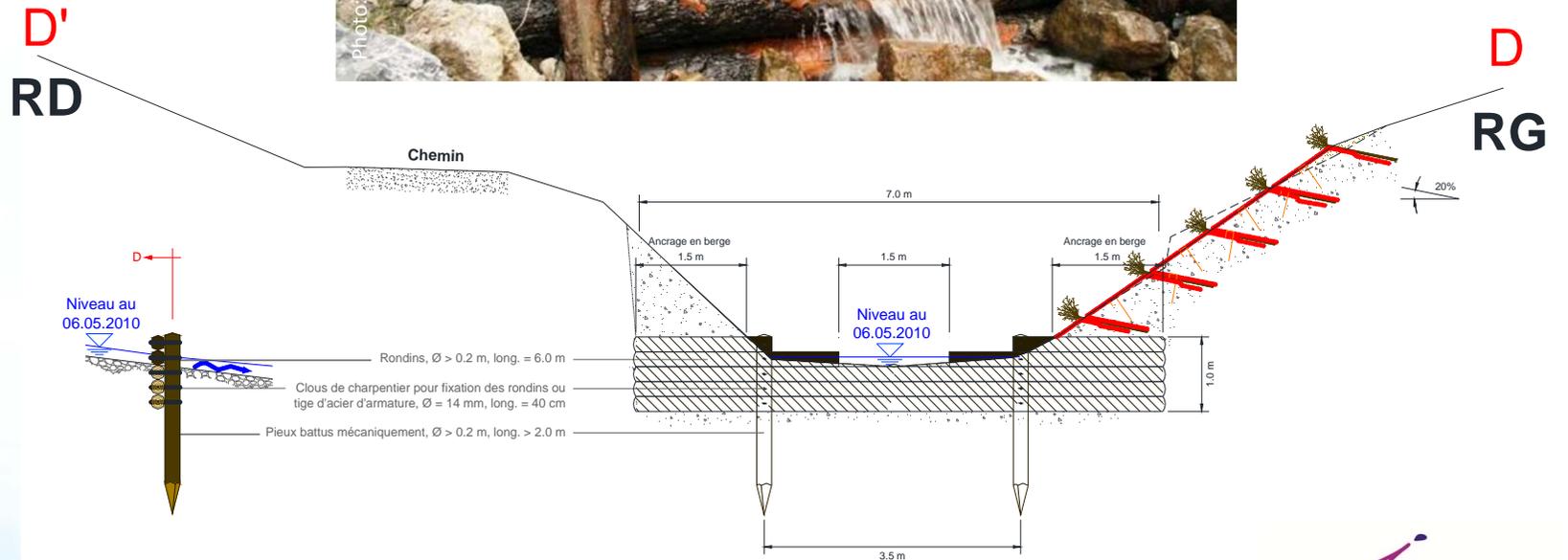


# Stabilisation du profil en long



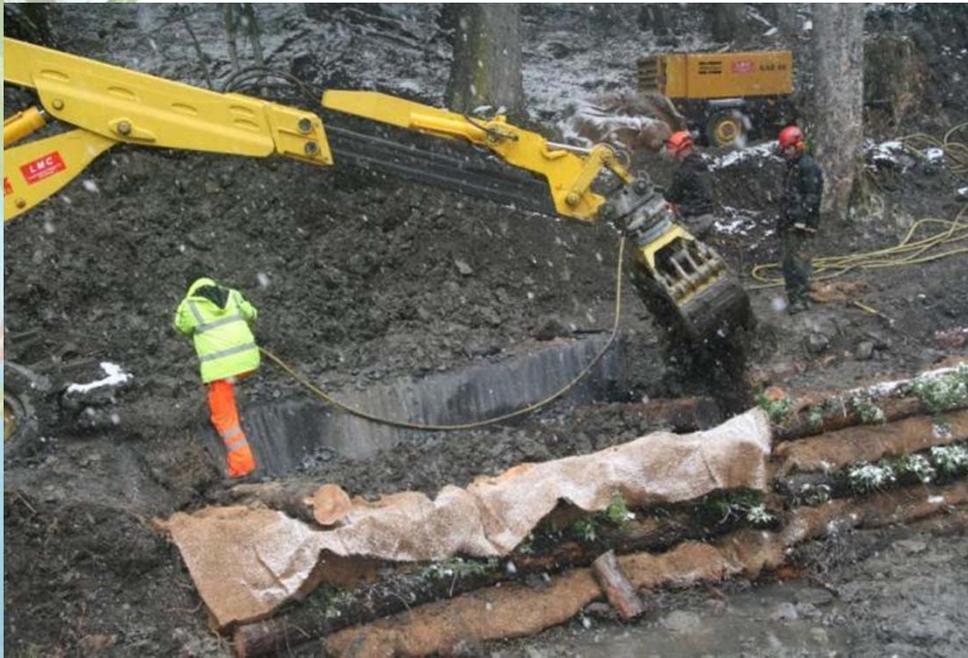
Photo: P-A. Frossard

Photo: P-A. Frossard



# Caisson en rondins végétalisés

## Ouvrage de soutènement du chemin RD



# Caisson en rondins végétalisés

Photo: P-A. Frossard



Photos: P-A. Frossard

# Fascine de saules



14 novembre 2012

# Fascine de saules

- Développement au 18 septembre 2012.
- Densité végétale permettant un niveau de protection suffisant.



# Lits de plants et plançons

- La saison avancée à nécessité l'utilisation de plants en godet.

