

# Limiter les risques de défaillances des ouvrages de génie végétal



**INRAE**



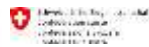
André Evette  
LESSEM Grenoble

SOCIÉTÉ  
QUÉBÉCOISE  
DE **PHYTO** TECHNOLOGIE

# Tester les ouvrages de génie végétal dans leurs limites d'utilisation



*Genie Végétal en Rivière de Montagne*



© A Matringe

© PA Frossard

© PA Frossard

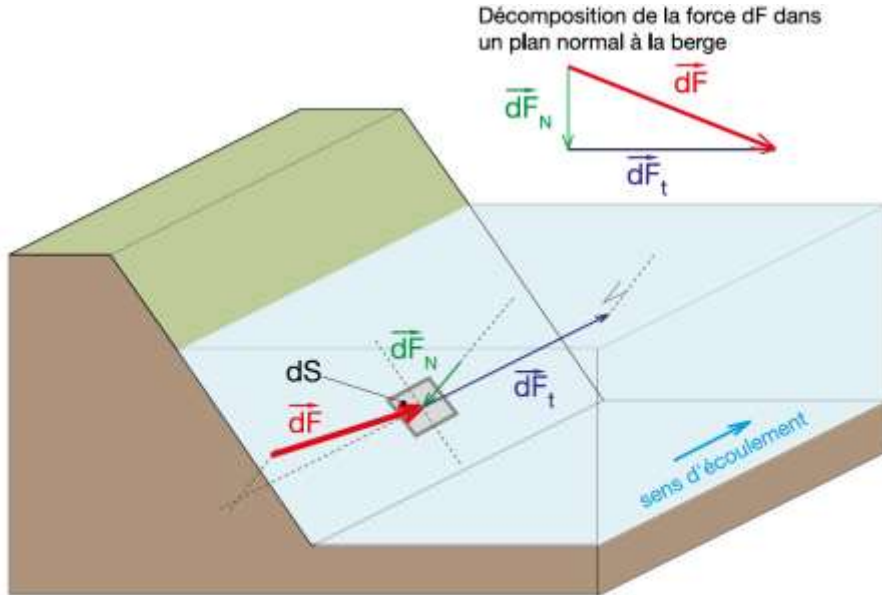
REX Alpes  
France, Italie,  
Autriche

## Que dit Newton ?



Rubrique à Brac. © Gottlib - Dargaud

# Que dit Newton ? Approche « contrainte tractrice »



$$\tau = \rho \cdot g \cdot h \cdot i$$

$\tau$  = contrainte tractrice (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = accélération de pesanteur (m.s<sup>-2</sup>)

$h$  = hauteur d'eau (m)

$i$  = pente du cours d'eau (-)

$dS$  : surface élémentaire de la berge

$d\vec{F}_N$  : pression élémentaire exercée par l'eau sur la surface  $dS$

$d\vec{F}_t$  : force tractrice élémentaire exercée par l'eau sur la surface  $dS$

$d\vec{F}$  : force élémentaire exercée par l'eau sur la surface  $dS$

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

① Récapitulatif des valeurs limites de contraintes tractrices en fonction de l'âge. Les nouvelles valeurs limites sont en gras et les valeurs de rupture d'ouvrage sont soulignées. Les chiffres entre parenthèse renvoient aux références d'où sont issues les valeurs. Les lettres renvoient au cours d'eau concerné.

Techniques	Contrainte tractrice [N/m²]			5 à 6 ans après la réalisation	7 à 8 ans après la réalisation	9 ans et plus après la réalisation
	Moins de 1 an après la réalisation	1 à 2 ans après la réalisation	3 à 4 ans après la réalisation			
Plantation d'hélophytes	5 <sup>(6)</sup>		30 <sup>(6)</sup>			
Ensemencement	20 <sup>(2)</sup>	30 <sup>(2)</sup>	100 <sup>(6)</sup>			
Fascine d'hélophytes	30 <sup>(6)</sup>	30 <sup>(2)</sup>	60 <sup>(6)</sup>			
Clayonnage et tressage	10 <sup>(2)(6)</sup>	120 <sup>(6)</sup>	120 <sup>(1)(3)(6)</sup>			
Bouture	75 <sup>(7)</sup>	150 <sup>(1)</sup>	165 <sup>(1)</sup>			
Saule jeune (moins de 2 ans)	100 <sup>(4)</sup>		140 <sup>(7)</sup>			800 (20 ans) <sup>(7)</sup>
Lit de plants et plançons jusqu'en pied de berge	108 <sup>(6)</sup>	134 <sup>(6)</sup>	150 <sup>(6)</sup>			
Lit de plants et plançons avec fascine de saule en pied de berge	141 <sup>(6)</sup>	172 <sup>(6)</sup>	116 <sup>(6)</sup> (rupture fascine)			
Lit de plants et plançons avec enrochement en pied de berge	196 <sup>(6)</sup>	204 <sup>(6)</sup>	212 <sup>(6)</sup>			77 <sup>(6)</sup>
Fascine de saule en pied de berge	141 <sup>(6)</sup>	240 <sup>(6)</sup>	> 300 <sup>(7)</sup>			98 <sup>(6)</sup>
Couche de branches à rejets avec enrochement en pied de berge	244 <sup>(6)</sup>	300 <sup>(2)(7)(6)</sup>	450 <sup>(2)</sup>	51 <sup>(6)</sup>		
Caisson en bois végétalisé	500 <sup>(2)</sup>	600 <sup>(2)</sup>	600 <sup>(2)</sup>	153 <sup>(6)</sup>	109 <sup>(6)</sup>	98 <sup>(6)</sup>
Enrochement végétalisé	200 <sup>(6)</sup>	300 <sup>(2)</sup>	350 <sup>(2)</sup>			
Enrochement nu	250 <sup>(6)</sup>	250 <sup>(6)</sup>	250 <sup>(6)</sup>			

1 : (Faber, 2004) ; 2 : (Venti *et al.*, 2003) ; 3 : (Florineth, 1982, 1995) ; 4 : (Adam *et al.*, 2008) ; 5 : (Gerstgraser, 1998) ; 6 : (Witzig, 1970) ; 7 : (Lachat, 1994) ; 8 : (Schliechl et Stern, 1996) ; 9 : (Gerstgraser, 2000).

a : Arve ; b : Avançon d'Anzeindaz ; c : Bens ; d : Dadon ; e : Gelon ; f : Guiers vif ; g : Néphaz ; h : Pamphiot ; i : Petite Gryonne ; j : Volane ; k : Isère.

