

Événement labellisé



# Solutions fondées sur la nature appliquées aux risques gravitaires

Possibilités, limites, enjeux

**Mardi 19 novembre 2024**

St Bonnet en Champsaur



## Développements d'écrans forestiers pare-blocs

Nicolas VILLARD  
NGE FONDATIONS Grenoble



Co- Organisation



Dans le cadre de la  
dynamique partenariale  
RESAlpes

Avec le soutien de



EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

# Bois & ouvrages de protection ? souvent quasi-statique et « passivé »...



*Pieux bois / protection littorale*



*Ecran pare-pierres (NF)*



*Barrière de rétention*



*Claie paravalanche*



*Correction torrentielle / berge*

# Ecrans pare-blocs : usage conventionnel

## Principaux composants :

1. Poteaux support (< 9 m / 800 kg)
2. Filets d'interception (< 10 kg/m<sup>2</sup>)
3. Câblerie + dissipateurs d'énergie
4. Ancrages géotechniques forés

## Fonctionnement :

- Parade « passive » = déformable (10 m)
- Capacités < 8000 kJ  
= bloc de 20 t @100 km/h – H 40 m



# Ecrans pare-blocs : réalisation des travaux

## Contraintes d'installation : (savoir déroger)

- Utilisation réglementée (CE / NF...) : *cf. essai éch. 1:1*
- Souvent difficile d'adapter l'ouvrage au terrain (escarpé)
- Impact environnemental, visuel : déboisement emprise > 5m
- Modes opératoires & circulation matériels ?
- Arbres à conserver : résistance au vent ? entrave ?

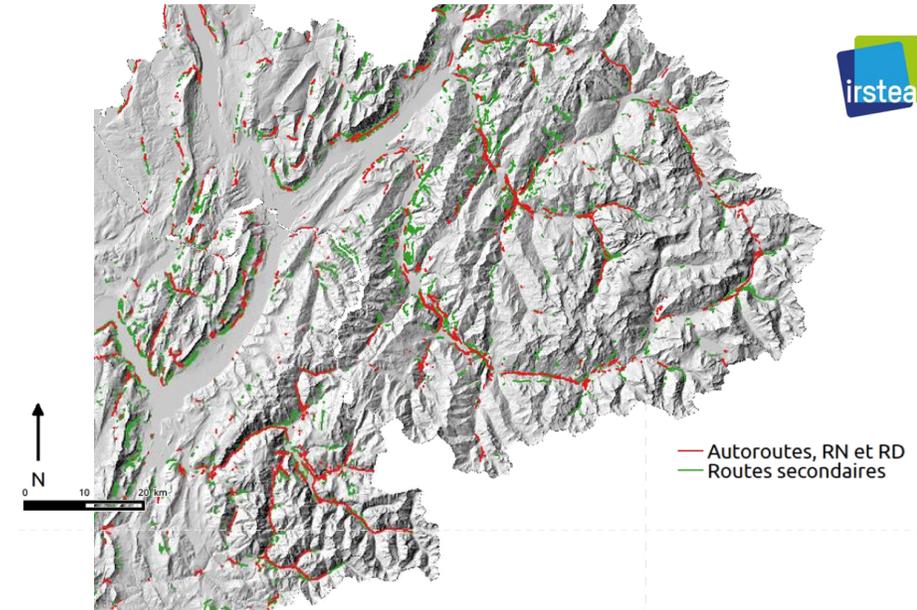


# Forêt de protection : apports structurels ? (aperçu biblio.)

## Développements récents :

- Essai de caractérisation en versant boisé [INRAE] *cf. abaques*
- Intégration en trajectographie [ROCKYFOR]
- Andins déflecteur + rugosité [ONF – GAM]
- Dendro-chronologie / datation mouvements anciens
- Zonage & cartographie des forêts de protection [CD38-73, PNR Baronnies...]