Photo: P-A. Frossard



Photos: P-A. Frossard

- Les saules ont été prélevés en milieu naturel, à 1500 m.

# Lits de plants et plançons

Photo: P.-A. Frossard



- Technique permettant l'utilisation d'une grande diversité d'espèces ligneuses.



Photos: P.-A. Frossard



# Lits de plants et plançons

➤ Développement au 18 septembre 2012.



Photo: P.-A. Frossard



Photos: P.-A. Frossard

# Coûts des travaux

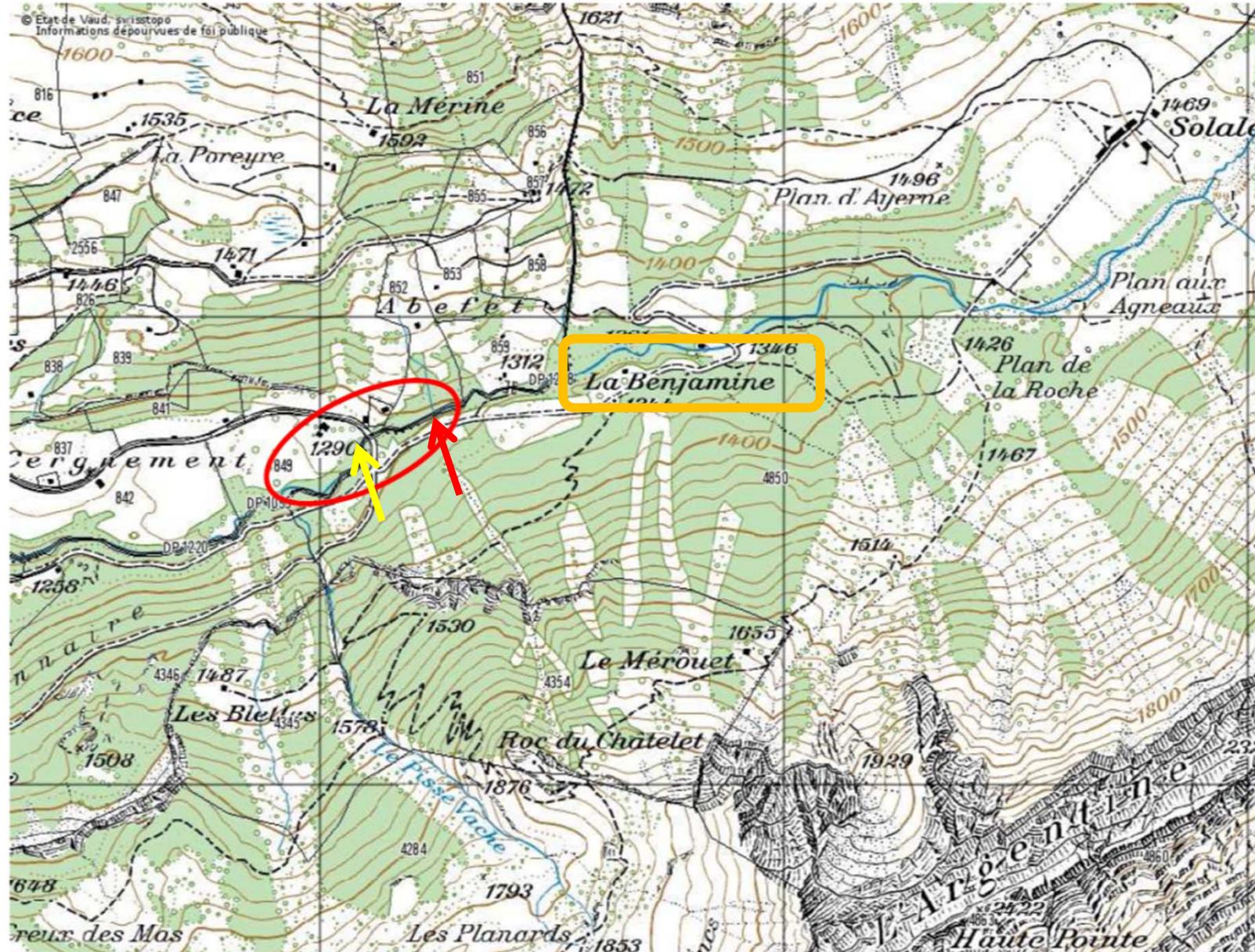
➤ **Coût des travaux:** CHF 81'328.- (TTC)