## Limite de l'approche « contrainte tractrice »

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



# Sciences Eaux & Territoires

La revue d'Irstea

Article hors-série numéro 27

## Amélioration des méthodes de dimensionnement des ouvrages de génie végétal en berges de cours d'eau par une approche empirique

Solange LEBLOIS, André EVETTE, Alain RECKING et Gilles FAVIER


[www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)

Sciences Eaux & Territoires

### Sciences Eaux & Territoires, la revue d'Irstea

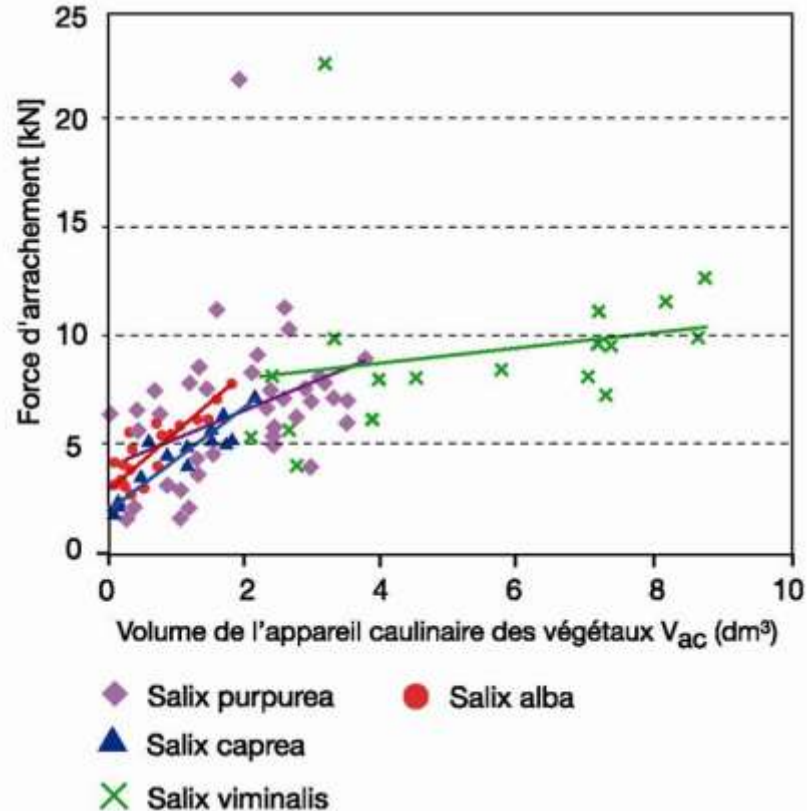
Article hors-série numéro 27 – 2016

Directeur de la publication : Jean-Marc Bourrigot  
 Directeur éditorial : Nicolas de Meritène  
 Comité éditorial : Daniel Amiaud, Lucie Joseph Brocard, Berni Comand, Corine Céron, Thomas Curt, Alain Dalozin, André Evette, Virginie Gény, Alain Hélias, Bruce Hénaut, Chloéte Haghe, Emmanuelle Jandreau, Céline Laine, Jean-Michel Lays, Arnaud La Boisse, Aurélien Marland, Thierry Mougeot, Christel Pradier, Christine Romanens pour le CNRS, TDR et Météo-France  
 Rédacteur en chef : Caroline Murte  
 Scientifique en charge de la revue en ligne : Valérie Pagnoux  
 Infographie : Françoise Pignatier  
 Conception de la maquette : C&A  
 Contact éditorial et administratif : Inès SPAVIST  
 3 rue Pierre-Gilles de Courtes – CS 30070  
 92743 Antony Cedex  
 Tél : 01 69 96 61 21 – Fax : 01 69 96 61 66  
 E-mail : [revue@irstea.fr](mailto:revue@irstea.fr)  
 Numéro périodique : 0513 B 07 860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016  
 Photo de couverture : © A. Evette



# Résistance à l'arrachement

Résistance à l'arrachement de différentes tiges de saules de 3 ans (d'après Vollsinger et al, 2000, dans Florineth, 2007)





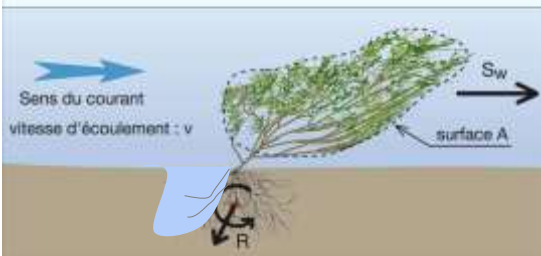
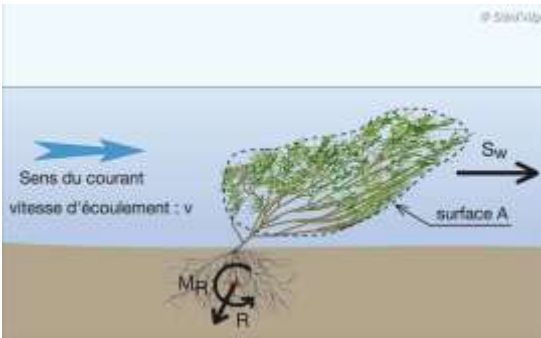
# Résistance à l'arrachement

