Retours d'expérience sur les phytotechnologies : chantiers pilotes Géni'Alp et résistance mécanique des ouvrages

André Evette

5 octobre 2017

Un domaine des phytotechnologies:
Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion

Historiquement, techniques de construction fondées sur l'imitation des modèles naturels pour lutter contre l'érosion

Di Tella 1912

Un domaine de l'ingénierie écologique : Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion

Historiquement, techniques de construction fondées sur l'imitation des modèles naturels pour lutter contre l'érosion

Aujourd'hui; assurer un compromis entre :

- **Fonctions de protection contre l'érosion**
- Fonctions écologiques
- Fonctions récréatives

Optimisation des fonctions de protection contre l'érosion:

-Retour d'expérience sur les ouvrages Géni'Alp

-Analyse de la résistance d'une trentaine d'ouvrages

Retour d'expérience sur les ouvrages Géni'Alp

Tester les ouvrages dans leurs limites d'utilisation :

- Pente
- Transport solide

André Evette & Pierre-André Frossard

irstea

Interreg FRANCE-SUISSE

Géni Alp
Génie Végétal en Rivière de Montagne

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

Ouvrage sur le Pamphiot à Anthy/Léman

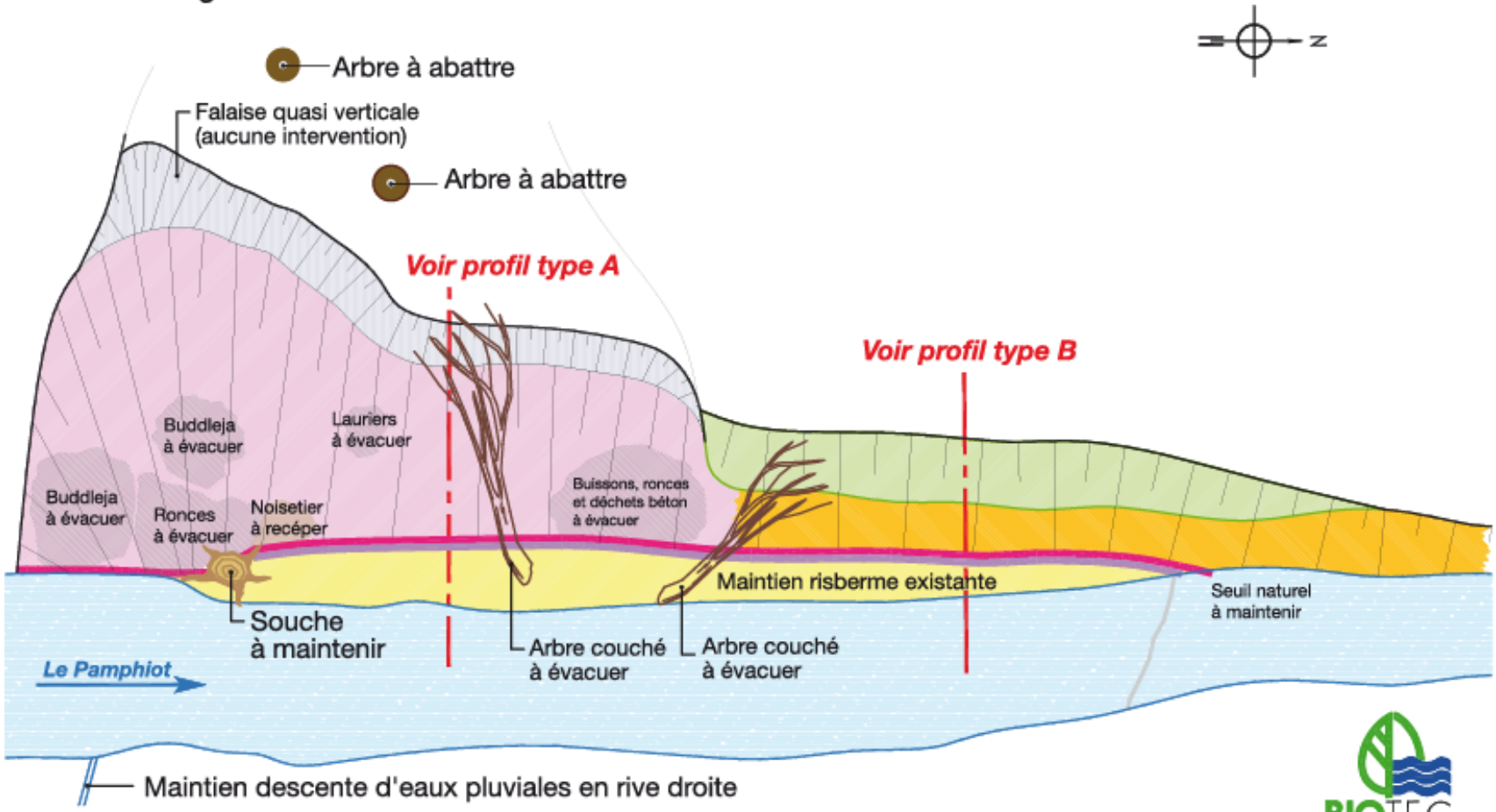
- Enjeux: bâtiment
- Pente de profil en long : 3,5 %
- Débit décennal : 9 m3/s
- Altitude: 430 m
- Glissement, argile
- Coût : 35 000 €

Erosion / glissement de terrain (10–12 m de haut)

Erosion de berge sur 25 ml

irstea SYMASOL Interreg FRANCE-SUISSE GeniAlp *Génie Végétal en Rivière de Montagne*

Chantier sur le Pamphiot - Anthy-sur-Léman
Situation générale



BIOTEC
Biologie appliquée SARL

Légende végétalisation ligneuse

- Fascine de saules (liste des plantes n°1)
- Lit de plançons (liste des plantes n°2)
- Lit de plants et plançons (liste des plantes n°3)
- Boutures de saules (liste des plantes n°4)
- Plantations d'arbustes (liste des plantes n°5)

irstea

Etat des lieux

Avant / après travaux

Mai 2011

Novembre 2011

Juin 2012

L'Avançon d'Anzeindaz à «Cergnement»

- Enjeux : route et pont
- Pente : 5 - 10 %
- Q100 : 57 m3/s
- Altitude : 1290 m
- Erosion du fond du lit
- Coût : 116 750 CHF