✓ 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.-

➤ **Durée des travaux:** 3 au 24 mai 2012 ( 15 jours ouvrables)

➤ **Linéaires aménagés:** 25m RD + 40 m RG

# 3. L'Avançon d'Anzeindaz Commune de Bex



## ➤ Conditions

- ✓  $Q_{100}$  : 57 m<sup>3</sup>/s
- ✓ Hauteur : 100 cm
- ✓ Pente moyenne: 7 %
- ✓ Force tractrice : 54 kg/m<sup>2</sup>
- ✓ Hauteur de berge: 11 – 13 m

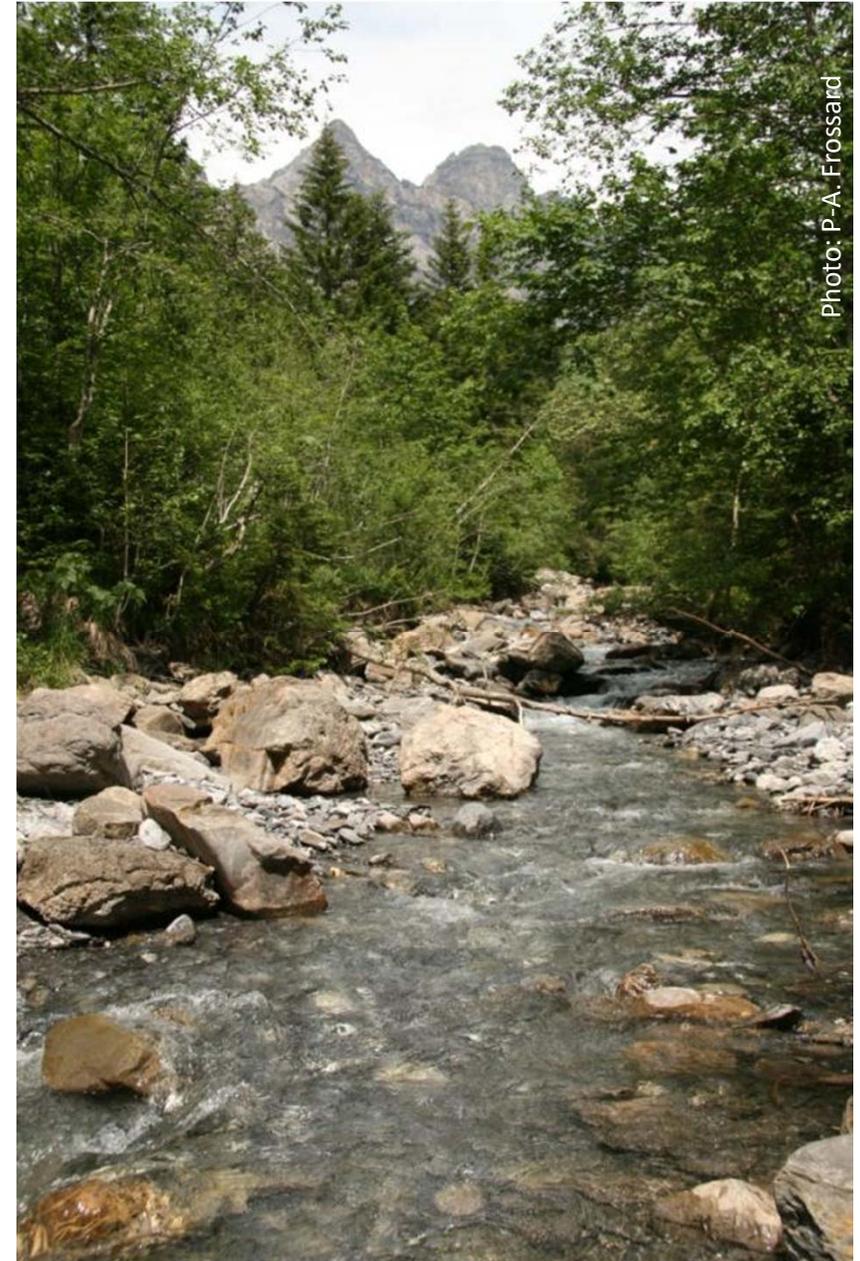


