



## Le génie végétal, au-delà de la stabilisation de berge: opportunité pour la restauration de cours d'eau

Colloque AGRCQ 2023  
13 avril 2023



Maxime Tisserant, biol. Ph. D.  
Écologiste végétal

# Contexte



# Contexte



Berge dégradée:  
faut-il intervenir **toujours** et à **tout prix** ?



# Contexte

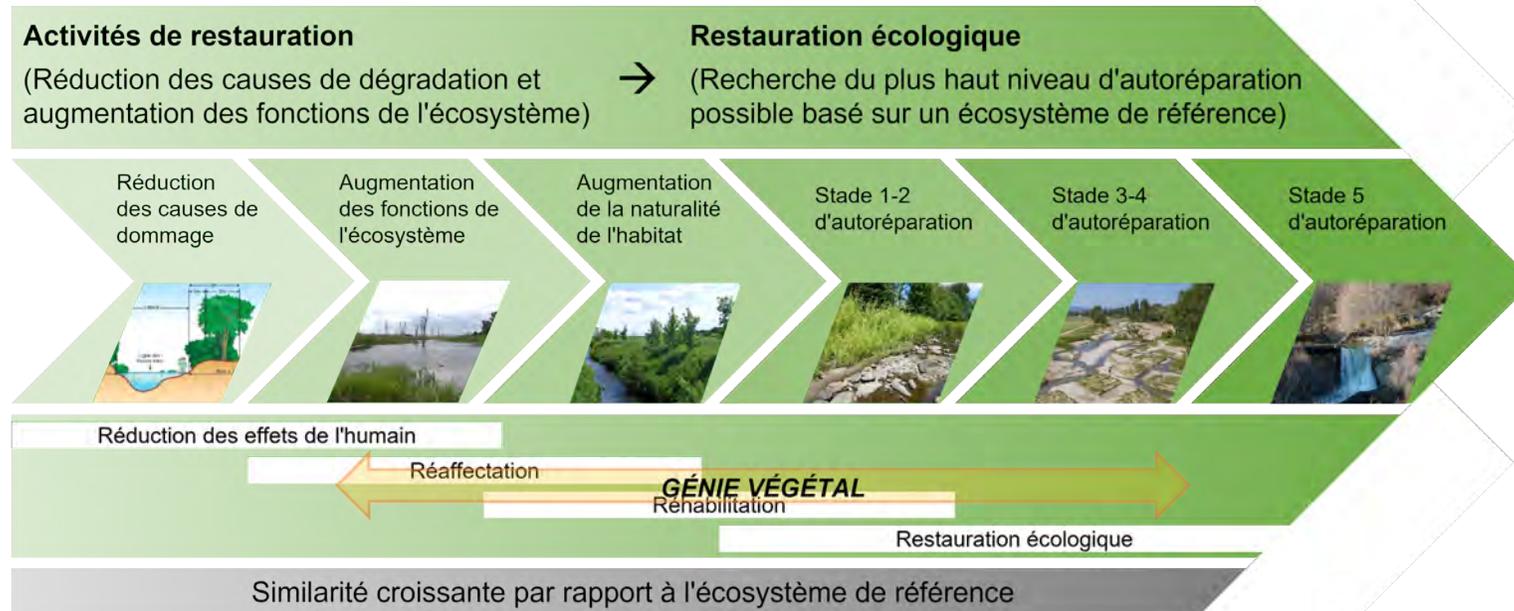


Berge dégradée:  
Peut-on **améliorer** l'état **structurel** et/ou **écologique** ?





## Berge dégradée: Peut-on améliorer l'état **structurel** et/ou **écologique** ?

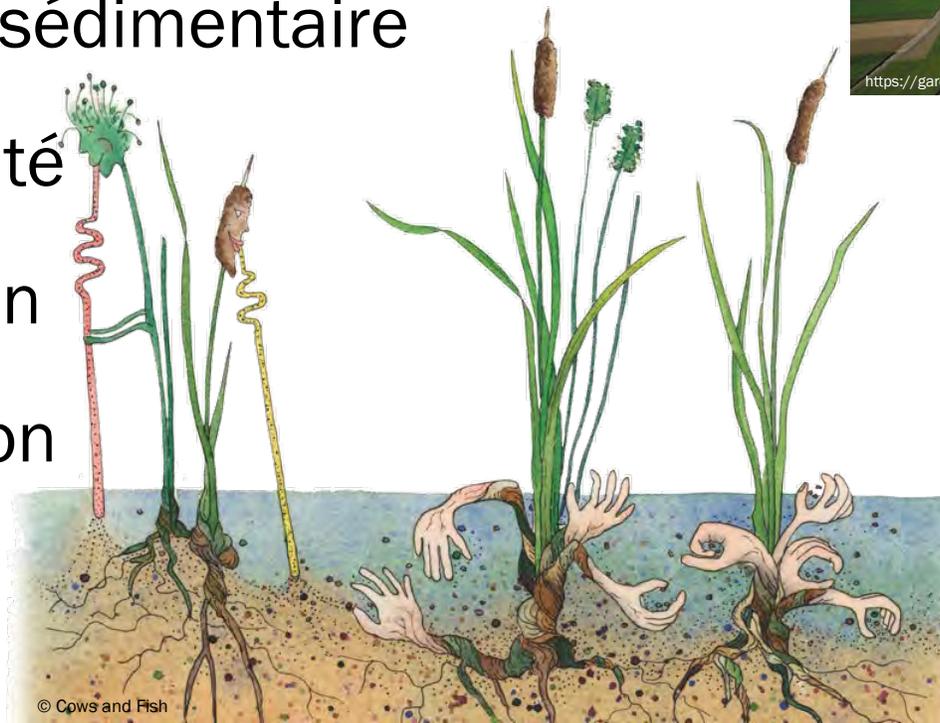


# Contexte



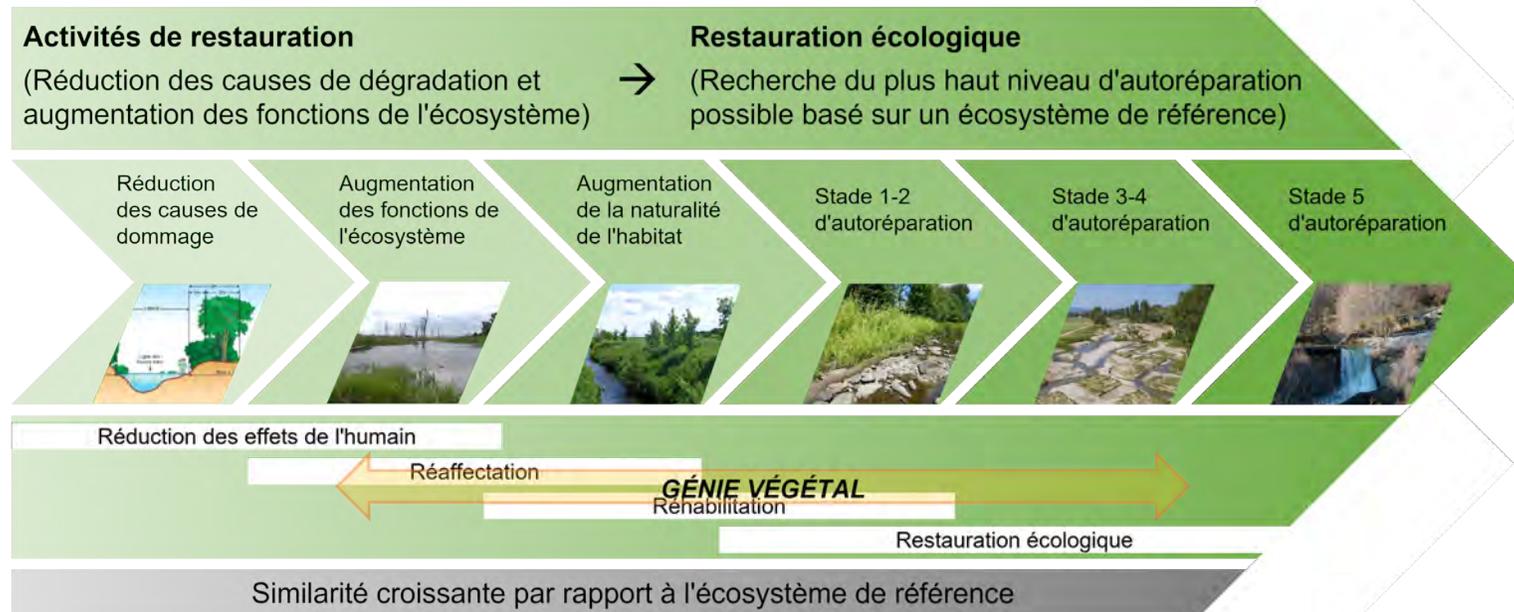
## Services écologiques des milieux riverains