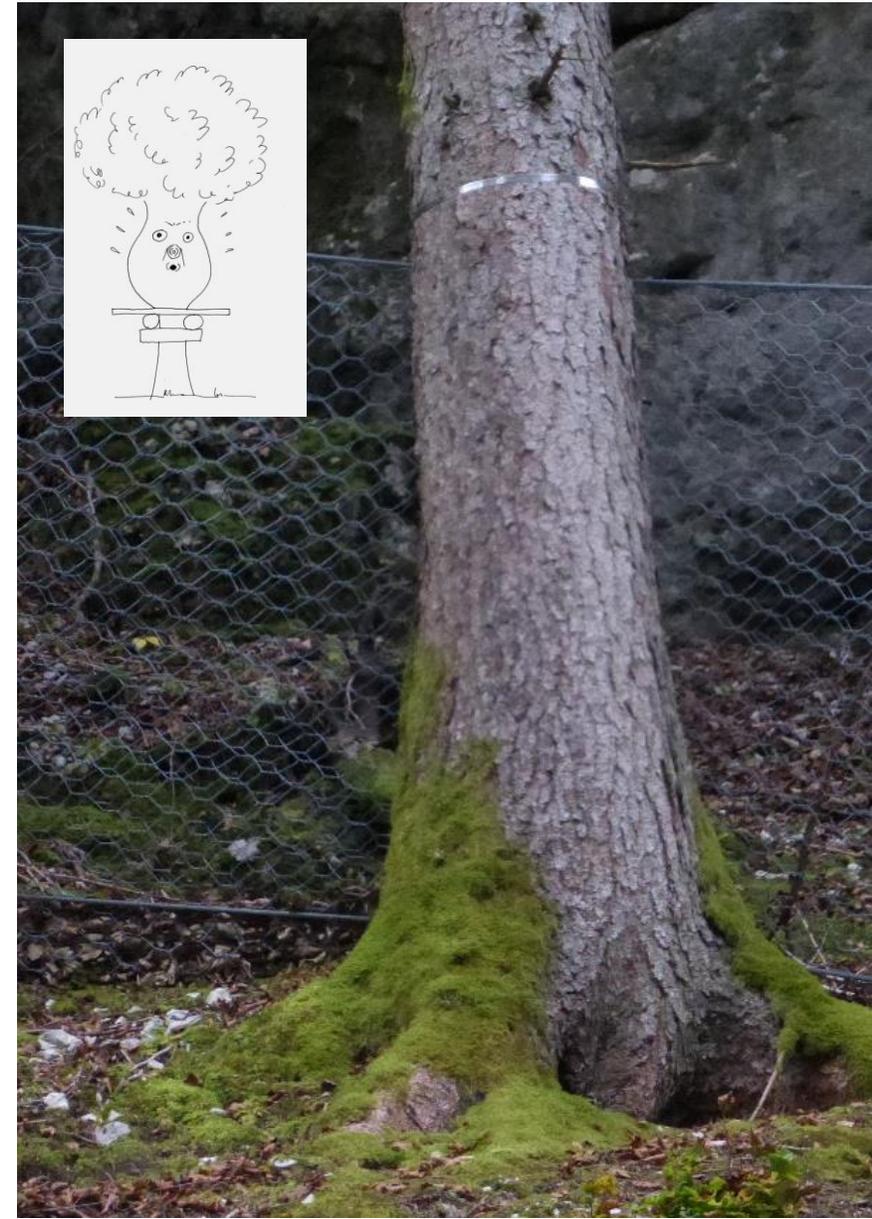
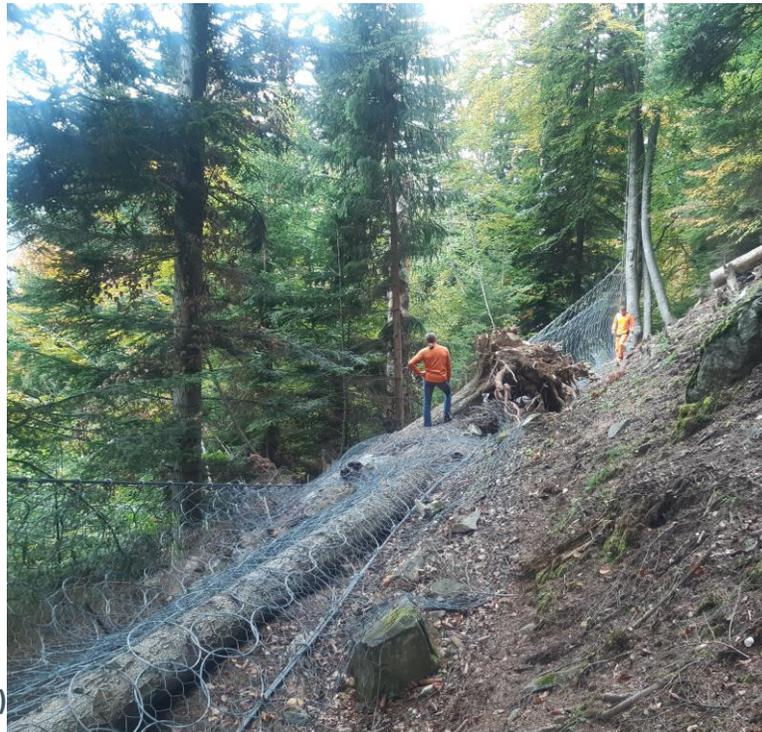
		Energie maximale moyenne dissipable par un résineux, p ha						
		40m		35m		30m		
		Himpact	2m	3m	2m	3m	2m	3m
DHP (cm)	10		7	6	7	5	7	5
	15		19	14	18	13	17	12
	20		36	28	35	26	34	23
	25		61	46	59	43	57	38
	30		92	71	90	65	86	58
	35		132	101	128	93	123	83
	40		179	138	174	127	168	113
	45		235	181	229	167	220	149
	50		300	231	292	213	281	189
	55		374	287	364	265	350	236
	60		458	351	445	324	428	289
	65		550	423	536	390	515	347
	70		653	502	636	463	611	412
	75		766	588	745	543	717	483
	80		889	683	865	630	832	561
	85		1023	785	995	725	957	645
	90		1167	896	1136	827	1093	736
95		1323	1016	1287	937	1238	834	
100		1489	1143	1449	1055	1394	939	