Photo: P.-A. Frossard

# Avançon d'Anzeindaz: situation initiale

Glissement de terrain et érosion de berge combinés



Photos: P.-A. Frossard

# Options d'aménagements

## ➤ Protection du pied de berge RG

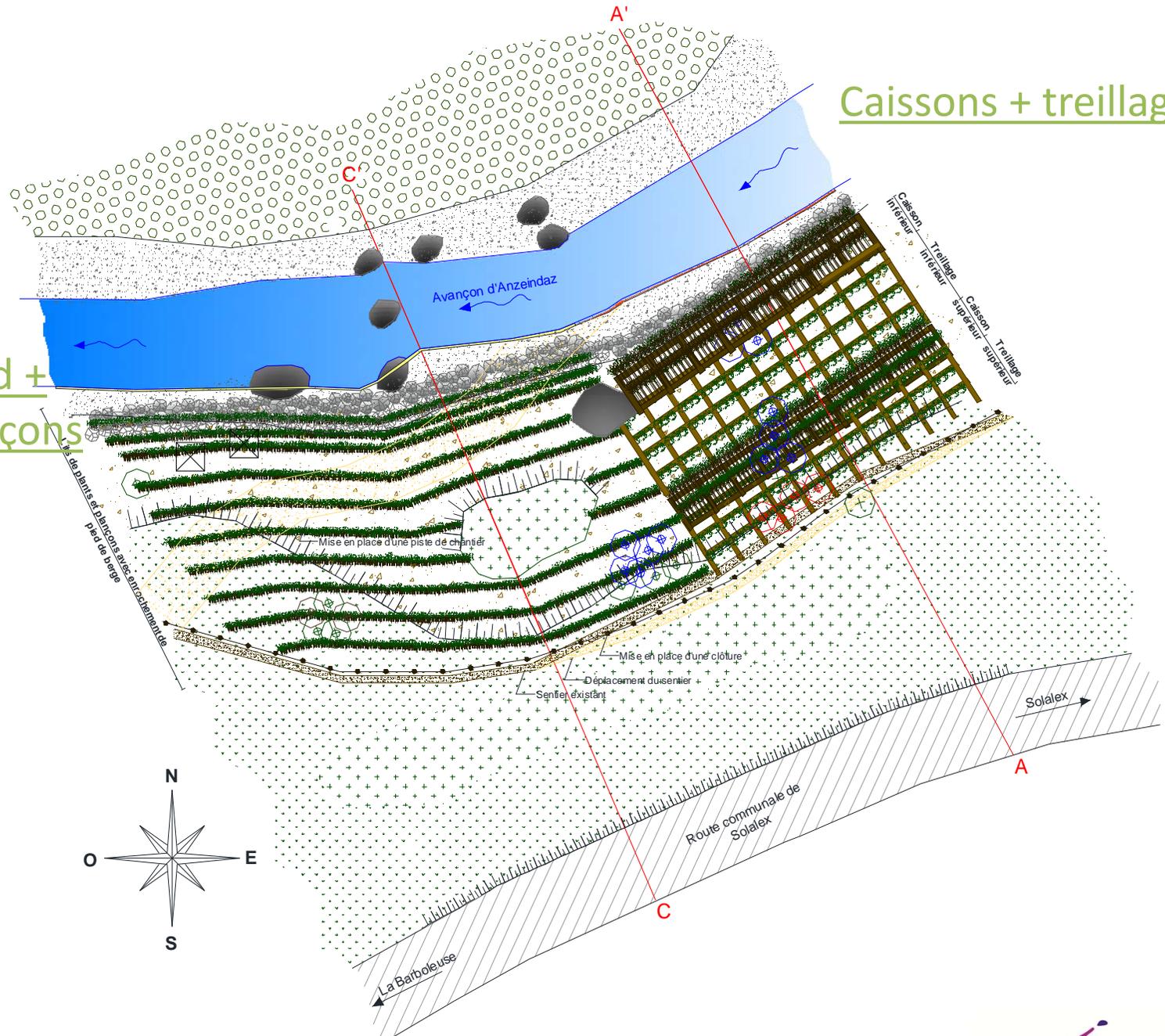
- ✓ Caisson en rondins végétalisé dans le tronçon amont rectiligne (appui pour le treillage bois)
- ✓ Enrochement dans le tronçon aval, légèrement en berge concave (sortie de méandre)