Résistance à l'arrachement de différentes tiges de saules de 3 ans (d'après Vollsinger et al, 2000, dans Florineth, 2007)

Les végétaux testés ont une résistance 5 à 10 fois supérieure à la force du courant exercée sur les parties aériennes

**Un ouvrage de génie végétal ne cède pas à cause de l'arrachement par la force du courant sur la partie caulinare**

**Un ouvrage de génie végétal cède généralement par érosion interne du substrat en lien avec les parties racinaires des plantes**



◆ Salix purpurea

▲ Salix caprea

✕ Salix viminalis

● Salix alba

✕ Force de traînée exercée par le courant pour V = 4m/s



Photo : BOKU



Photo : BOKU

$\tau$  en N/m<sup>2</sup>

Résistance des ouvrages au cours du temps

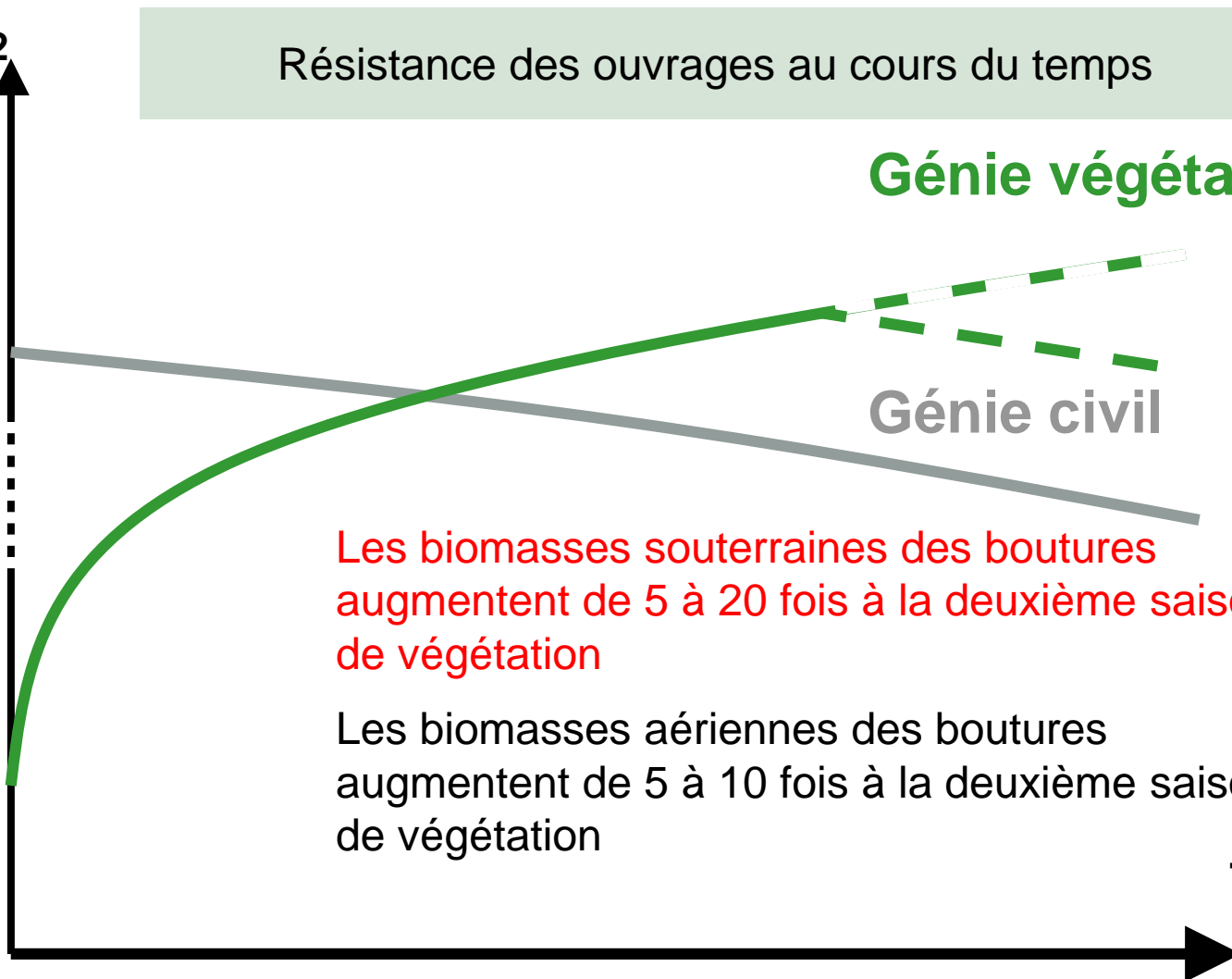
Génie végétal

Génie civil

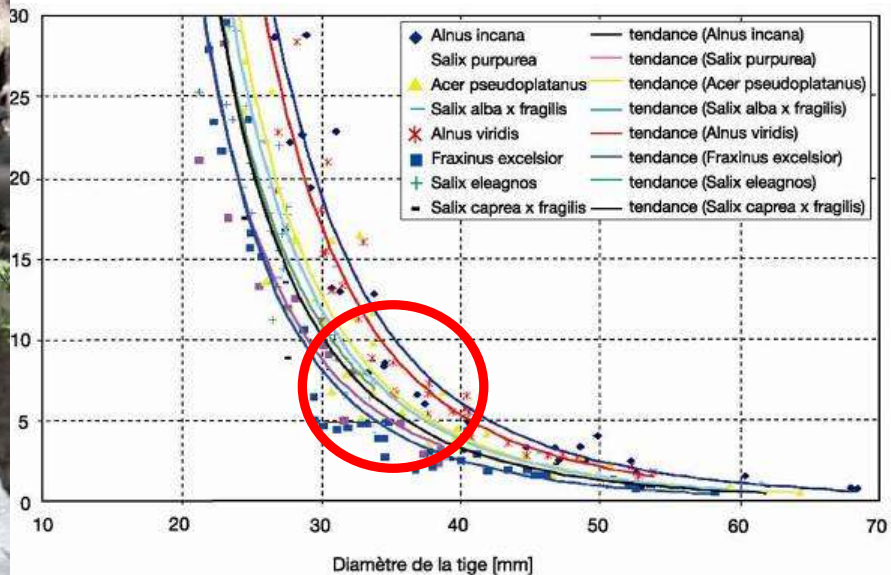
Les biomasses souterraines des boutures augmentent de 5 à 20 fois à la deuxième saison de végétation

Les biomasses aériennes des boutures augmentent de 5 à 10 fois à la deuxième saison de végétation

Temps



# Flexibilité des ligneux



De 3 à 4 cm, perte de flexibilité

Changement de fonctionnement  
turbulence

Conséquences pour l'entretien

## Processus de défaillance des fascines

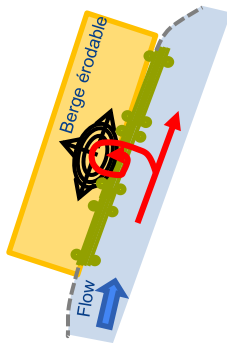


### Fascine en ruine

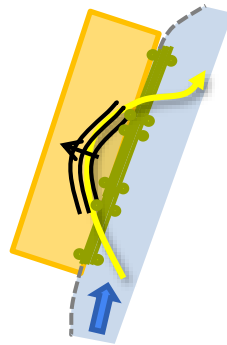
L'érosion du lit s'est produite lors d'une crue de période de retour de 10 ans, déplaçant l'enrochement de pied de la fascine et permettant l'affouillement de la fascine.



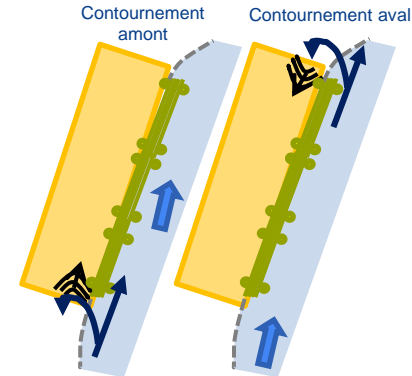
## Identification de 4 principaux types de défaillance (Recking et al 2019)