- 🌿 Régulation des crues
- 🌿 Régulation de la charge sédimentaire
- 🌿 Maintien de la biodiversité
- 🌿 Diminution de la pollution
- 🌿 Protection contre l'érosion

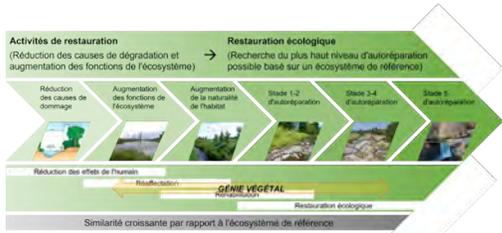




## Berge dégradée: Peut-on améliorer l'état **structurel** et/ou **écologique** ?



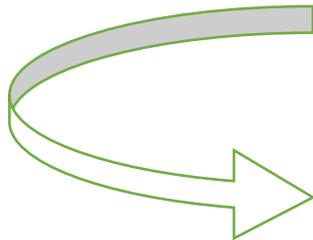
# Contexte



Berge dégradée:  
Peut-on améliorer l'état **structurel** et/ou **écologique** ?

- 🌿 Causes de l'érosion
- 🌿 Rôle de la végétation
- 🌿 Écologie des milieux riverains

Démarche logique d'intervention



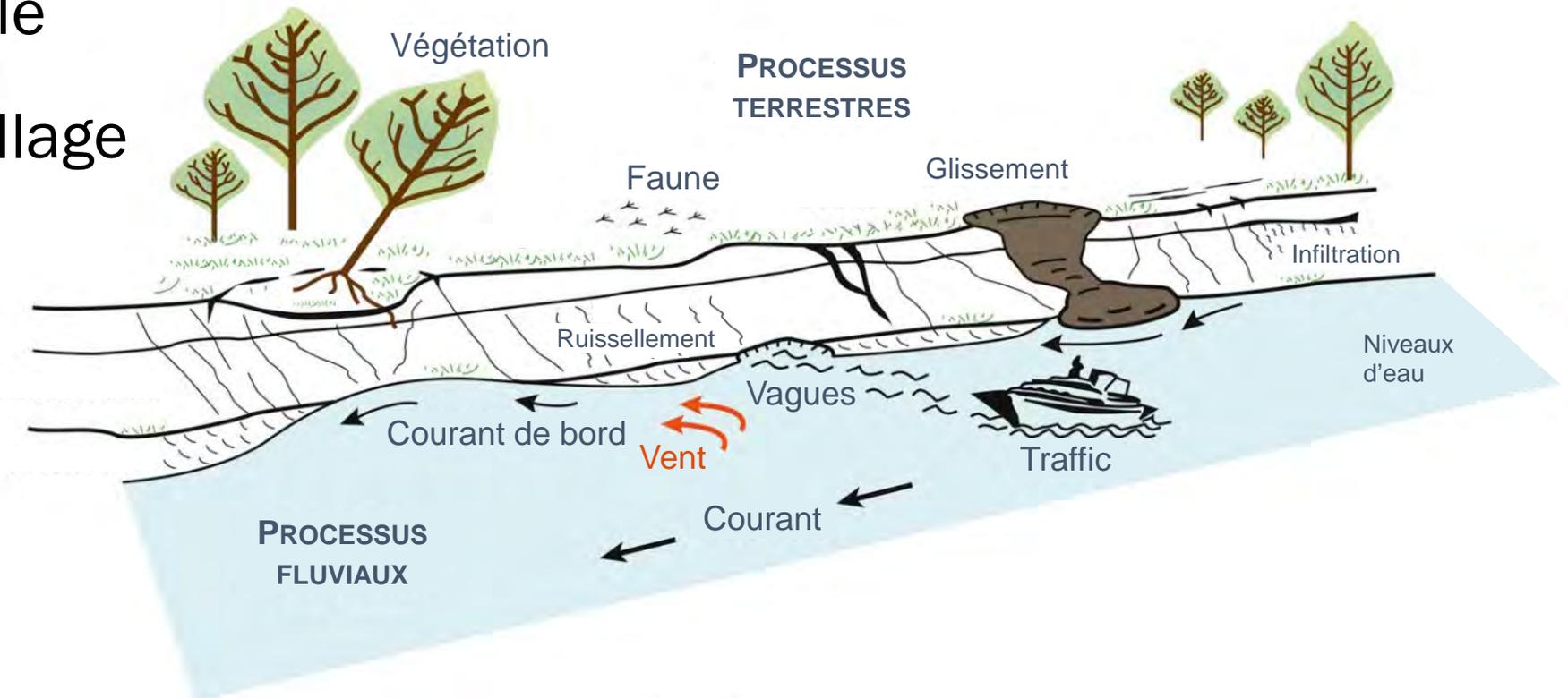
- Origine et intensité des phénomènes érosifs
- Bilan hydrosédimentaire
- État écologique de la berge

# Démarche logique d'intervention



## Phénomènes érosifs

- Érosion latérale
- Vagues & batillage
- Effet levier
- Affaissement



# Démarche logique d'intervention



## Rôle de la végétation dans la stabilité des berges & talus

- 🌿 Consolidation mécanique & fixation
- 🌿 Évapotranspiration
- 🌿 Retardement
- 🌿 Interception et filtration



# Démarche logique d'intervention



# Démarche logique d'intervention



## Échelles d'analyse pré-projet

- 🌿 Diagnostic hydrogéomorphologique
- 🌿 Bilan sédimentaire
- 🌿 Modèles naturels

→ Séquence d'intervention



# Démarche logique d'intervention



## Intervention en milieu riverain

- ❧ Faut-il
- ❧ Dyn
- ❧ Éva



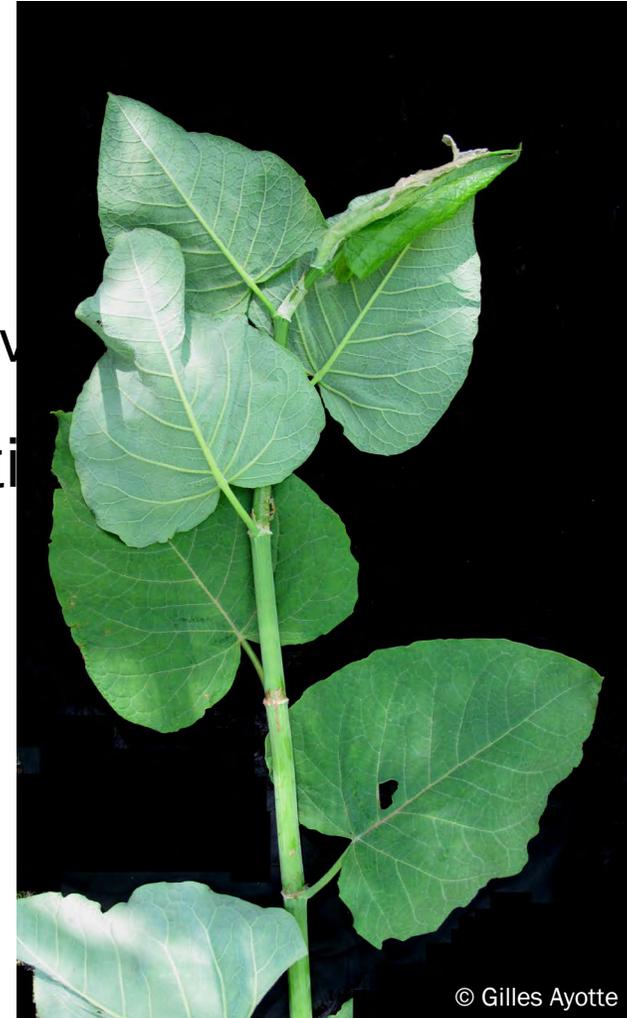
# Démarche logique d'intervention



## Intervention en milieu riverain



non-interv  
végétati



uffire

© Gilles Ayotte

# Démarche logique d'intervention



## Intervention en milieu riverain

- 🌿 Faut-il réellement intervenir ?
  - 🌿 Dynamique naturelle du cours d'eau
  - 🌿 Évaluation des conséquences d'une non-intervention (coûts, enjeux)
- 🌿 Évaluer si une gestion ciblée de la végétation existante peut suffire
- 🌿 Évaluer les potentialités du génie végétal pour régler le problème