## ➤ Stabilisation du glissement RG, sur une hauteur importante (13 m)

- ✓ Treillage bois dans la partie amont, la plus raide (la structure bois permet de faire tenir les matériaux gravelo-terreux)
- ✓ Lits de plants et plançons pour la partie aval, moins raide
- ✓ → moins de charge sur le talus
- ✓ → plus souple pour s'adapter aux structures existantes
- ✓ → plus économique

## Caissons + treillage

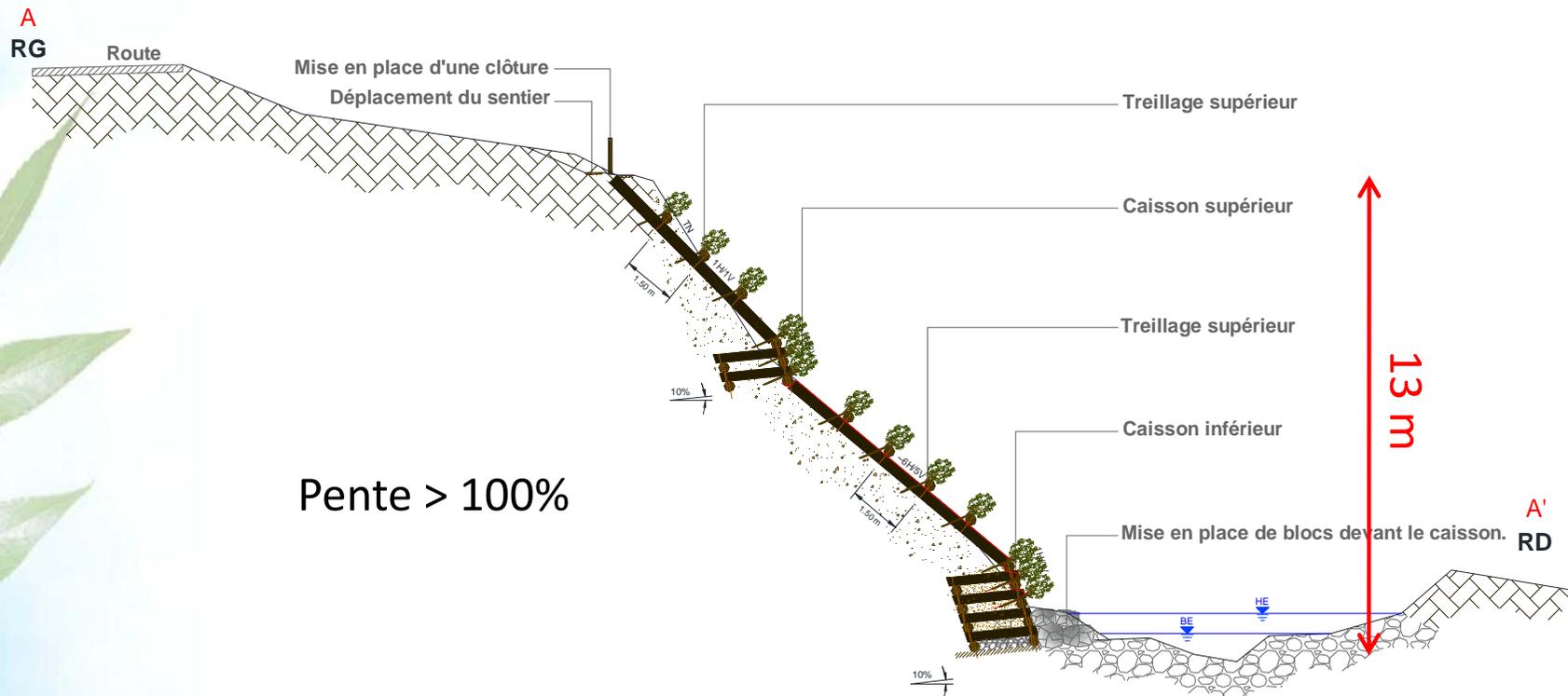
### Enrochement de pied + Lits de plants et plançons