PA Frossard

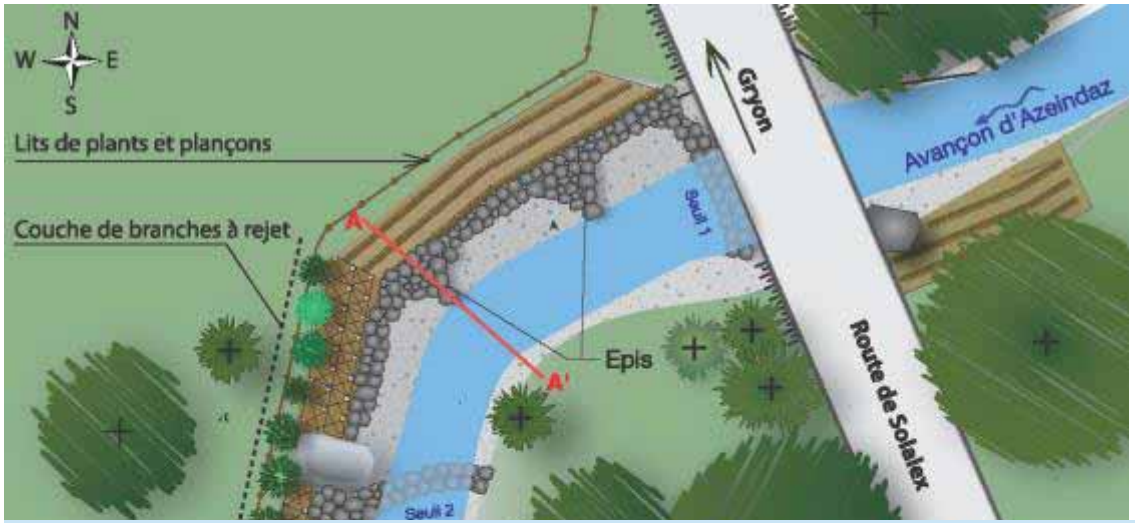
irstea

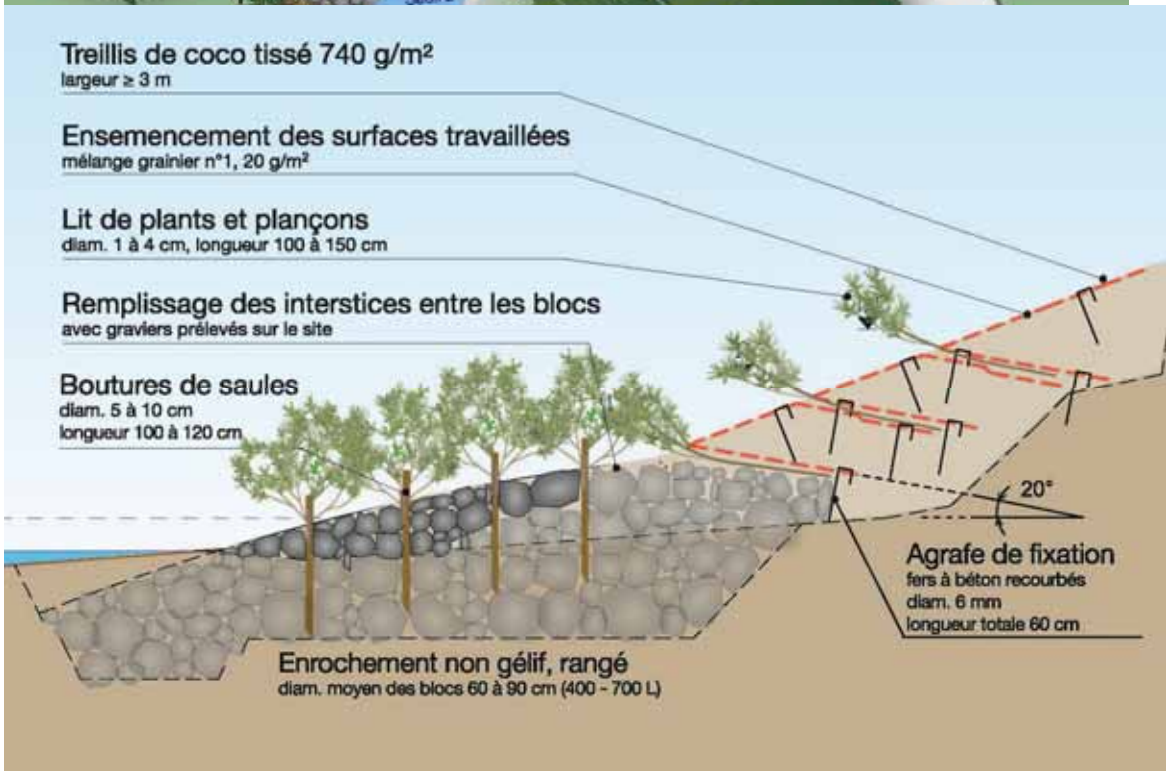
hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

GeniAlp
Génie Végétal en Rivière de Montagne

Choix techniques

- Maîtrise du profil en long : seuils
- Enrochement de pied et couche de branche sur la partie avale
- Epis végétalisés, enrochements de pied, lits de plants et plançons





Photos : PA Frossard

La Petite Gryonne à Ollon

- Enjeux : route et pont
- Pente : 12 %
- Q100 : 17 m3/s
- Altitude : 1323 m
- Glissement argileux
- Coût : 81 238 CHF