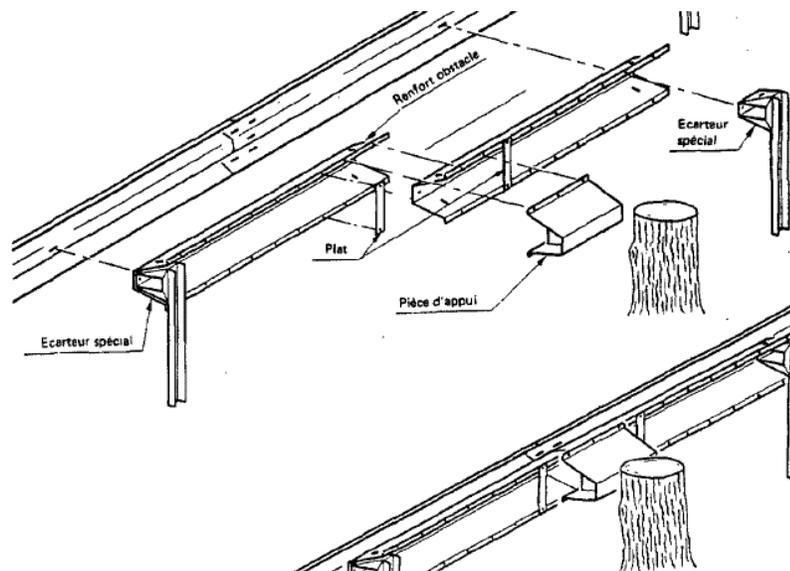
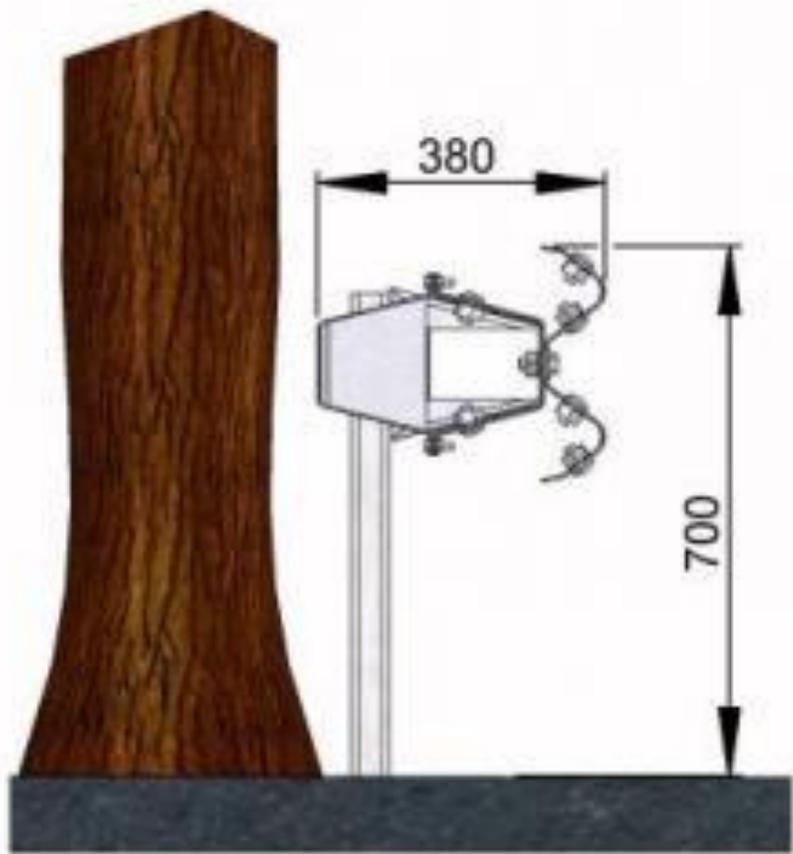
## Ecrans forestiers : attention aux pratiques « artisanales »

### Erreurs à éviter (parfois contre-intuitives) :

- Cerclage des troncs
- Absence de dissipateurs
- Pas de diagnostic mécanique , racinaire, tenue au vent...
- [...]