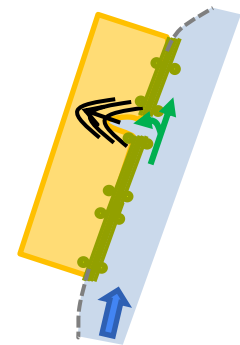
**1. Erosion  
basale**



**2. Erosion de  
surface**



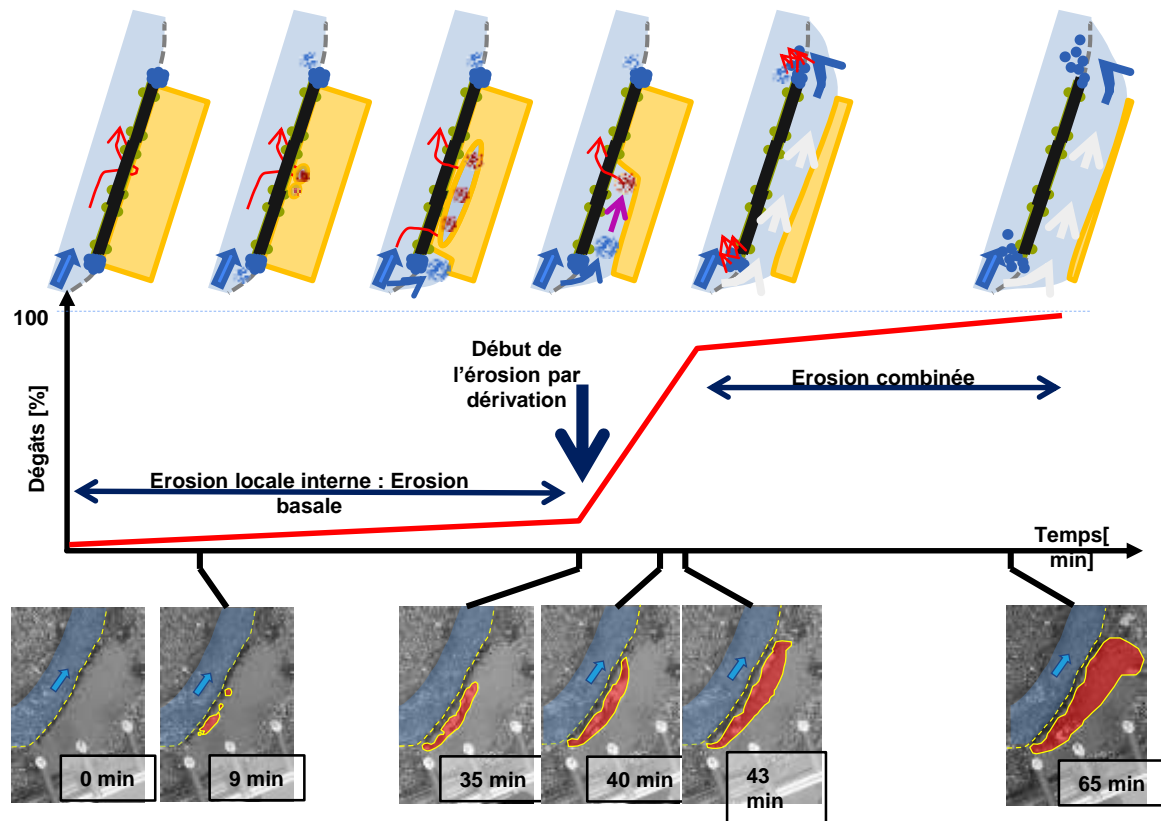
**3. Contournement  
de fascine**



**4. Discontinuité  
de fascine**

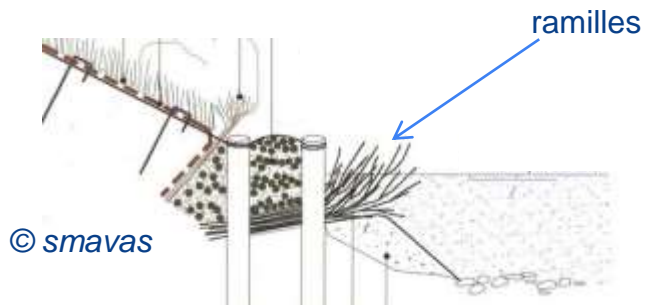


## Le plus destructif = combinaison des types de défaillance

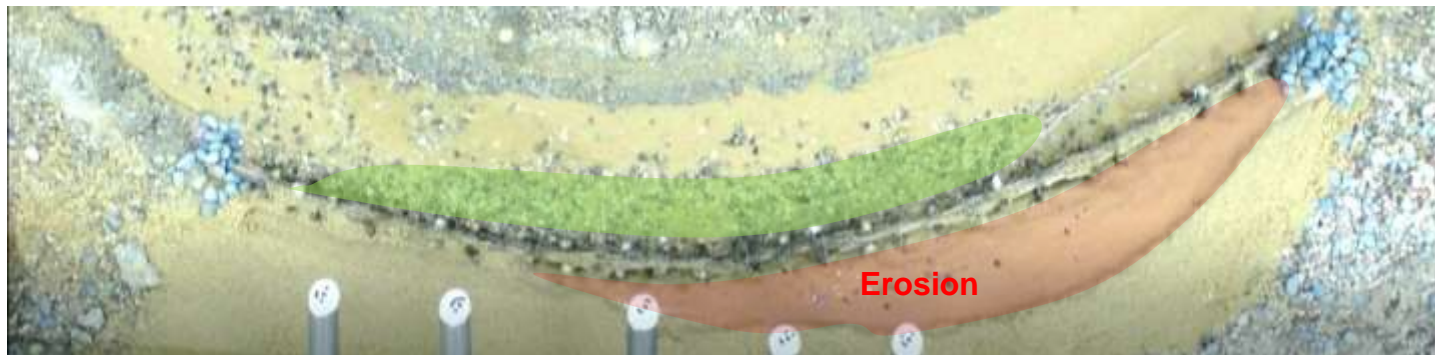


## Mesures pour limiter l'affouillement

L'ajout de ramilles sous les fascines réduit l'affouillement



### Fin de l'essai sans ramilles anti-affouillement



### Fin de l'essai avec ramilles anti-affouillement

# Aperçu des processus de dégradation et des causes de 223 ouvrages de génie végétal pour la protection des berges de rivières



Processus et causes de défaillance du génie végétal pour la stabilisation des berges de rivière : retour d'expérience sur un large jeu de données issues de la BD GeniVeg

*Why and how do soil bioengineering structures for river bank stabilization fail? Feedback on a large dataset from the GeniVeg database*

Selange Leblais <sup>1\*</sup>, André Evette<sup>2</sup>, Delphine Jaymond<sup>2</sup>, Guillaume Piton<sup>1</sup>, Alain Becking<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Grenoble Alpes, INRIA, LERIMA, 2 rue de la papeterie BP 76, 38002 Saint-Martin d'Hères, France

<sup>2</sup>Université Grenoble Alpes, INRIA, ITNIA, 2 rue de la papeterie BP 76, 38002 Saint-Martin d'Hères, France