# Démarche logique d'intervention



## Intervention en milieu riverain

- 🌿 Faut-il réellement intervenir ?
  - 🌿 Dynamique naturelle du cours d'eau
  - 🌿 Évaluation des conséquences d'une non-intervention (coûts, enjeux)
- 🌿 Évaluer si une gestion ciblée de la végétation existante peut suffire
- 🌿 Évaluer les potentialités du génie végétal pour régler le problème
- 🌿 Évaluer si des techniques combinées peuvent pallier aux derniers problèmes

# Démarche logique d'intervention



## Intervention en milieu riverain

- 🌿 Faut-il réellement intervenir ?
  - 🌿 Dynamique naturelle du cours d'eau
  - 🌿 Évaluation des conséquences d'une non-intervention (coûts, enjeux)
- 🌿 Évaluer si une gestion ciblée de la végétation existante peut suffire
- 🌿 Évaluer les potentialités du génie végétal pour régler le problème
- 🌿 Évaluer si des techniques combinées peuvent pallier aux derniers problèmes
- 🌿 Appliquer une technique de génie civil **raisonnable et proportionnée**

# Démarche logique d'intervention

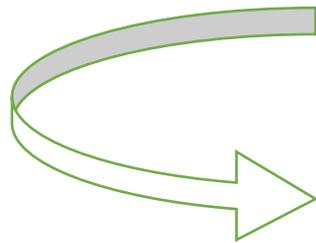


- 🌿 Évaluer les potentialités du génie végétal pour régler le problème
- 🌿 Évaluer si des techniques combinées peuvent pallier aux derniers problèmes
- 🌿 Appliquer une technique de génie civil **raisonnable et proportionnée**

# Démarche logique d'intervention



- Évaluer les potentialités du génie végétal pour régler le problème
- Évaluer si des techniques combinées peuvent pallier aux derniers problèmes
- Appliquer une technique de génie civil **raisonnable et proportionnée**



- Conditions générales du site
- Conditions physiques particulières
- Conditions anthropiques particulières

# Démarche logique d'intervention



## Conditions générales du site

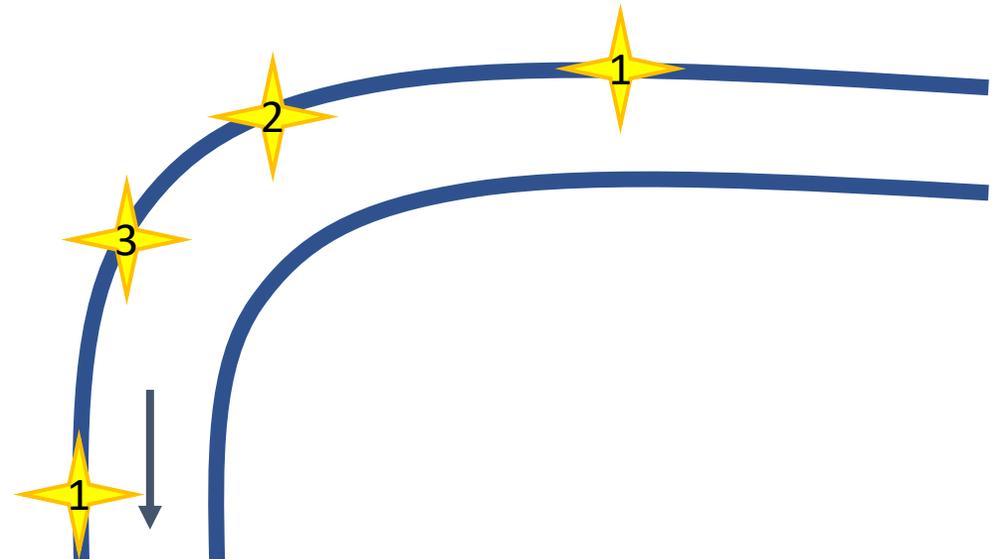
- 🌿 Hauteur du front d'érosion (pied de berge / haut de talus)
- 🌿 Exposition / Disponibilité en lumière
- 🌿 Inclinaison de pente
- 🌿 Position dans le méandre

# Démarche logique d'intervention



## Conditions générales du site

- 🌿 Hauteur du front d'érosion (pied de berge / haut de talus)
- 🌿 Exposition / Disponibilité en lumière
- 🌿 Inclinaison de pente
- 🌿 Position dans le méandre