# Ouvrages bois

## Caissons et treillages bois, végétalisés

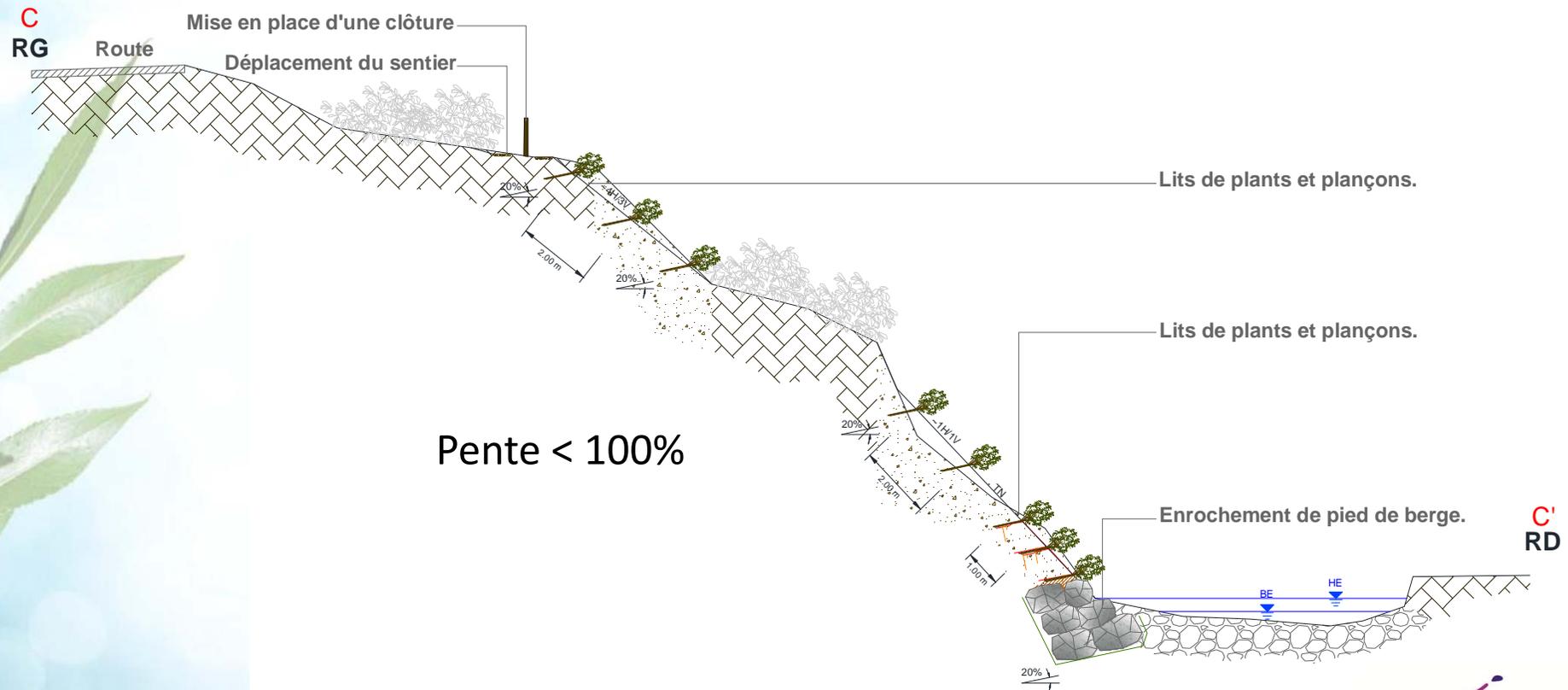
- Caisson comme protection de pied de berge en tronçon rectiligne
- Caisson comme appui pour le treillage bois
- Treillage bois pour maintenir les matériaux terreux (pente!)