## RÉSUMÉ

Le génie végétal en rivière vise à protéger les berges et à stabiliser les rives. Cependant, les ouvrages de génie végétal peuvent être fragiles et leur durée de vie limitée. Cette étude vise à analyser les causes de défaillance de ces ouvrages à partir d'un jeu de données issues de la BD GeniVeg. Les observations de terrain ont permis de recueillir 424 observations de défaillances. Les observations observées sont : une mauvaise reprise de la végétation, une déstructuration totale ou partielle de l'ouvrage et des érosions en pied, à l'arrière ou aux extrémités de l'ouvrage et autour de poteaux durs. Les principales causes de mauvaise reprise de la végétation sont l'absence de contact avec le substrat et la concurrence avec les espèces. Les érosions en pied de berge sont les plus observées suivies par les érosions à l'arrière de l'ouvrage. La conception de structures simples permet d'éviter la destruction de l'ouvrage, tandis que des structures plus complexes ou répétitives peuvent entraîner la destruction de l'ouvrage. De plus, contrôler les érosions permet de maintenir du substrat nécessaire à la reprise de la végétation. Les causes de mauvaise reprise de la végétation et les défaillances mécaniques rappellent l'importance d'un suivi et d'évaluations après de l'ouvrage les premières années qui suivent sa construction.

Mots-clés : berges, défaillance, ouvrages, génie végétal, restauration.

# Mauvaise reprise de la végétation

- Ennoyage – 27 %.