PA Frossard

irstea

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

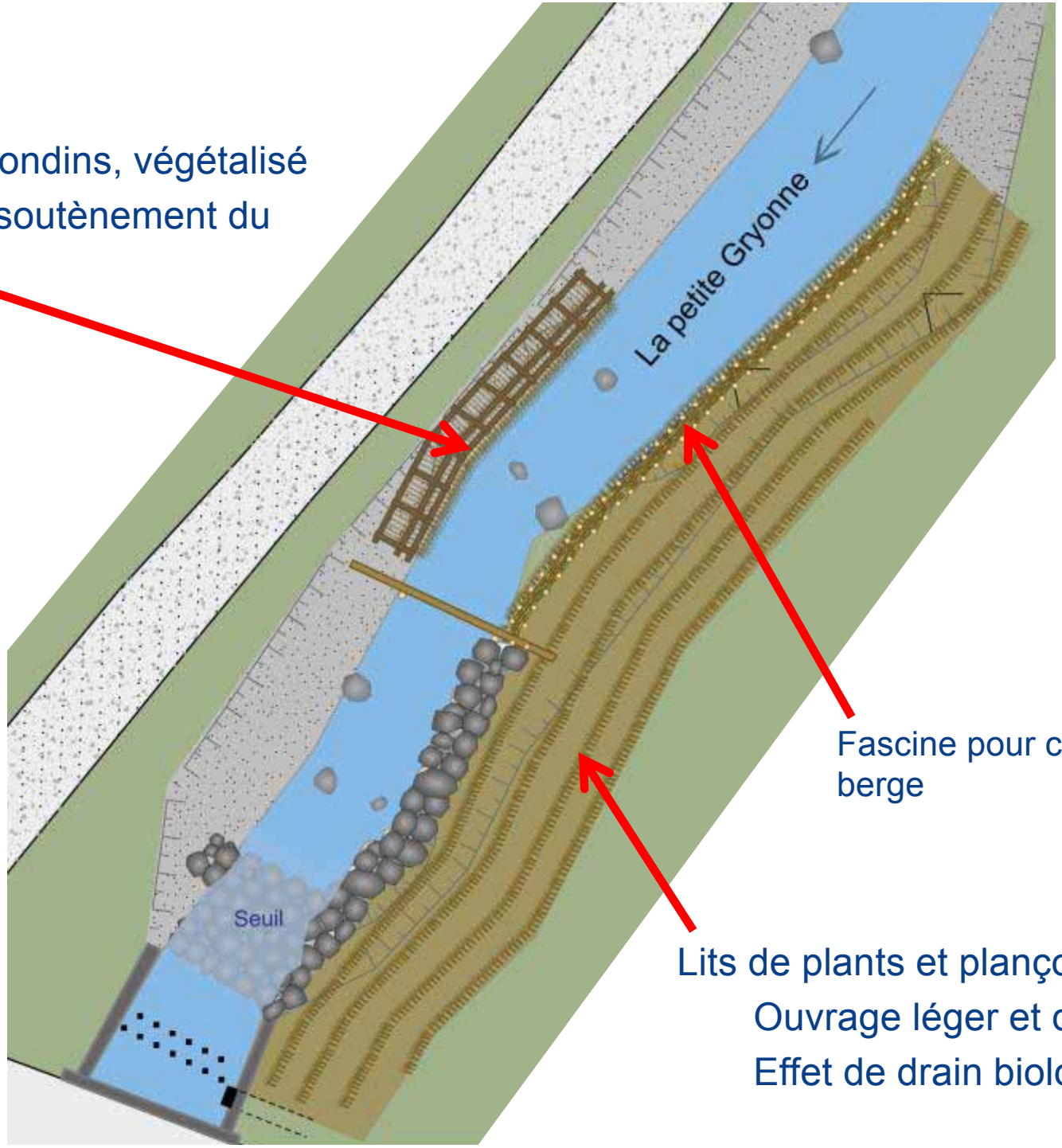
Interreg
FRANCE-SUISSE

GeniAlp
Génie Végétal en Rivière de Montagne

Situation initiale

Caisson en rondins, végétalisé

Ouvrage de soutènement du chemin



Fascine pour caler le pied de berge

Lits de plants et plançons

Ouvrage léger et déformable

Effet de drain biologique

Développement en 4ème période de végétation

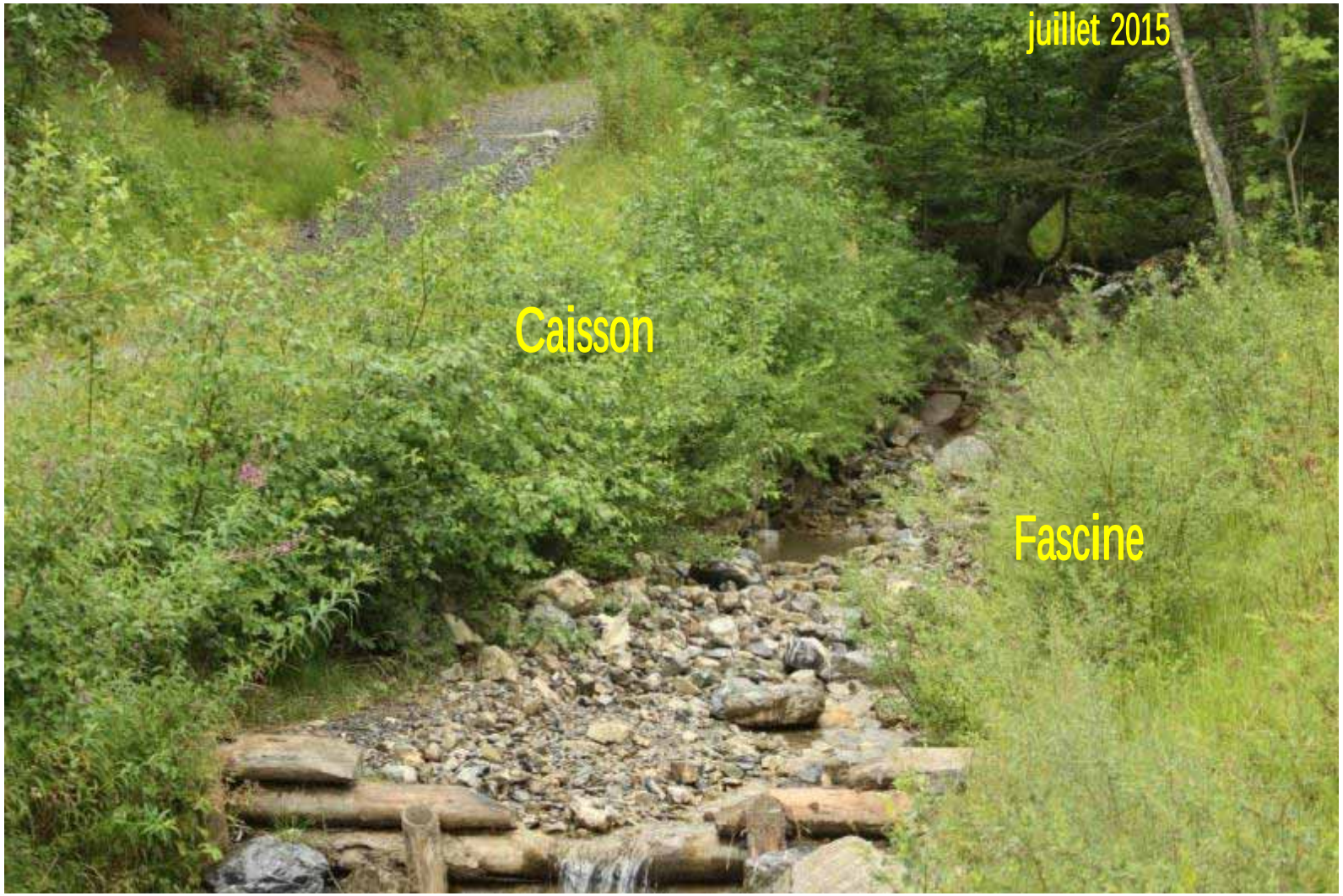
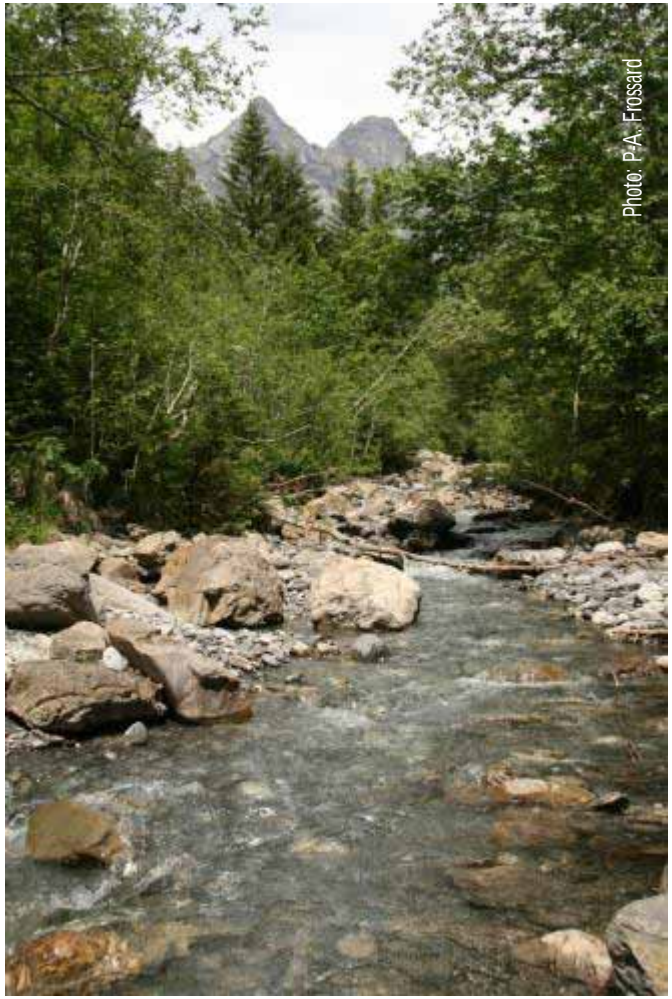