# Démarche logique d'intervention



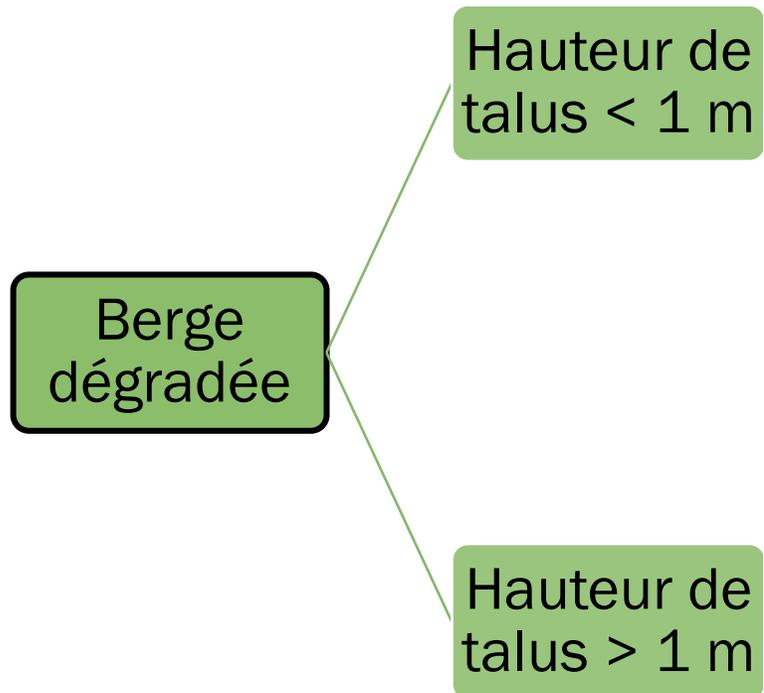
*Mise en contexte*

Berge  
dégradée

# Démarche logique d'intervention



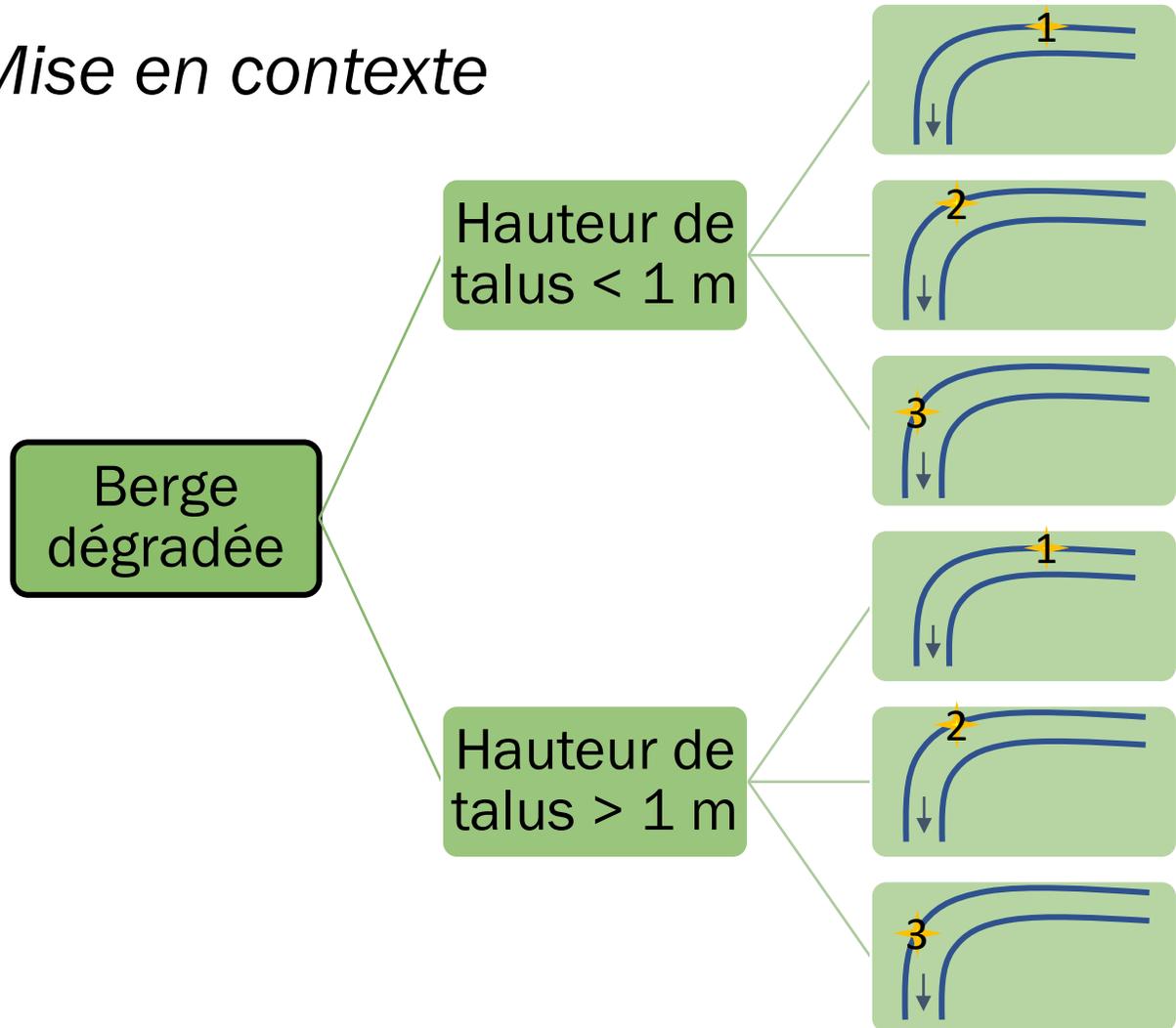
## *Mise en contexte*



# Démarche logique d'intervention



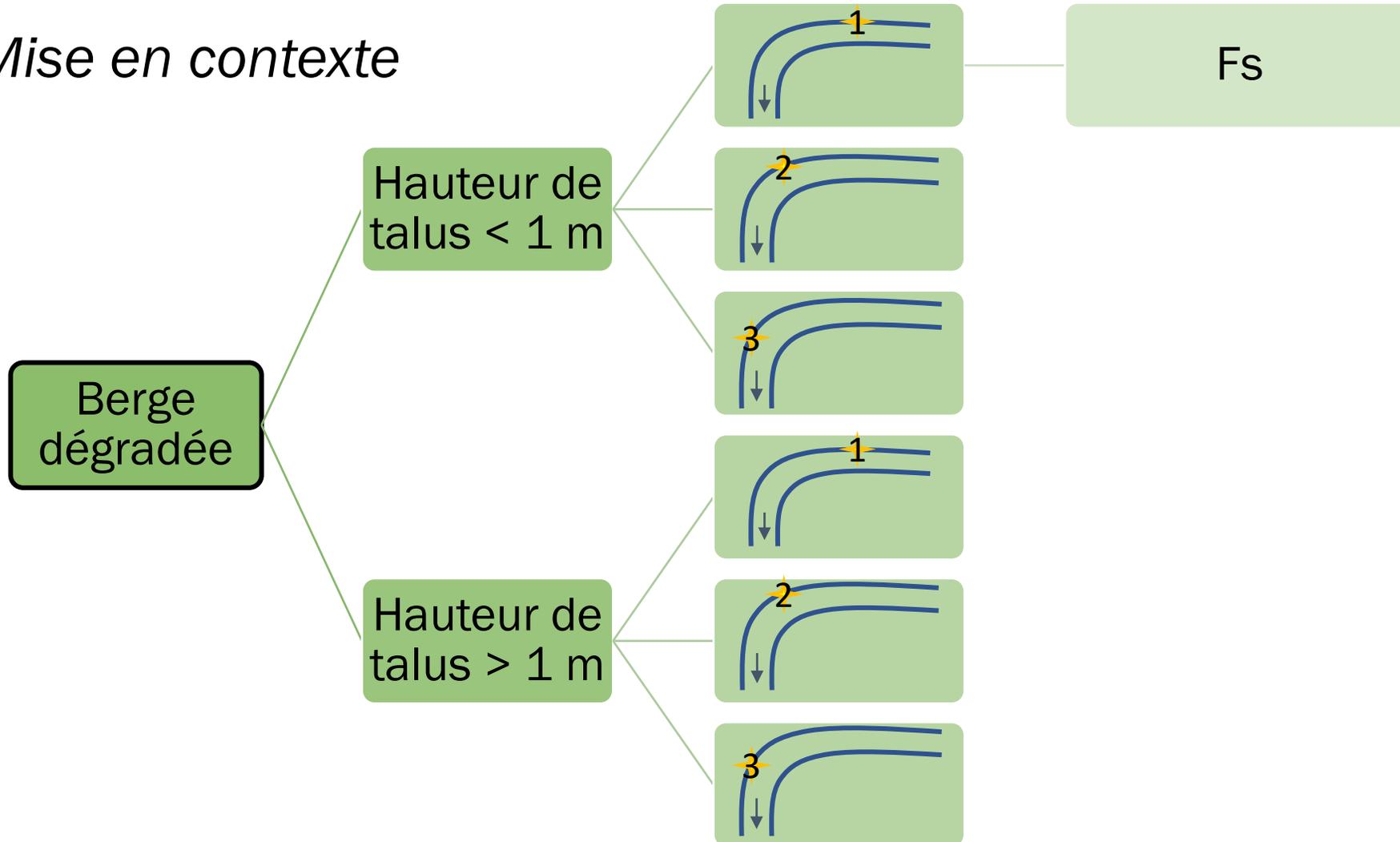
Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