Pente > 100%

# Lits de plants et plançons

- Enrochement pour protection du pied de berge en légère courbe concave.
- Lits de plants et plançons pour une adaptation souple aux structures existantes (promontoirs; blocs;...).
- Pente de berge plus faible → Lits de plants et plançons suffisants.



# Treillage bois et caisson en rondins, végétalisés



Photos: P.-A. Frossard

# Treillage bois végétalisé

- Remplissage des « alvéoles » et protection avec un treillis de coco.
- Cordons de végétation placés horizontalement, sur les rondins.

Photos: P.-A. Frossard



# Lits de plants et plançons sur enrochement de pied de berge



Photos: P.-A. Frossard

# Ouvrage terminé (au 13.11.2012)



Photos: P-A. Frossard

# Coût des travaux

➤ **Coût des travaux:** CHF 142'708 .- (TTC)

✓ Travaux préparatoires (HT):	25'180.-
✓ Terrassements (HT):	8'560.-
✓ Ensemencements (HT):	2'200.-
✓ Stabilisation végétale (HT):	63'079.-
✓ Enrochements (HT):	33'118.-

➤ **Durée des travaux:** 11 octobre 9 novembre 2012 ( 20 jours ouvrables)

➤ **Linéaires aménagés:** 50 m (entre 10 et 14 m de hauteur de berge!)

# Constats (I)

La réalisation des 3 chantiers pilotes suisses permet quelques observations:

- 5 techniques courantes et connues ont été appliquées dans des conditions de cours d'eau de montagne.
- Moyennant quelques adaptations aux conditions locales, ces outils se sont montrés suffisants pour traiter les problèmes d'érosion constatés.
- Sur deux chantiers, les techniques mises en œuvre se sont parfaitement comportées après une première période de végétation (fort enneigement pour l'hiver 2011-12, conditions hydrologiques normales en 2012).
- Avec des pentes de profils en long entre 5 et 10 %, leur contrôle s'avère être souvent la clé de la réussite des aménagements de protection de berge.

## Constats (II)

- Avec l'augmentation des contraintes hydrauliques et du charriage, les **techniques combinées doivent être privilégiées** (seuil, rampes, épis, enrochement...ET génie végétal). L'aménagement de la berge ne peut se faire sans une réflexion sur celui du lit. C'est souvent à cette condition que le génie végétal peut être utilisé.
- La brièveté de la période de végétation ( démarrage seulement à partir de mi-mai) n'a pas eu de conséquences fâcheuses sur le développement des végétaux.
- On ne peut pas observer de différence dans le développement de la végétation, entre le chantier réalisé en automne 2011 et celui réalisé au printemps 2012.

## Constats (III)

- Les **périodes favorables** pour la mise en œuvre du génie végétal sont **considérablement raccourcies** (octobre – novembre et avril-mai) par rapport à une situation en plaine.  
Une **intervention au printemps** est particulièrement délicate et **laisse très peu de temps pour réaliser les travaux**:
  - importance de l'enneigement et accès;
  - importance des crues printanières;
  - stade phénologique des plantes trop avancé si le lieu de provenance est à une altitude inférieure.

Merci de votre attention