Photo : PA Frossard

L'Avançon d'Anzeindaz à Bex

- Enjeux : route
- Pente : 7 %
- Q100 : 57 m3/s
- Altitude : 1290 m
- Talus très haut et raide (> 10 m)
- Coût : 142 708 CHF



irstea

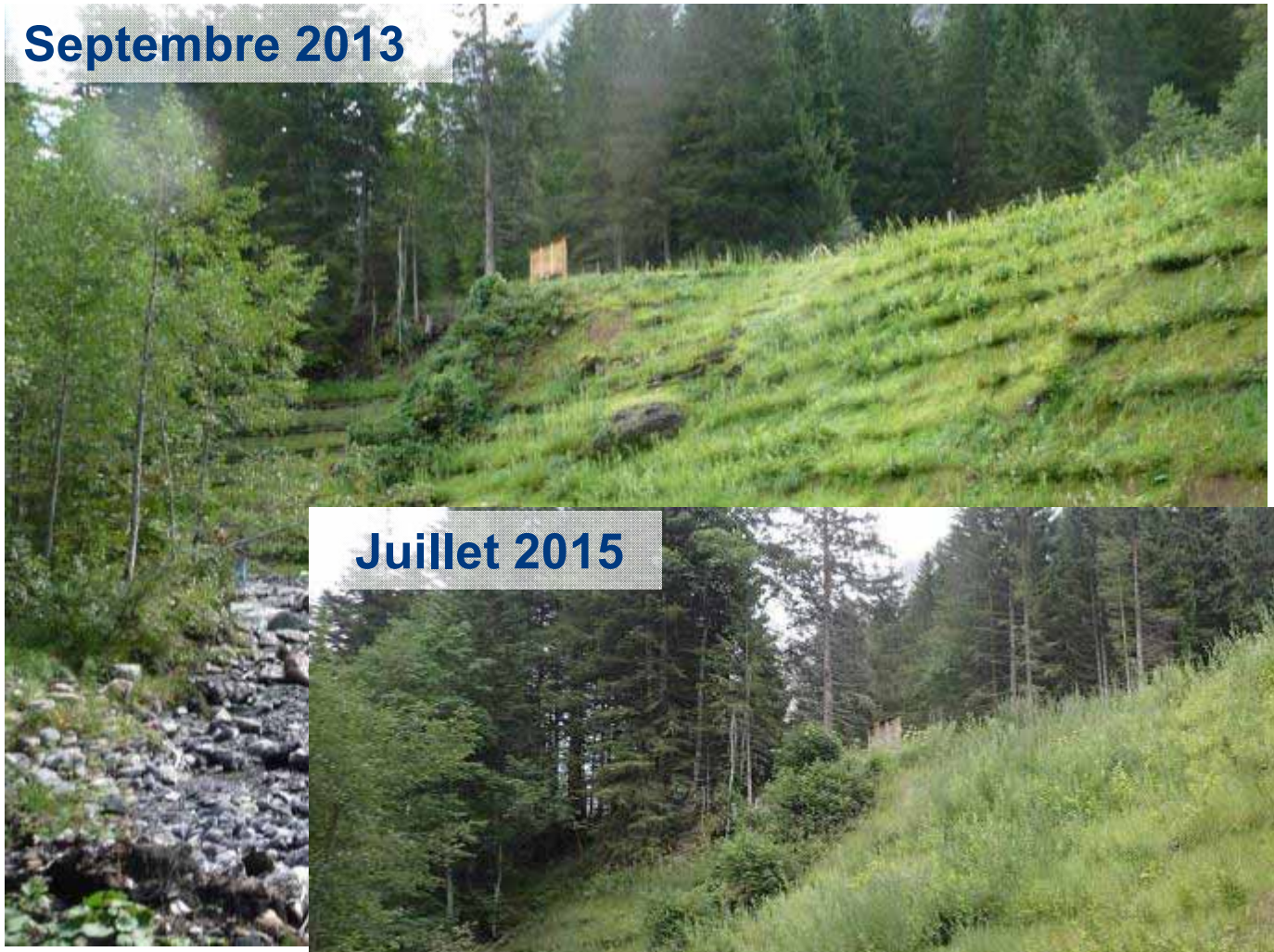
hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Interreg
FRANCE-SUISSE