# Arbres vs. « impact dynamique » ? exemple des glissières de sécurité (aussi CE...)

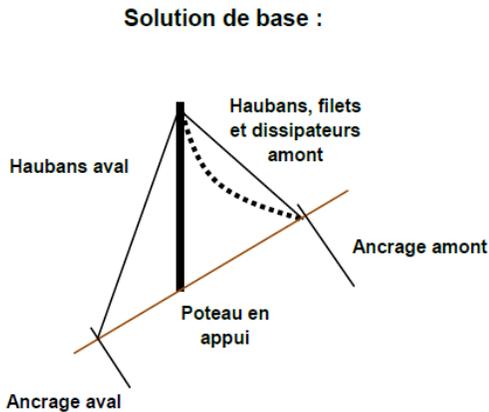


# Ecrans forestiers : variantes possibles

## 4 modes d'utilisation:

**N° 0 :**  
Ecran CE  
(normalisé)

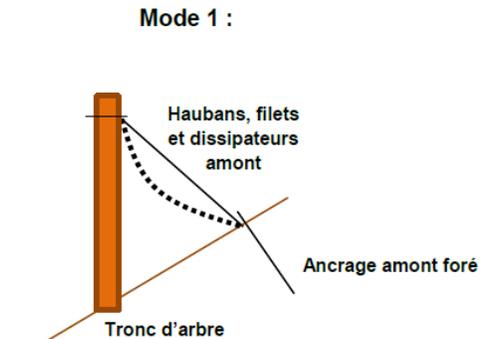
**NORMAL**



Solution de base, à éviter.

**N° 1 :**  
Arbres  
« seulement » support

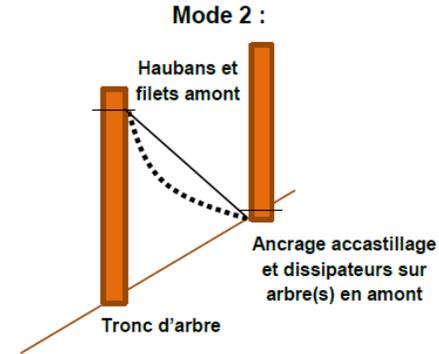
**QUASI-STATIQUE**



Compromis dans le cas de petits arbres ne pouvant supporter que le poids propre du filet.

**N° 2 :**  
Arbres support  
+ ancrages

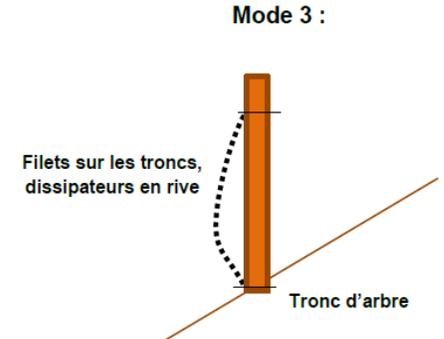
**QUASI-STATIQUE**



Compromis idéal permettant d'utiliser la bonne résistance des bouquets d'arbres amont en lieu et place d'ancrages forés.

**N° 3 :**  
Arbres dissipant  
(cf. essais R&D)

**DYNAMIQUE**

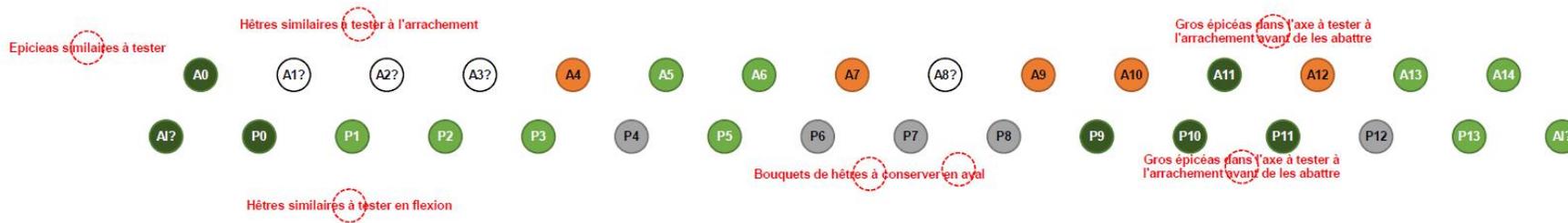


Adaptation ultime recherchant le potentiel de dissipation des arbres (flexion). Sauf cas particulier, les arbres du site sont limités pour les niveaux d'énergie en jeu (3000 kJ). Démarche R&D expérimentale pour les exigences opérationnelles / réglementaires du projet.