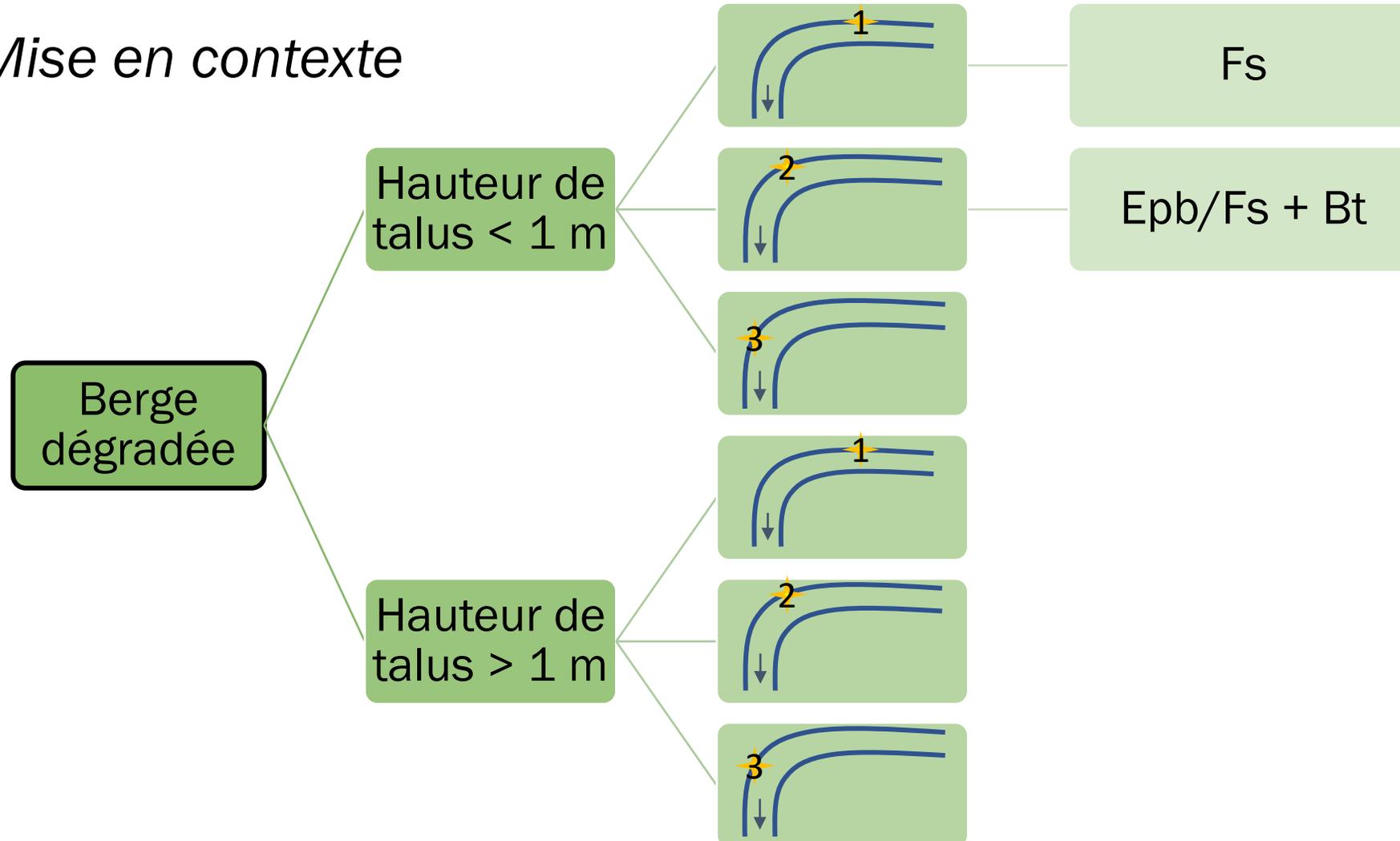
Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



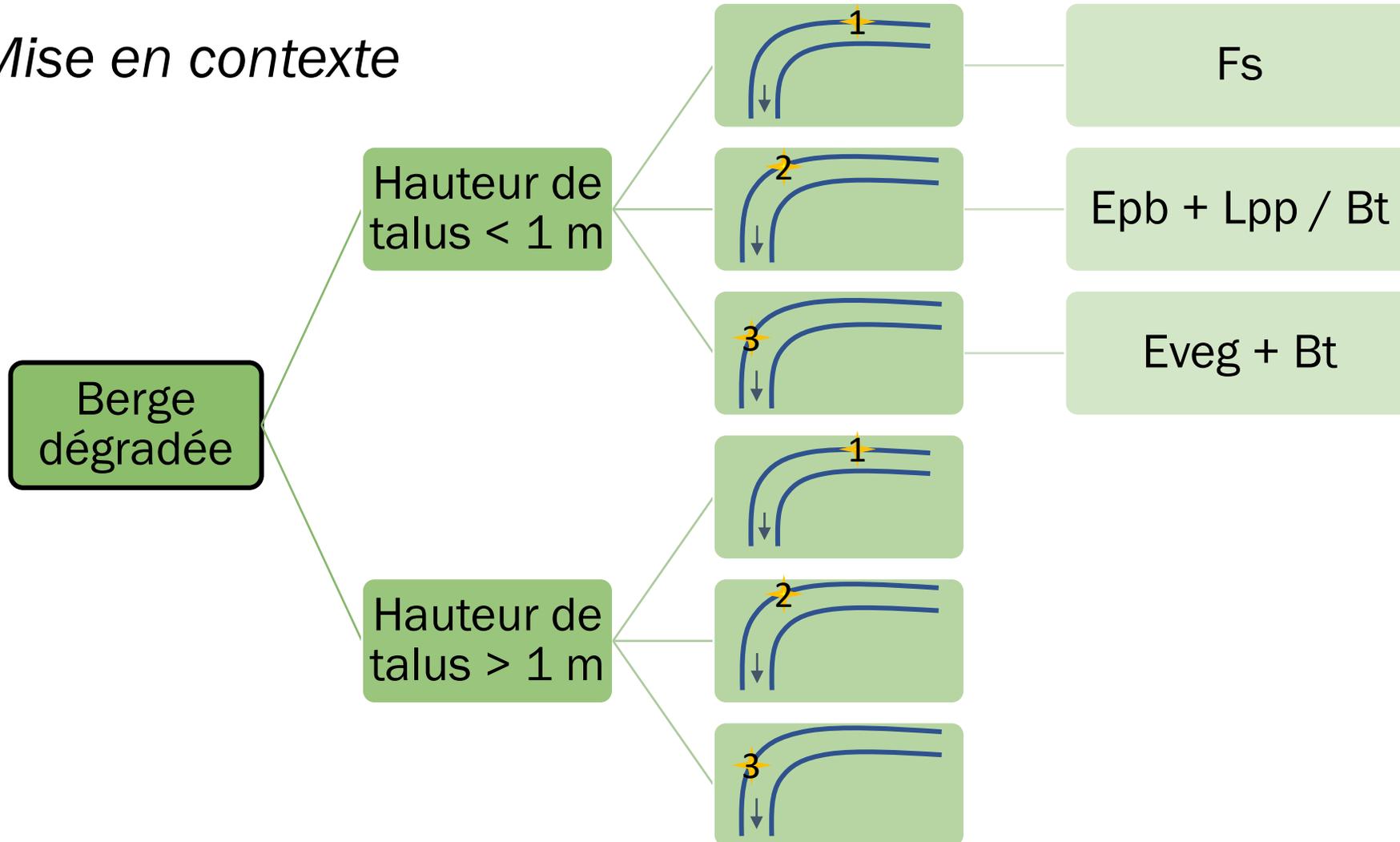
Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



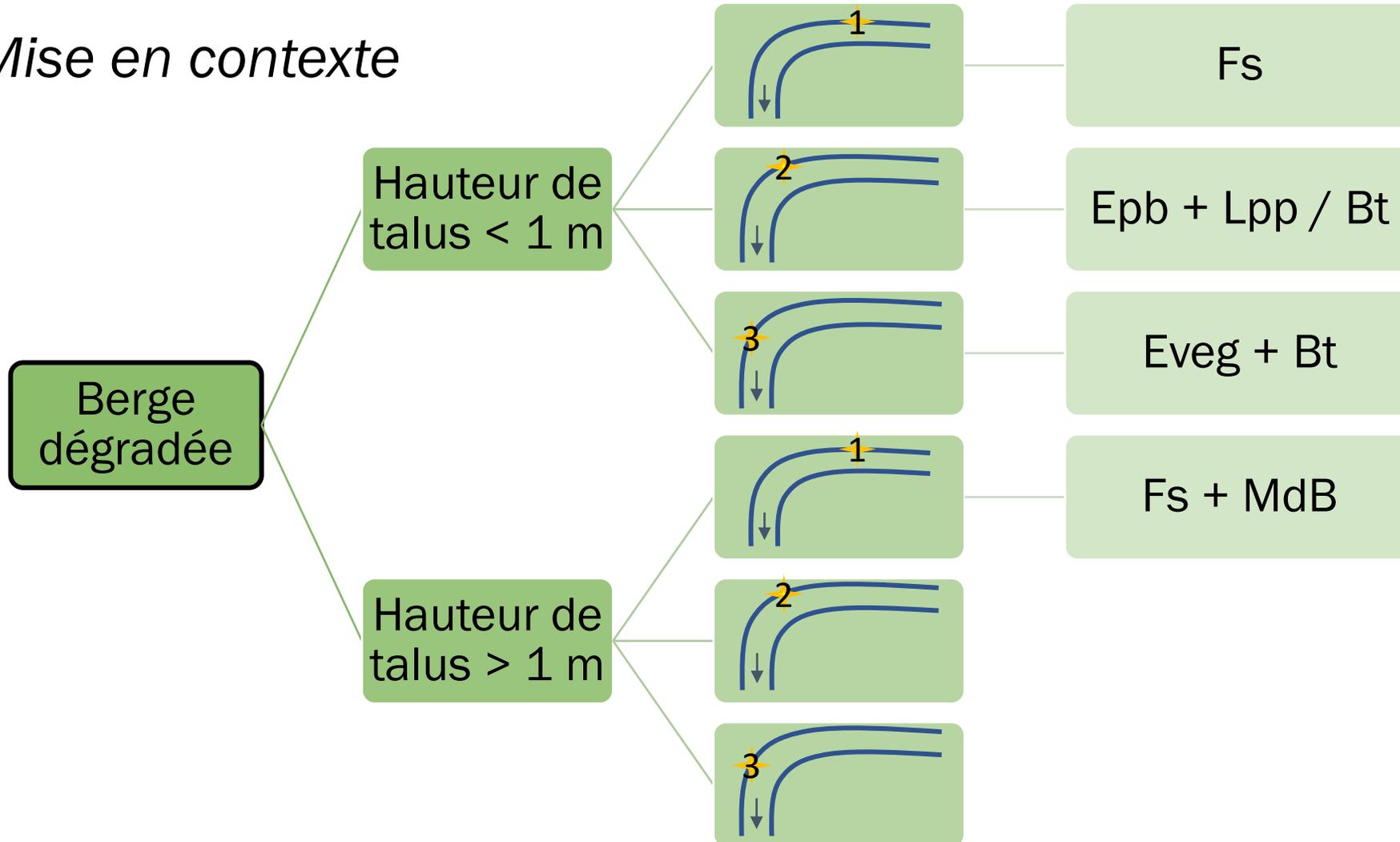
Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