GeniAlp
Génie Végétal en Rivière de Montagne

Avançon d'Anzeindaz : situation initiale

- Glissement de terrain et érosion de berge combinés


Septembre 2013

Juillet 2015

Végétalisation d'enrochements existants

- Contexte
  - Cours d'eau endigué à 70 %, lourd patrimoine d'enrochements
  - Pas d'espace disponible
  - Milieu inhospitalier
  - Présences d'espèces exotiques envahissantes
- Objectifs :
  - Paysager,
  - Biodiversité,
  - Contrôle des d'espèces exotiques envahissantes
  - Restauration des corridors

irstea

Genie Alp
Génie Végétal en Rivière de Montagne

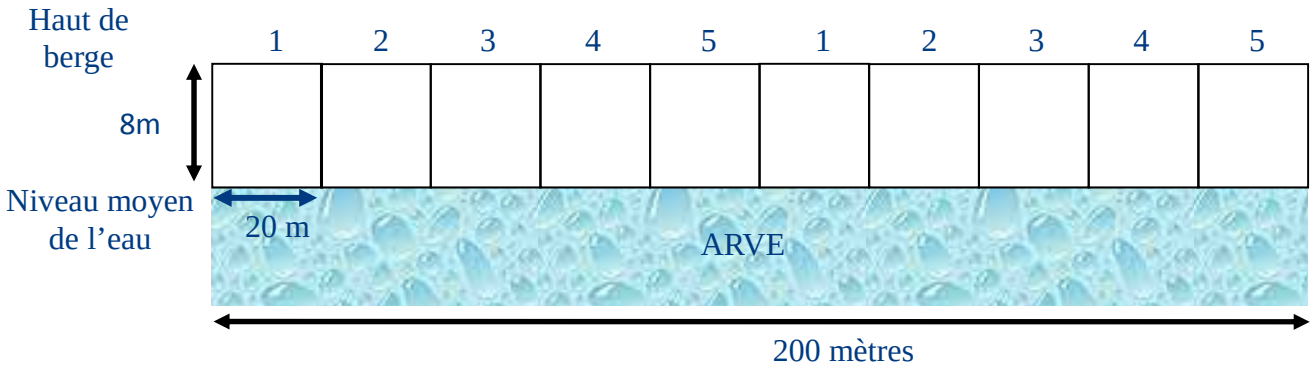
Interreg
FRANCE-SUISSE

Choix techniques

Consistance des travaux - 5 traitements différents: :

1. Forage - Injection terre liquide – Bouturage
2. Terre liquide dans les interstices - Bouturage
3. Idem 2 + géotextile coco
4. Placage de terre - Bouturage
5. Idem 4 + géotextile coco