# Ecran forestier #0 : pré-implantation / calepinage

## Etude de faisabilité sur site :

- Qualité du couvert forestier : inspection visuelle ( $\varnothing > 20\text{cm}$ )
- Géométrie des modules : H 2 – 8 m ; L 8 – 20 m (poteaux / ancrages en complément)



Supports	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Type	Epicéa	Hêtre	Hêtre	Hêtre	Poteau métal.	Hêtre	Poteau métal.	Poteau métal.	Poteau métal.	Epicéa	Epicéa	Epicéa	Poteau métal.	Hêtre
L module (m)	-	10	11,5	11,6	12,6	13,6	14	14	14	16	10	15	11	12
Périmètre (cm)	170	150	200	250	-	240	-	-	-	150	170	160	-	210
Obs.	Ou amont si trop fendu ?						2 bouquets aval à conserver		Ou hêtre amont   Ou PM / portée ?		Congénères à tester avant abattage !			



### Légende terrain / couleurs :

<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">A confirmer</span>	P : support / poteau ou arbre
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; padding: 2px;">Epicéa ou résin.</span>	H : hêtre ou feuillu
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; padding: 2px;">Hêtre ou feuillu</span>	E : epicéa ou résineux
<span style="background-color: #808080; border: 1px solid black; padding: 2px;">Poteau métal.</span>	M : métallique
<span style="background-color: #FF8C00; border: 1px solid black; padding: 2px;">Ancre foré</span>	A : ancrage amont ou latéral
	F : foré
	T : test flexion / arrachement

### Bilan préalable :

Arbres supports :	9
Poteaux métal. :	5
	14
Arbres ancrages :	8 à 12
Ancrages forés :	5 à 9
	17



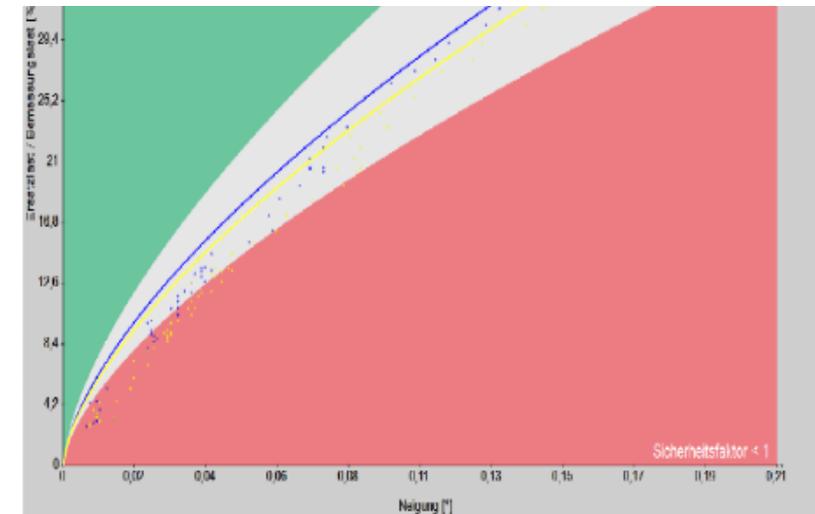
# Justification #1 : aptitude à supporter le poids des filets ? (< 800 kg)

## Principes :

- Inspection arboricole, sanitaire, mécanique (visuelle, manuelle, sonde, résistographe...)
- Essai de flexion (non destructif) : traction à ~ 2 t @ H 5 m (tirefor)
- Instrumentation de la réponse (élastomètres, clinomètres)
- Analyse de la stabilité globale et anomalies de croissance (racines...)



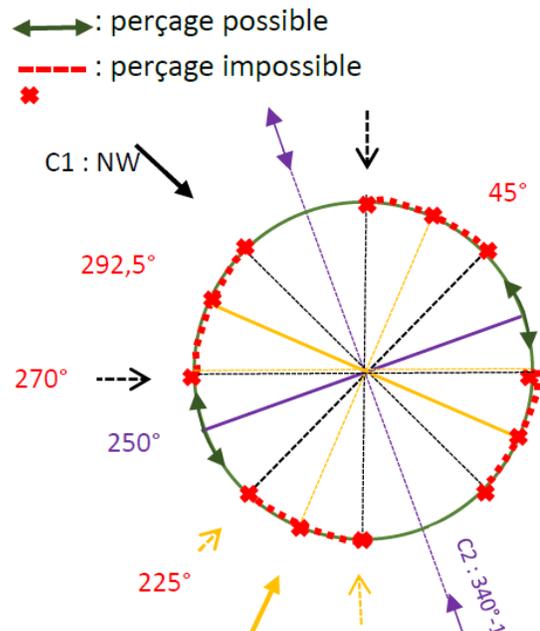
Rechnerische Standsicherheit gemäß Zugversuch