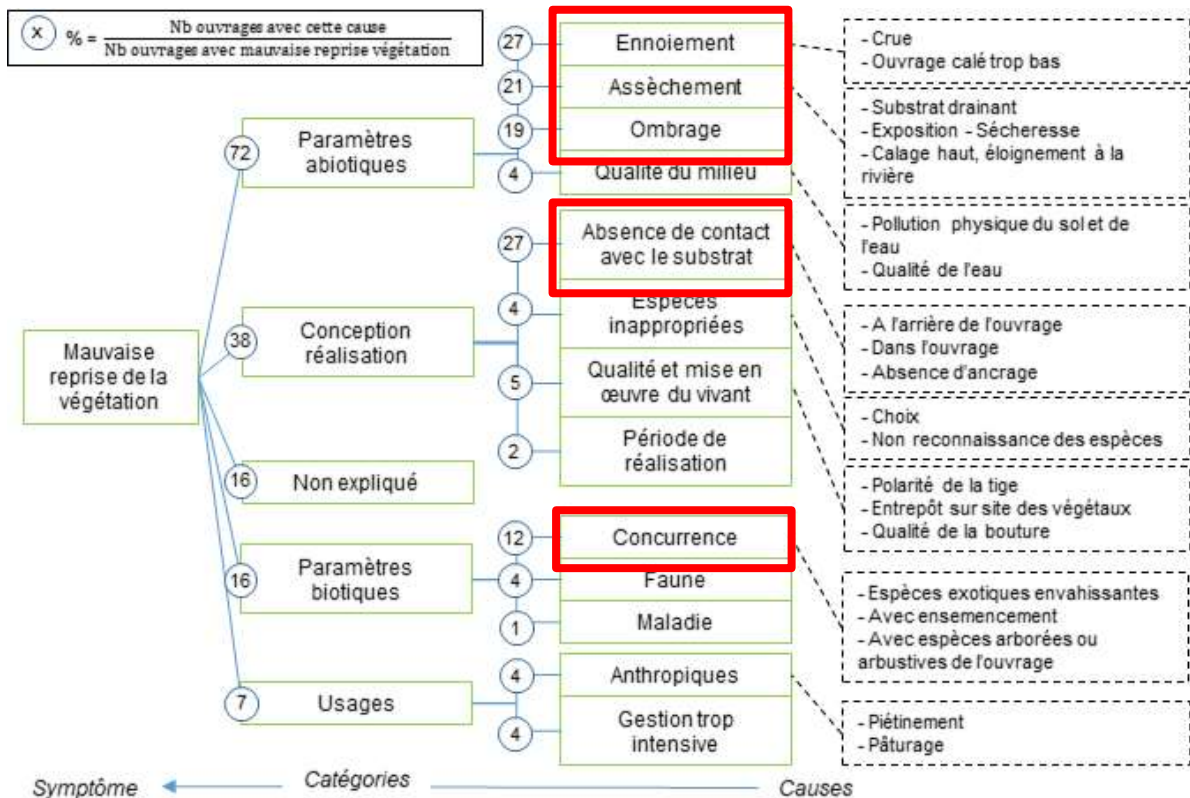
# Mauvaise reprise de la végétation

- Mauvais contact avec le substrat – 27 %.



# Resultats: Mauvaise reprise de la végétation

- 60 % des sites.



# Rupture mécanique

- Destruction totale – 47 %.





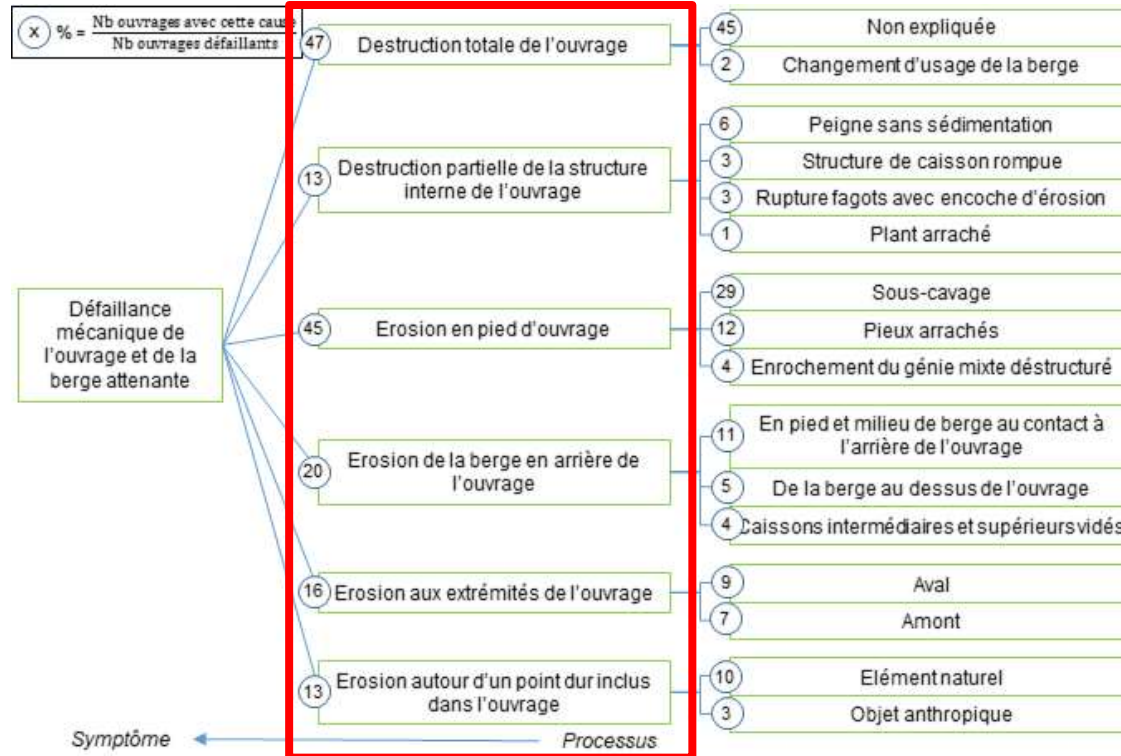
# Rupture mécanique

Destruction partielle de la structure interne – 13 %.