Répétition berges Nord et Sud



2010

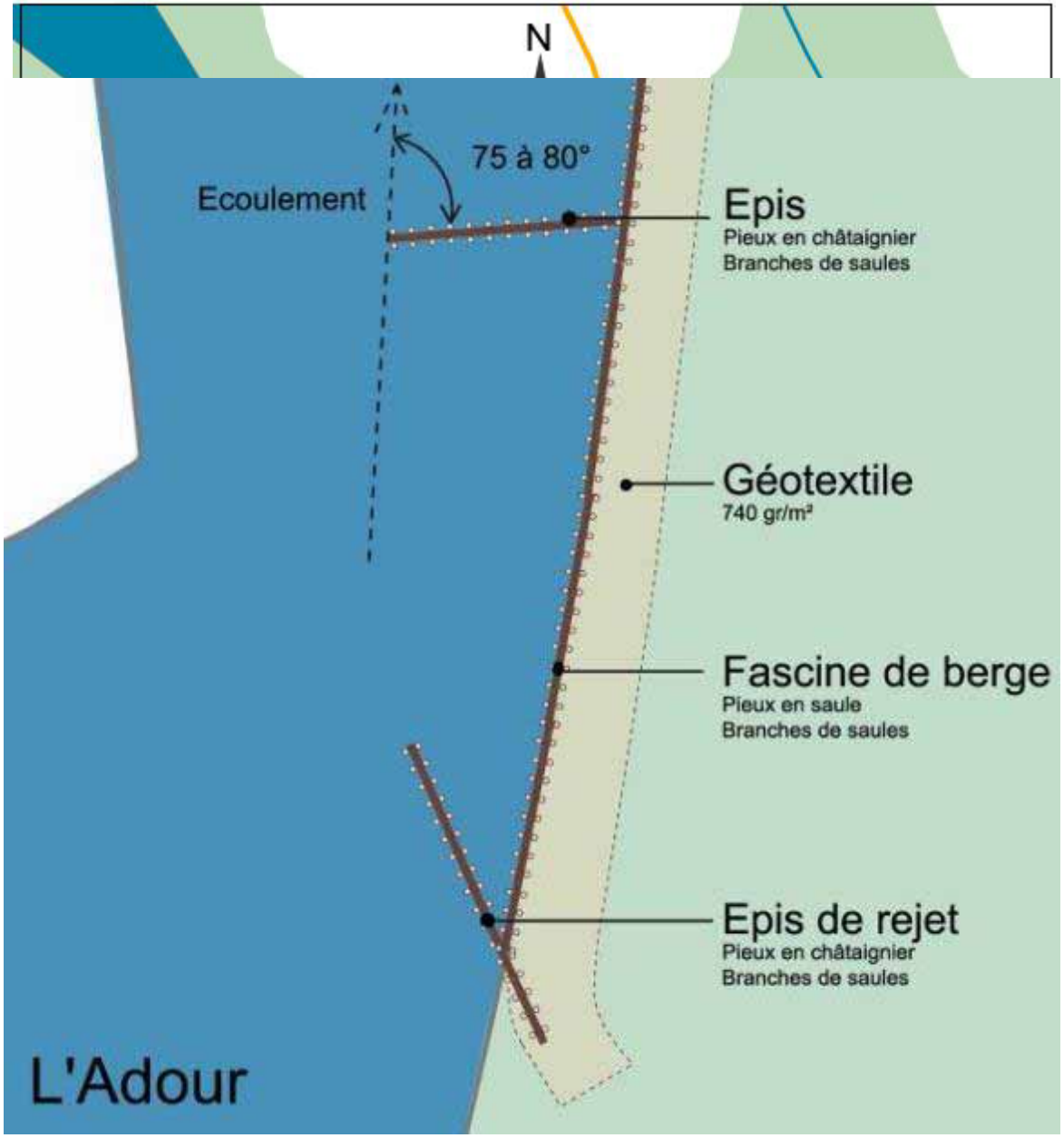
2011

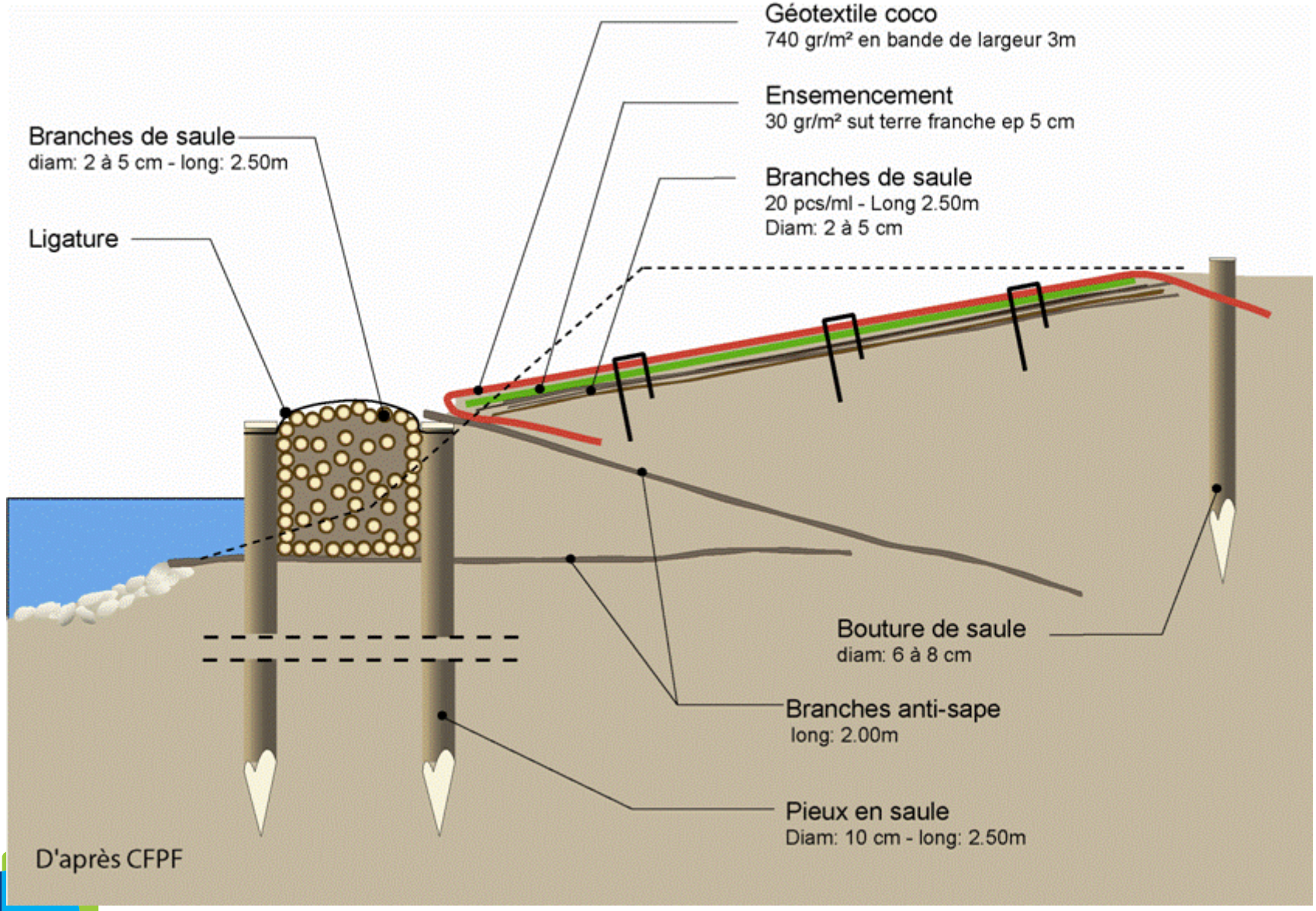
Remplissage des interstices des enrochements

Mise en place des pieux vivants

Retour d'Expérience Géni'Alp L'Adour à Montgaillard

Conception et réalisation : CFPF




Géotextile coco
740 gr/m² en bande de largeur 3m
Ensemencement
30 gr/m² sut terre franche ep 5 cm
Branches de saule
20 pcs/ml - Long 2.50m
Diam: 2 à 5 cm
Branches de saule
diam: 2 à 5 cm - long: 2.50m
Ligature
Bouture de saule
diam: 6 à 8 cm
Branches anti-sape
long: 2.00m
Pieux en saule
Diam: 10 cm - long: 2.50m
D'après CFPF

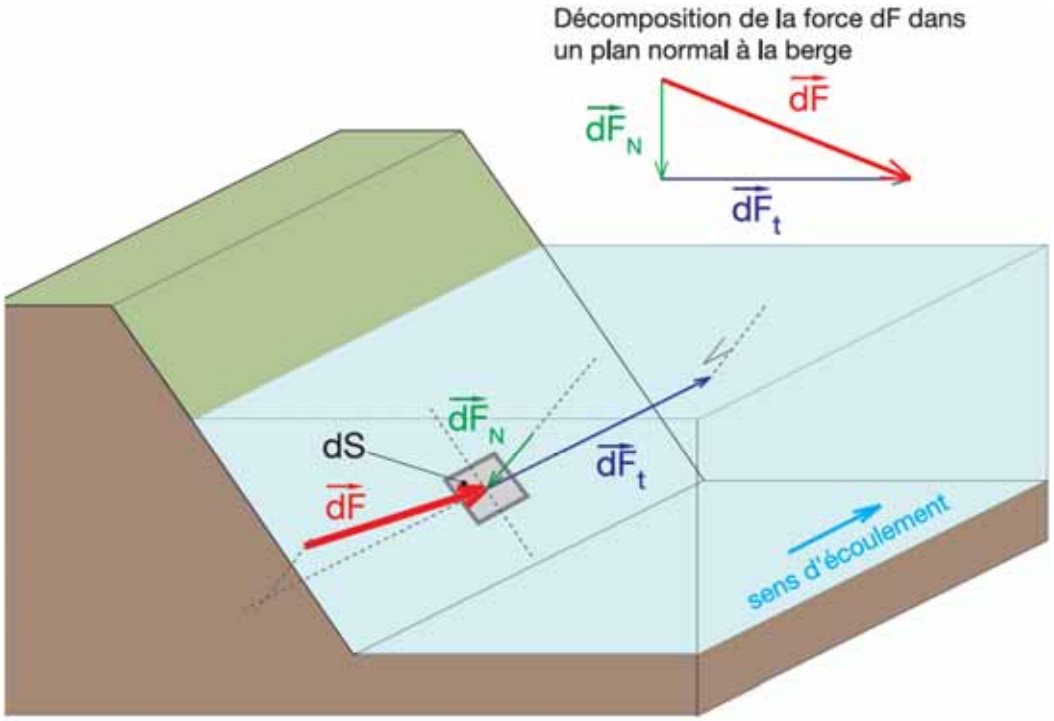
L'Adour à Montgaillard

Ouvrage 100 % génie végétal sur une pente > 1 %

L'Adour à Montgaillard

Photo : N Daumergue
Avril 2011

Que dit Newton ?