## Justification #2 : fixation / perçages

### Principes :

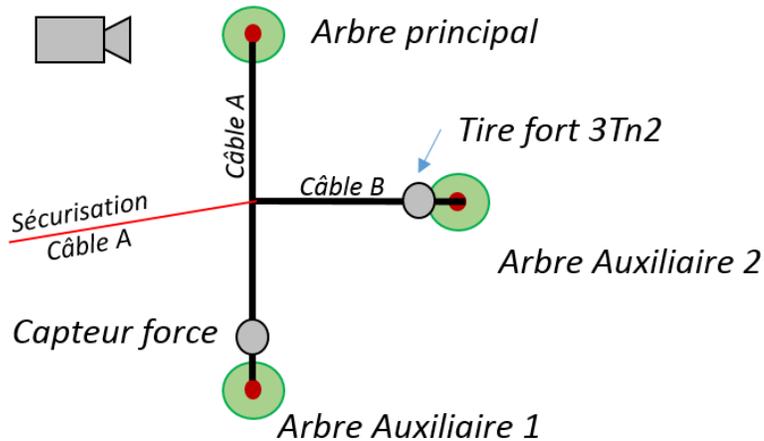
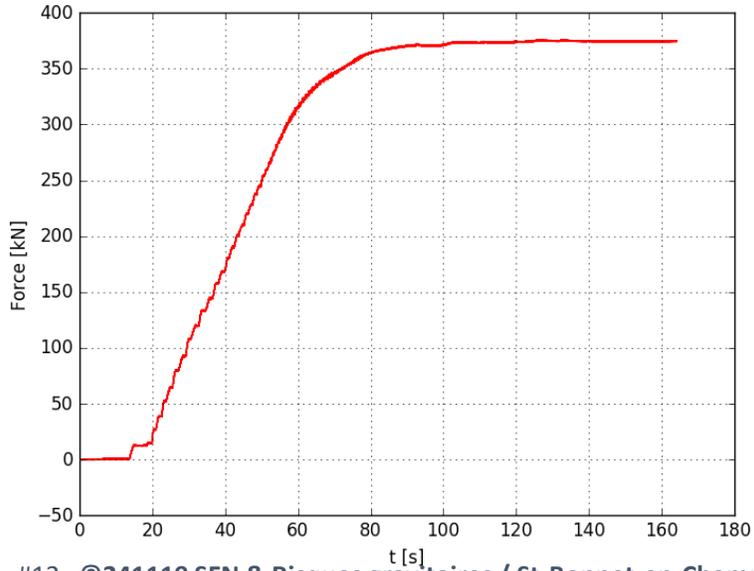
- Perçage du tronc : durable et non traumatisant
- Equipement spécifique : sanitaire / cicatrisation
- Fixation dédiée pour accastillage câbles et filets
- Paramètre dimensionnant : le vent ! (orientation, compression...)



# Justification #3 : ancrages

## Principes :

- Utilisation d'arbres comme ancrages « géotechniques »
- Essais de traction / cisaillement au sol (NF)
- Procédure délicate : > 40 t (en accès difficile / sécu.)
- Fondation sur arbre >> ancrages forés (éboulis, eau...)



## Justification #4 : référence aux essais dynamiques (éch. 1:1)

### Références :

- 4 campagnes d'essais à 100 et 500 kJ entre 2016 et 2020
- Blocs < 1000 kg @ 100 km/h
- Rétro analyses + modélisations DEM / FEM [Thèse L. DUGELAS / INRAE]



# Justification #5 : arbre support & arrêt du bloc

## Principes :

- Accepter la ruine d'un poteau / arbre si test validé (bloc intercepté)
- Adapter l'ouvrage au terrain (et non l'inverse !)
- Rester aussi proche que possible de l'ouvrage CE testé [CEREMA]



Information memo  
Constructions

### Dynamic rockfall barriers Recommendations for their specifications

The purpose of this document is to advise the contracting authorities for public works contracts and framework contracts, and project managers, on the way in which they draw up their technical specifications for protection against falling rocks that requires "dynamic rockfall barrier" type products.

These recommendations were drawn up further to the following observations:

- the full-scale tests that are now made on this type of product produce new characteristics, to which we can now refer;
- the multitude of existing products and the constant innovation in this field prevent a comprehensive product catalog from being created, which could be used to choose the right specific product for protection projects;
- all too often, choosing unsuitable specifications results in the product being unsuited to the site.

Moreover, the regulations applying to dynamic rockfall barriers have changed. In 2008, European Technical Approval Guidelines N°027 "Falling rock protection kits" (ETAG 027) [1] was published, which defines the manner in which full-scale tests of these products should be conducted. Before this, a French standard – NF P95-306 "Rock falling protection equipment. Net traps" [2] – had applied. On July 1, 2013, the construction products directive (DPC) [3] was replaced in full by the construction products regulation (RPC) [4]. This regulation modifies the notion of CE marking for dynamic rockfall barriers.