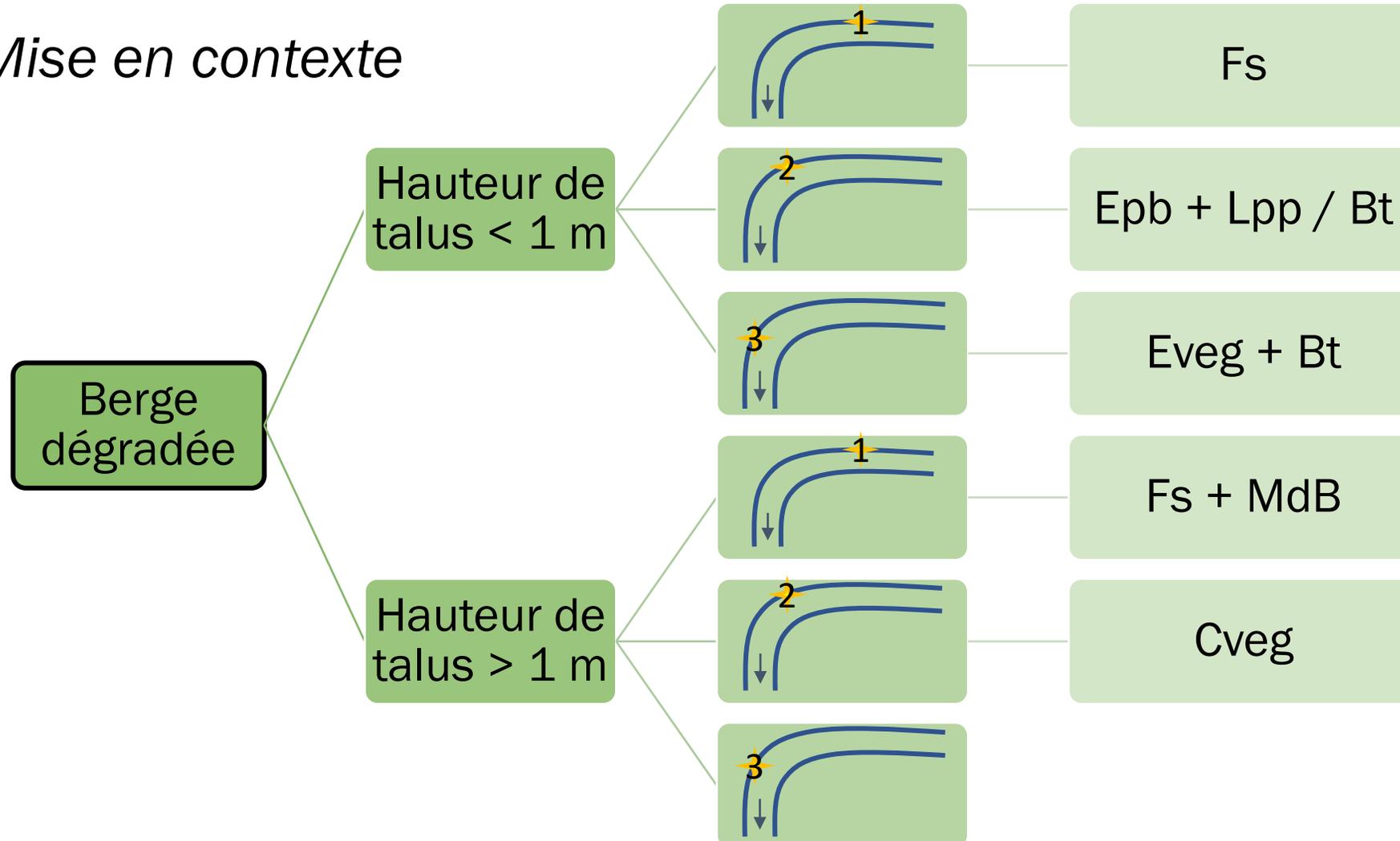
Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



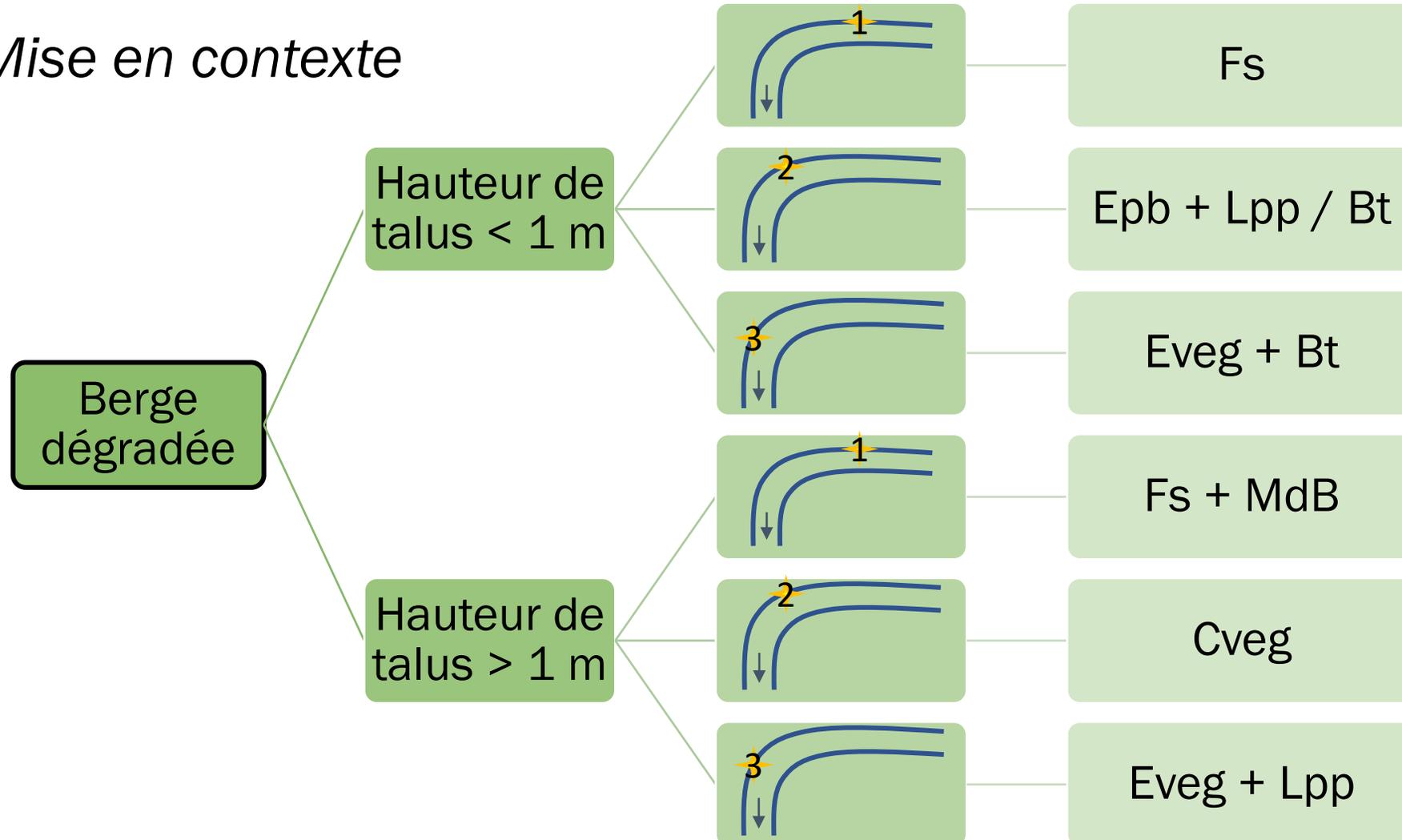
Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