dS : Surface élémentaire de la berge
$\vec{dF}_N$: pression élémentaire exercée par l'eau sur la surface dS
$\vec{dF}_t$: Force tractrice élémentaire exercée par l'eau sur la surface dS
$\vec{dF}$: Force élémentaire exercée par l'eau sur la surface dS

$$\tau = \rho.g.R.j$$

τ = force tractrice (N/m^2)

ρ= masse volumique de l'eau (kg/m^3)

g = accélération de pesanteur ($m.s^{-2}$)

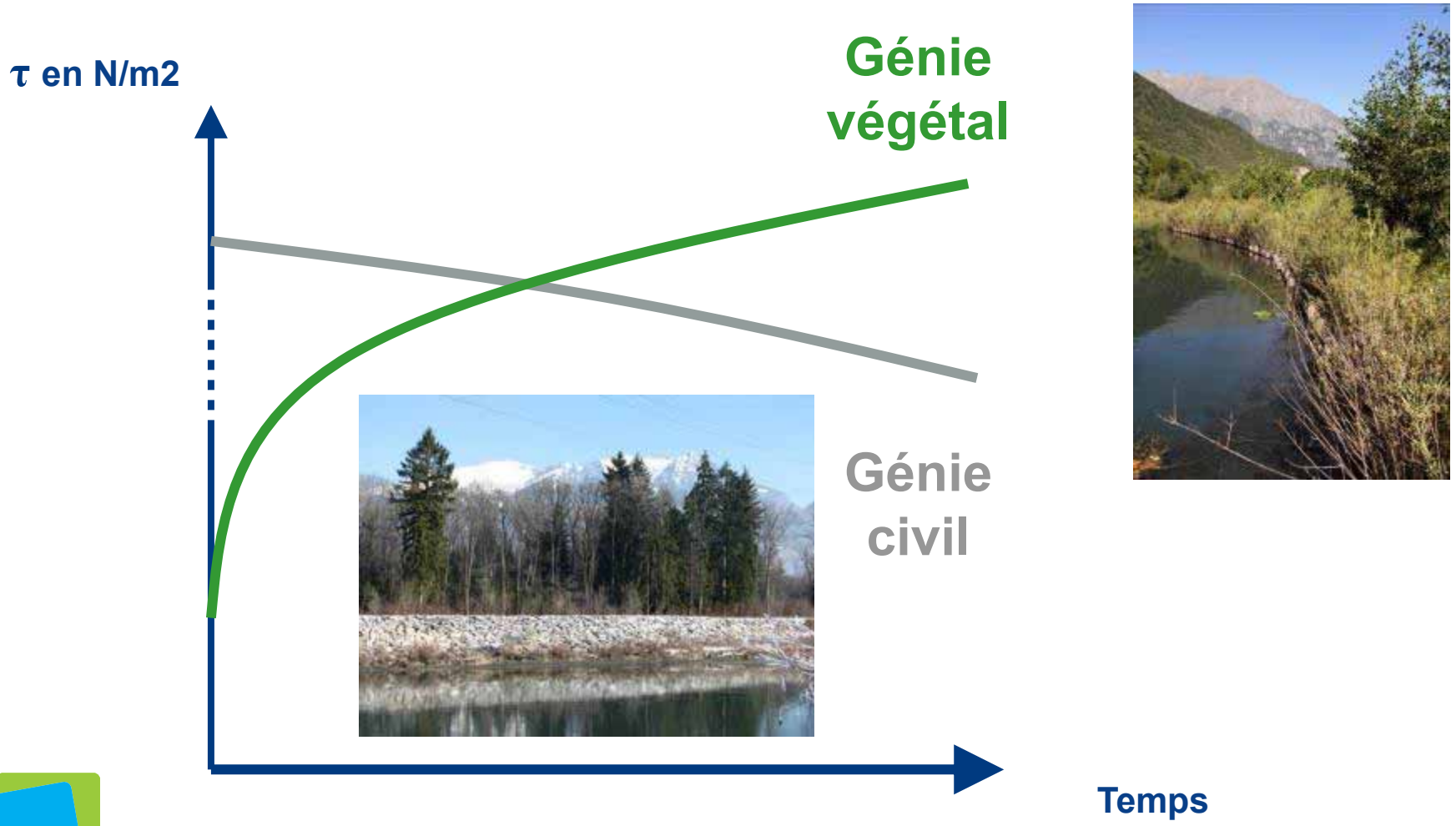
R = rayon hydraulique [m] = (surface mouillée)/(périmètre mouillé)

j = perte de charge linéaire (m/m) [i]

Détails des efforts exercés par l'eau sur les parois d'un tronçon de rivière rectiligne.