These recommendations refer to the notion of protection structures, so that specifications are based on the structure to be installed rather than the product to be purchased. As far as possible, these recommendations take the global protection project into consideration, from the design to the durable character of the product (maintenance, repairs, etc.).

Since full-scale tests are costly, these recommendations are not intended to impose additional tests.

These recommendations are based on the current state of knowledge of the behavior of this type of protection structure.

Note n° 01 | August 2014

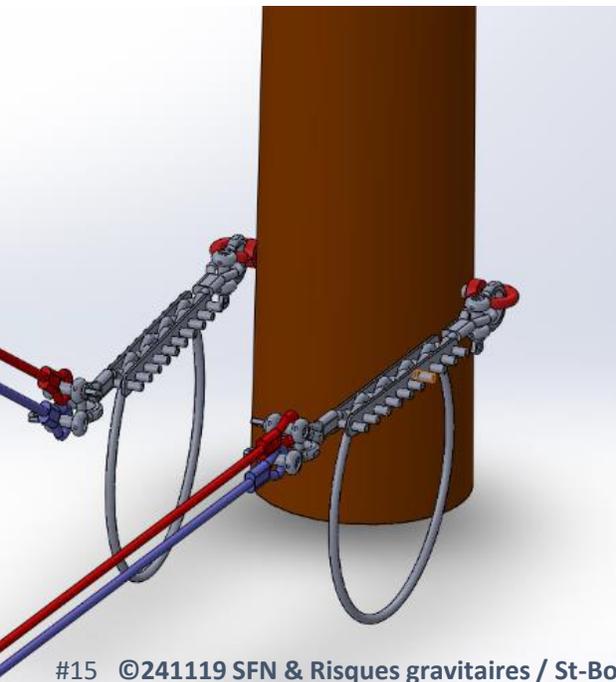
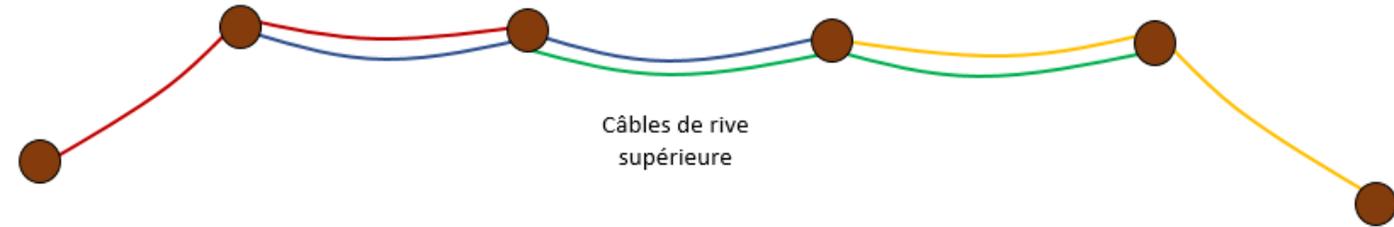
"Connaissances" Collection



# Ecrans forestiers : composants clef

## Dissipateurs :

- Jusqu'à 90 % de l'énergie / 120 kN
- Redondance des câbles de rive
- Haubans amont en sus le cas échéant



## Ecrans forestiers : exemples 100 kJ – 3000 kJ



## Ecrans forestiers : exemples de sollicitations réelles



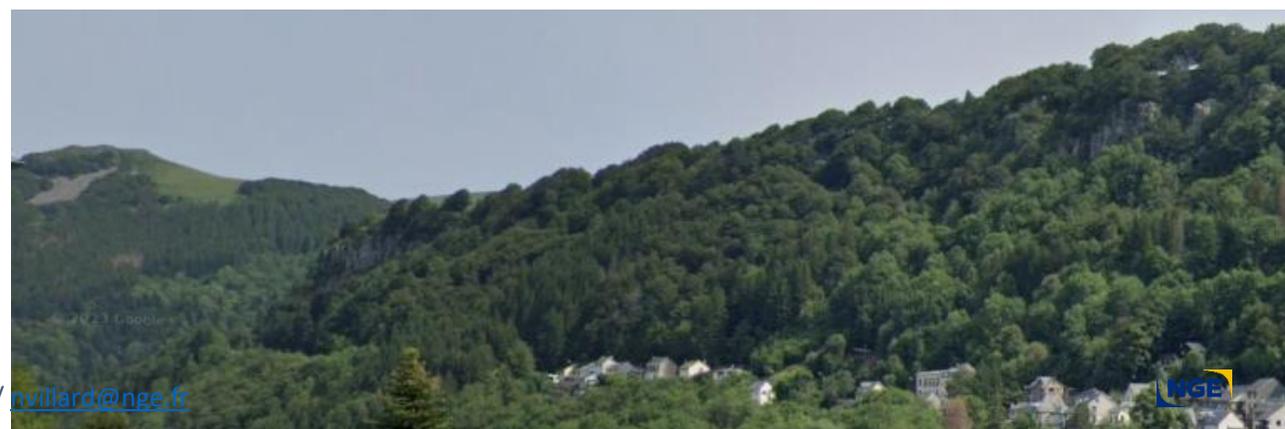
# Ecrans forestiers : économies d'échelle ?