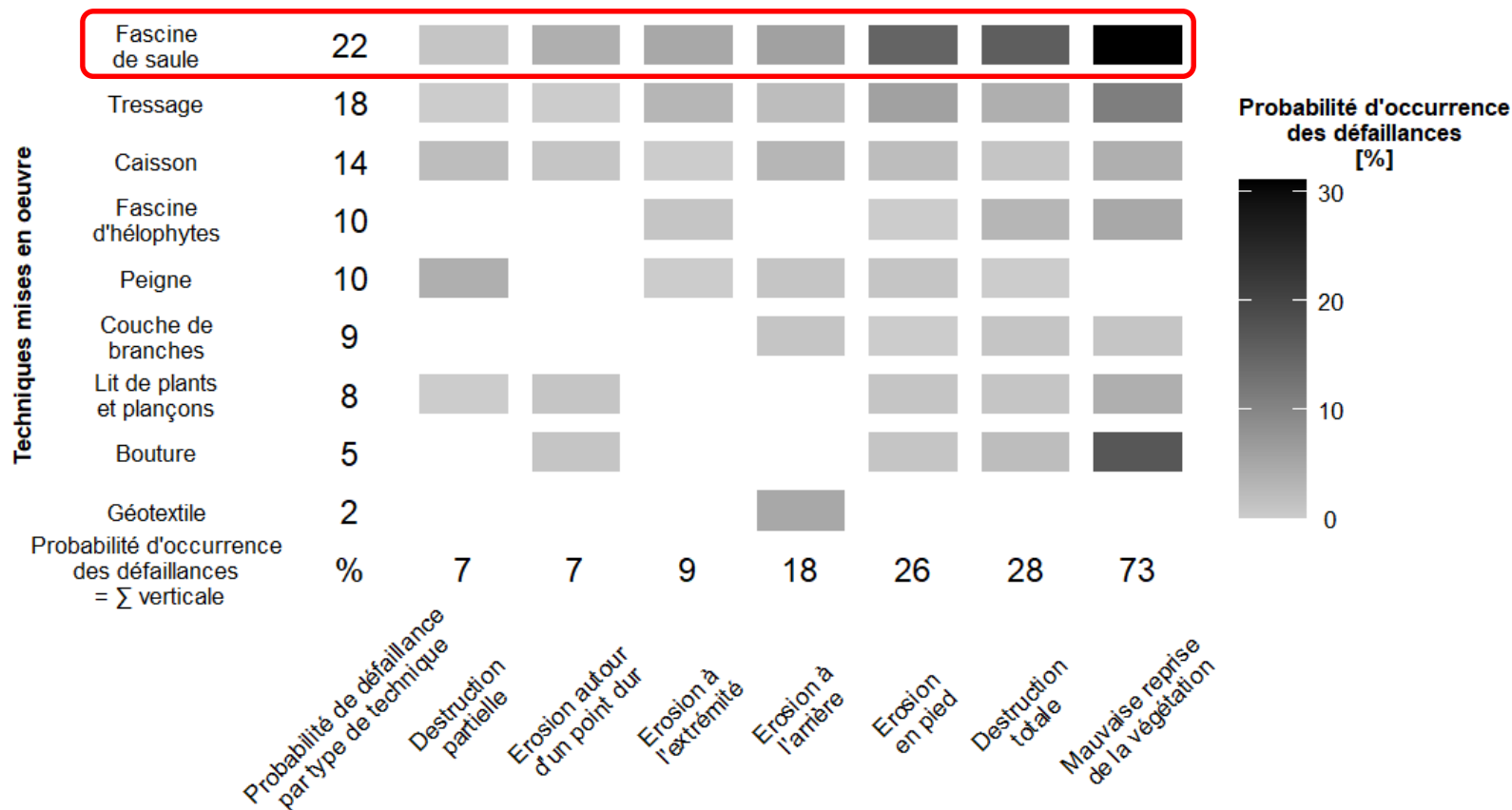


# Résultats: rupture mécanique

- 74 % des sites, 24 % complètement détruits.



## Analyse par type de technique



# Idées de recherche sur les limites techniques du génie végétal

Glaces



Batillage



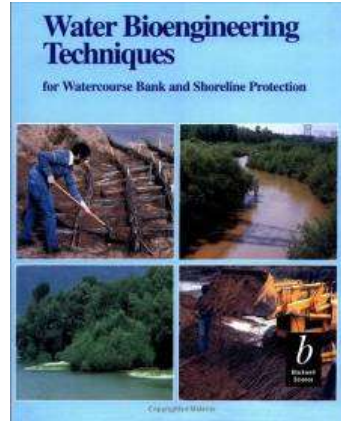
Argiles sensibles



# Ressources

- Les « classiques »