Fonction de résistance à l'érosion

Résistance des ouvrages au cours du temps



Analyse des limites mécaniques des ouvrages

Méthodes

Recensement des sites

Ouvrages rompus ou ayant tenus

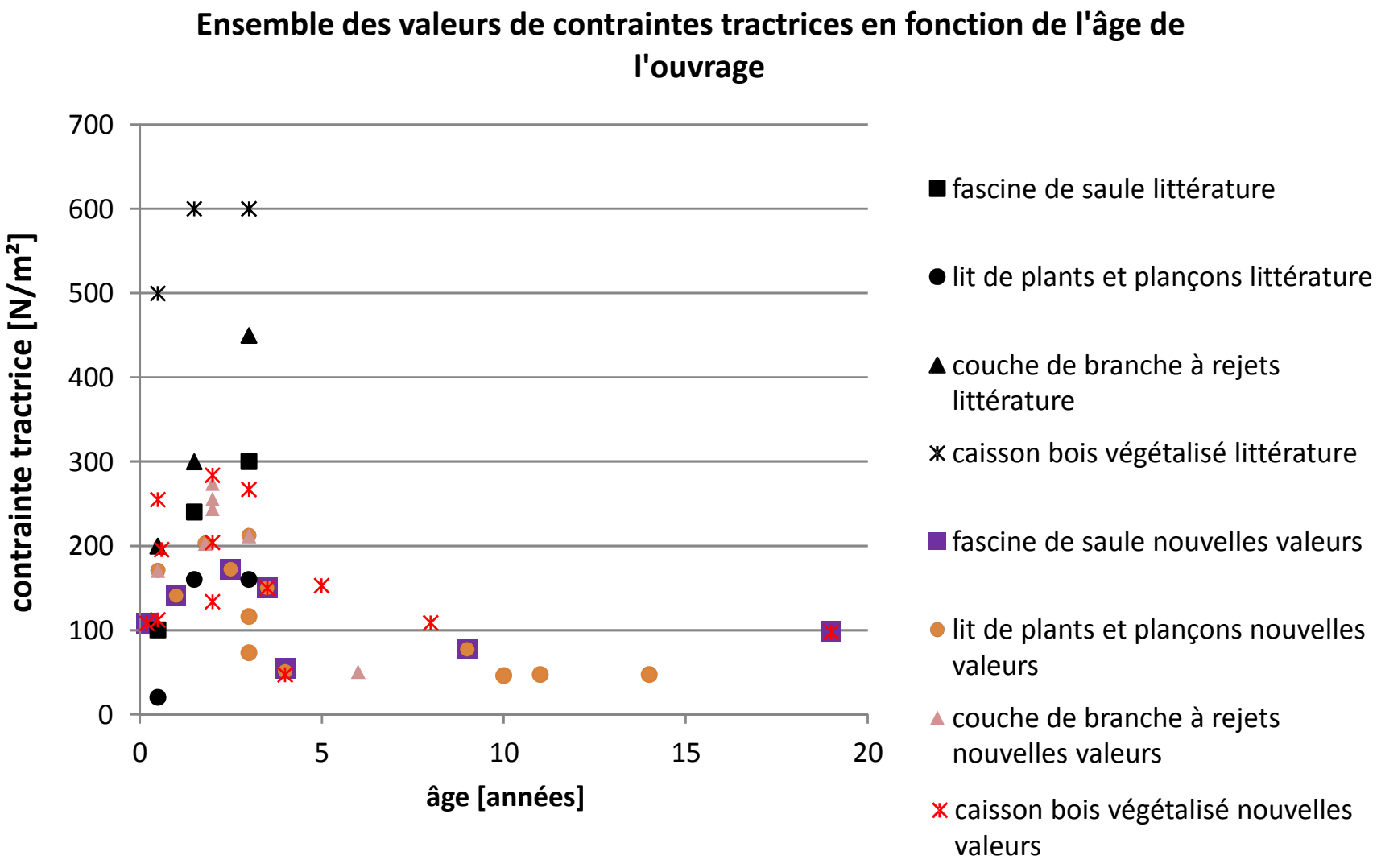
Définition de la rupture

Echelle de l'acquisition des données

- Approche géomorphologique à l'échelle du tronçon
- Estimation des débits de crue et hauteurs d'eau

Méthodes de calcul de la contrainte tractrice

- Équation de Manning-Strickler
- Variable Power Exponent equation (VPE)
- L'hypothèse de Froude unitaire


Ensemble des valeurs de contraintes tractrices en fonction de l'âge de l'ouvrage
contrainte tractrice [N/m²]
700
600
500
400
300
200
100
0
0
5
10
15
20
âge [années]
fascine de saule littérature
lit de plants et plançons littérature
couche de branche à rejets littérature
caisson bois végétalisé littérature
fascine de saule nouvelles valeurs
lit de plants et plançons nouvelles valeurs
couche de branche à rejets nouvelles valeurs
caisson bois végétalisé nouvelles valeurs

Limites de l'approche

Forte incertitude, données indicatives

Typologie des ouvrages (enrochements…)

Variabilité des causes de rupture (erreur de conception, contournements, glissement, infiltrations, mortalité…)

Pas une mesure exacte des contraintes réelles

Faiblesse du nombre d'échantillons

Un domaine de l'ingénierie écologique :
Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion

Aujourd'hui; assurer un compromis entre :

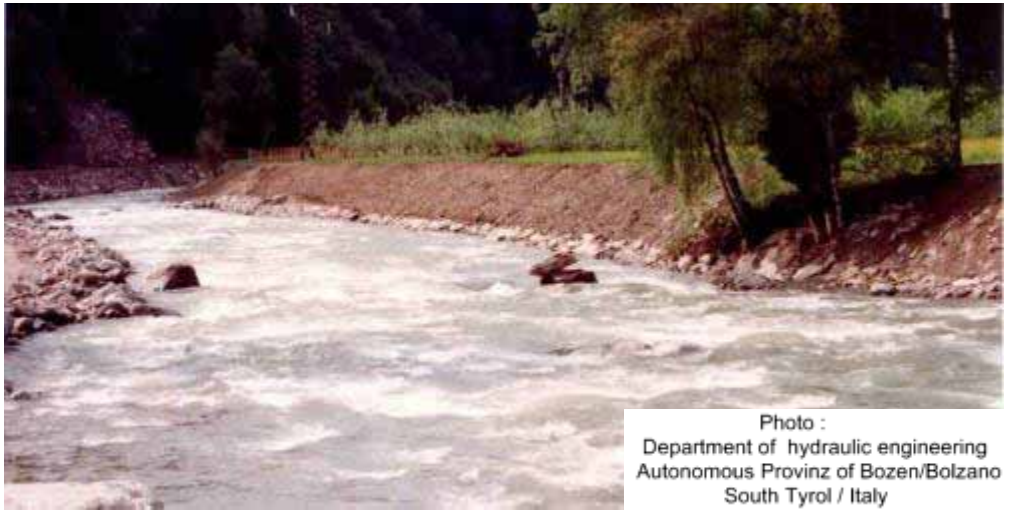
- Fonctions de protection contre l'érosion
- **Fonctions écologiques**
- Fonctions récréatives

Optimisation des fonctions d'accueil de la biodiversité:

- Qualité des habitats restaurés
- Fonctions de conservation
- Fonctions de résistance au changement global
  - Espèces exotiques envahissantes
  - Sécheresse

Merci à tous les collègues qui ont participé et pour votre attention !

1992



2011