## Exemple sur 180 ml d'écran 3000 kJ :

- 9 arbres support  
= 8 poteaux + ancrages économisés
- 4 ancrages sur arbre  
= 15 ancrages économisés
- Moindre impacts visuel / bilan C  
~ - 50 % Acier / Ciment

## Vigilance :

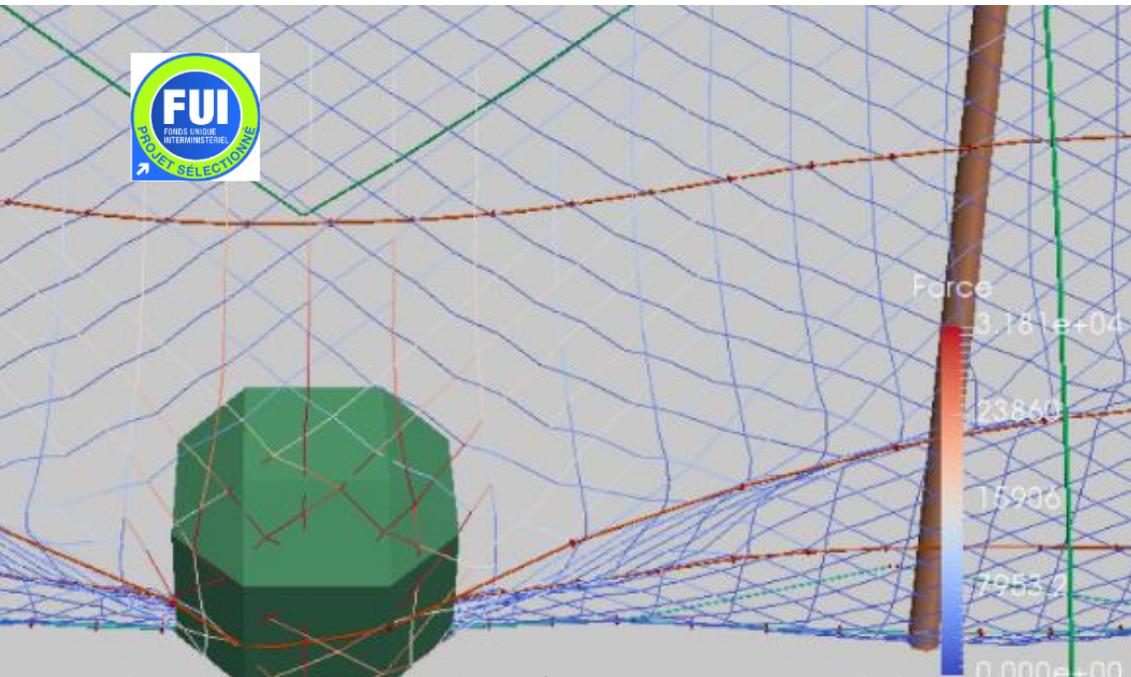
- Elagage préalable / sécu. héliportages
- Visites surveillance :  
tempêtes, incendie, scolytes etc...



# Ecrans forestiers : poursuite R&D

## Ingénierie :

- Modélisation DEM [INRAE]
- Déclinaisons en déflecteurs / avaloirs [SNCF]
- Ingénierie forestière
- Approvisionnement (petit blondin, câble mât...]



## Un arbre invasif pour protéger des éboulements en Suisse?



# Ecrans forestiers : messages à retenir

- Atténuation & Adaptation ? [O. Hamant]
- Variante « conservative » : une option parmi d'autres !
  - Plus-value environnementale > Moins-value économique €
  - Protection définitive ou temporaire / d'urgence
- Points de vigilance (parfois contre-intuitifs productifs)
  - Greenwashing artisanal (dissipateurs, perçages, pas de diag.)
  - Sécurité de mise en œuvre, surveillance dans le temps
- Ingénierie forestière & civil
  - Chantiers pilotes et études de faisabilité [GAM]
  - Carto forêts de protection, PPR

Merci ! Questions ? [nvillard@nge.fr](mailto:nvillard@nge.fr) - 06 85 12 17 32