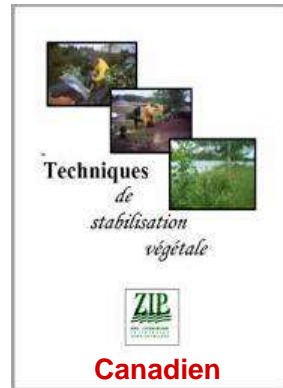
Français



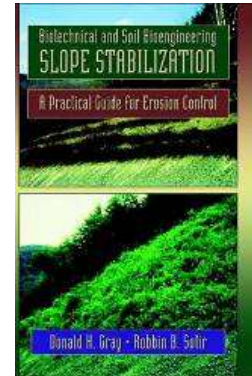
Autrichien



Italien

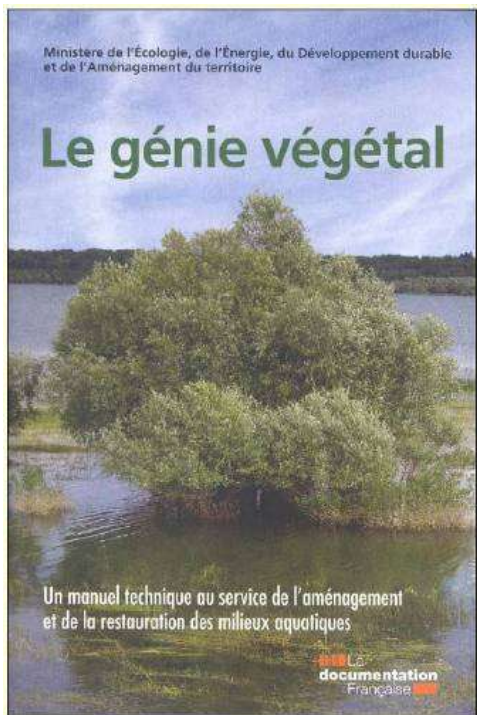


Canadien



Américain

# Ressources



# Ressources

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



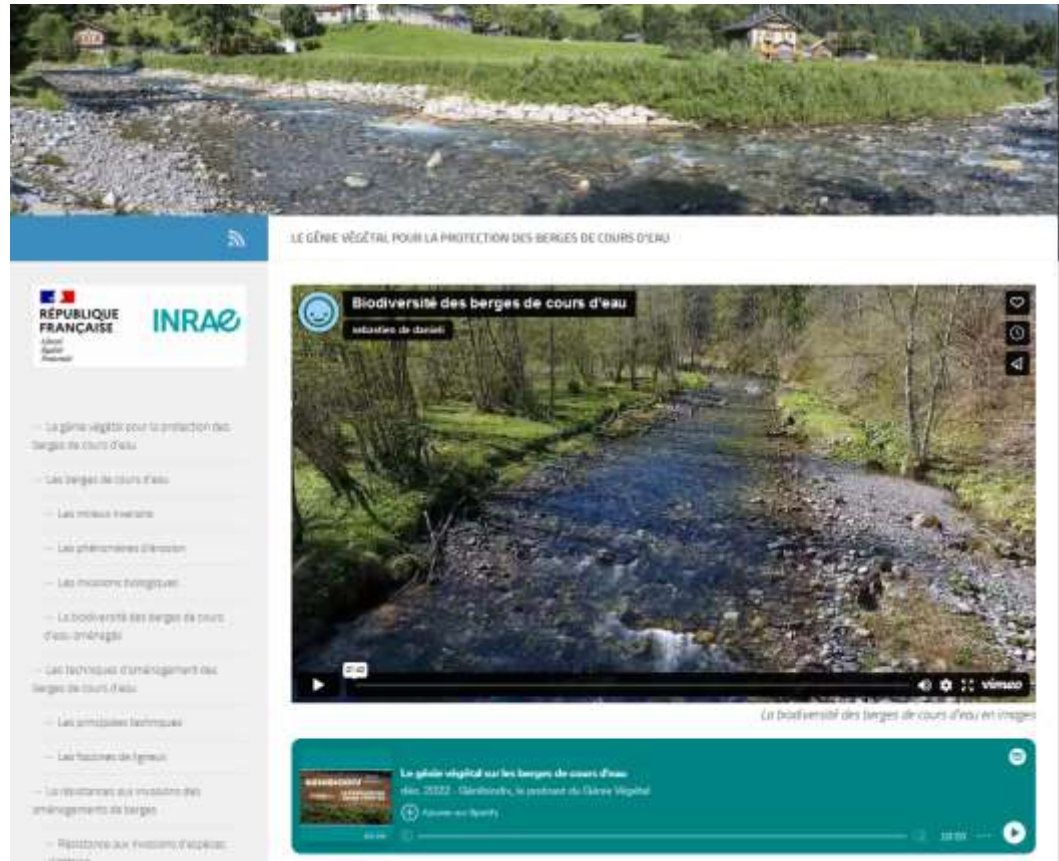
# Ressources

<https://genibiodiv.inrae.fr/>

Vidéos

Guides

Liens vers des ressources...



The screenshot displays the INRAE website interface. At the top, there is a header with the text "LE GÉNIE VÉGÉTAL POUR LA PROTECTION DES BERGES DE COURS D'EAU". Below this, the INRAE logo and the French Republic logo are visible. A list of resources is provided on the left side, including:

- Le génie végétal pour la protection des berges de cours d'eau
- Les berges de cours d'eau
- Les milieux aquatiques
- Les phénomènes d'inondation
- Les missions écologiques
- La biodiversité des berges de cours d'eau aménagés
- Les techniques d'aménagement des berges de cours d'eau
- Les pratiques techniques
- Les fascicules d'ignea
- La résistance aux invasions des aménagements de berges
- Résistance aux invasions d'espèces exotiques

On the right, a video player is shown with the title "Biodiversité des berges de cours d'eau" and the subtitle "Indicateur de qualité". The video player includes standard controls like play, volume, and full screen. Below the video player, there is a small thumbnail for "Le génie végétal sur les berges de cours d'eau" with the text "16/02/2022 - Génie végétal, le secret du Génie Végétal".



A scenic landscape photograph featuring a wide, calm lake in the middle ground, framed by trees with vibrant autumn foliage in shades of orange and yellow. The foreground is a grassy, slightly elevated bank. The sky is filled with soft, grey clouds, suggesting an overcast day. The word "Merci" is centered in the upper half of the image in a teal, serif font.

Merci