Mise en contexte



# Démarche logique d'intervention



## Conditions physiques particulières

- 🌿 Argiles sensibles (zone de contrainte)
- 🌿 Vagues (naturelles ou de batillage)
- 🌿 Glaces
- 🌿 Percolation

# Démarche logique d'intervention



## Conditions anthropiques particulières

- 🌿 Piétinement / fréquentation du site
- 🌿 Accès pour la machinerie
- 🌿 Visibilité

# Démarche logique d'intervention

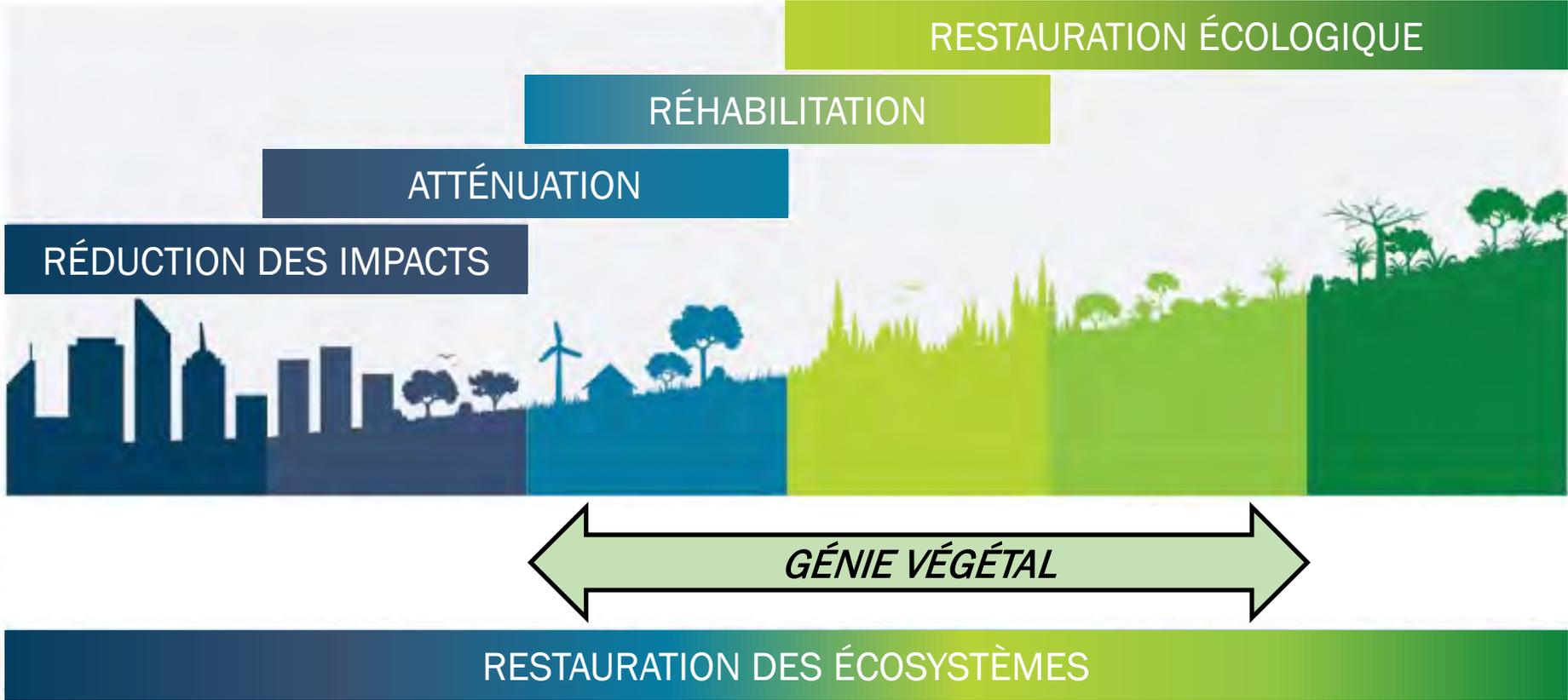


## Autres critères

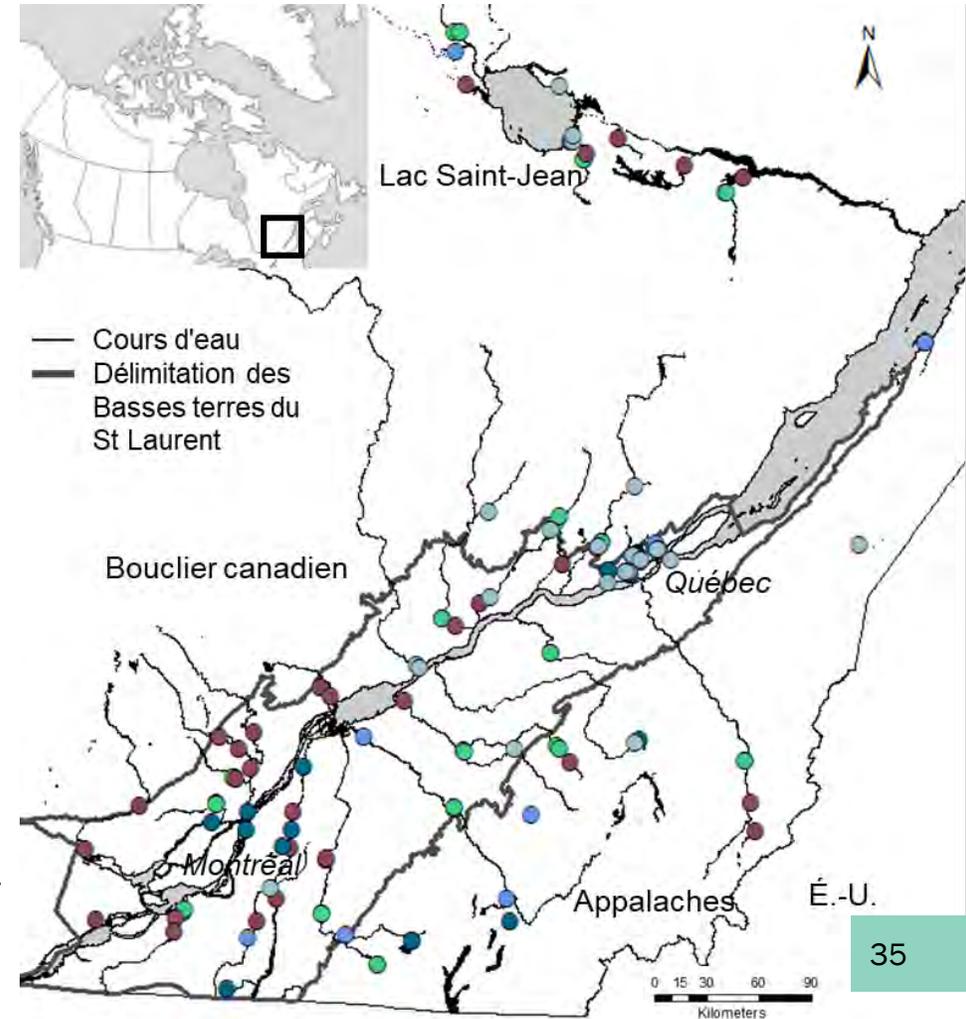
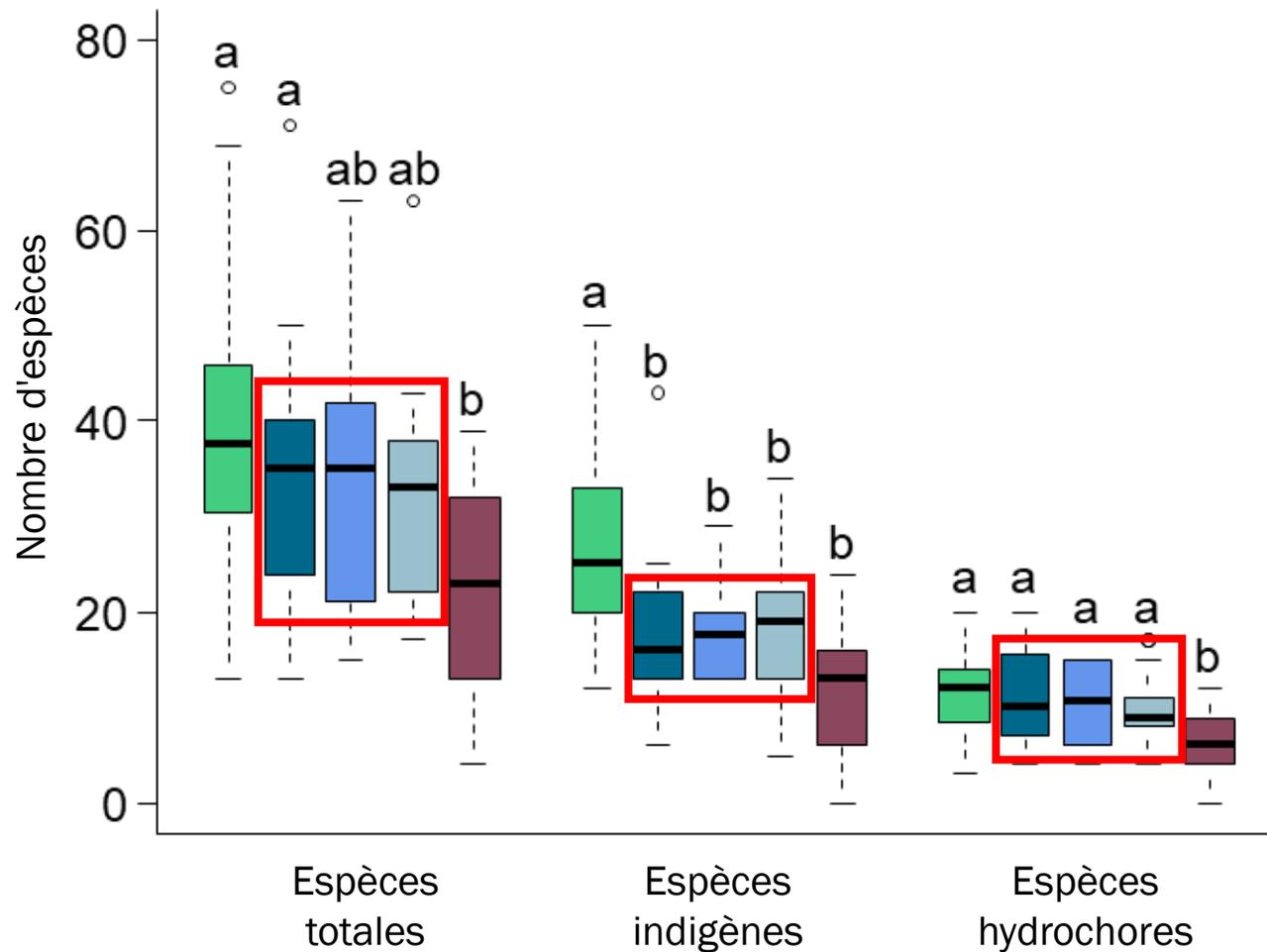
- 🌿 Gabarit / envergure
- 🌿 Espace de recul
- 🌿 EVEC
- 🌿 Utilisation des terres
- 🌿 Habitabilité piscicole
- 🌿 Déséquilibre sédimentaire
- 🌿 Ambition de restauration écologique ...



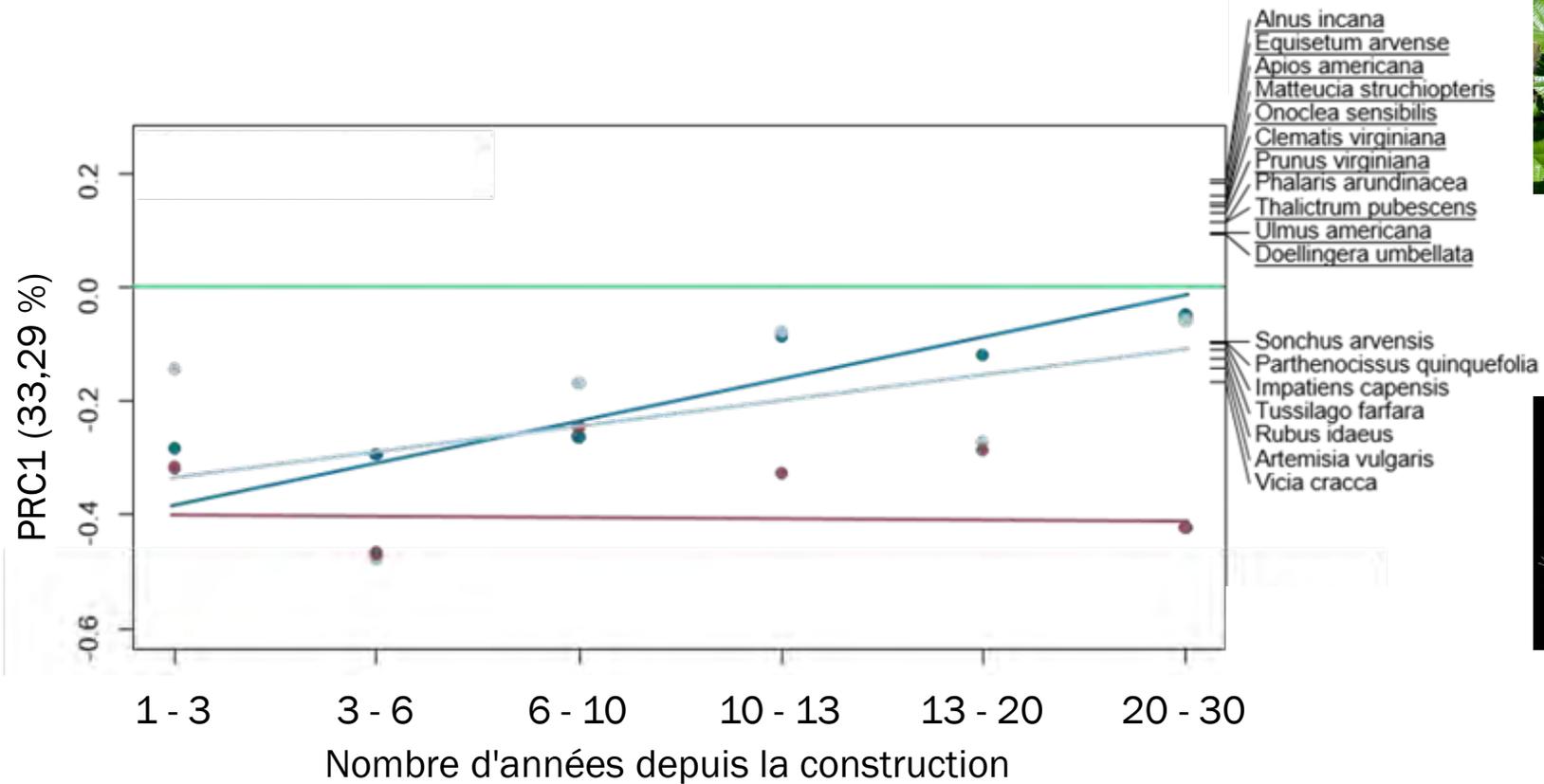
# Ambition de restauration



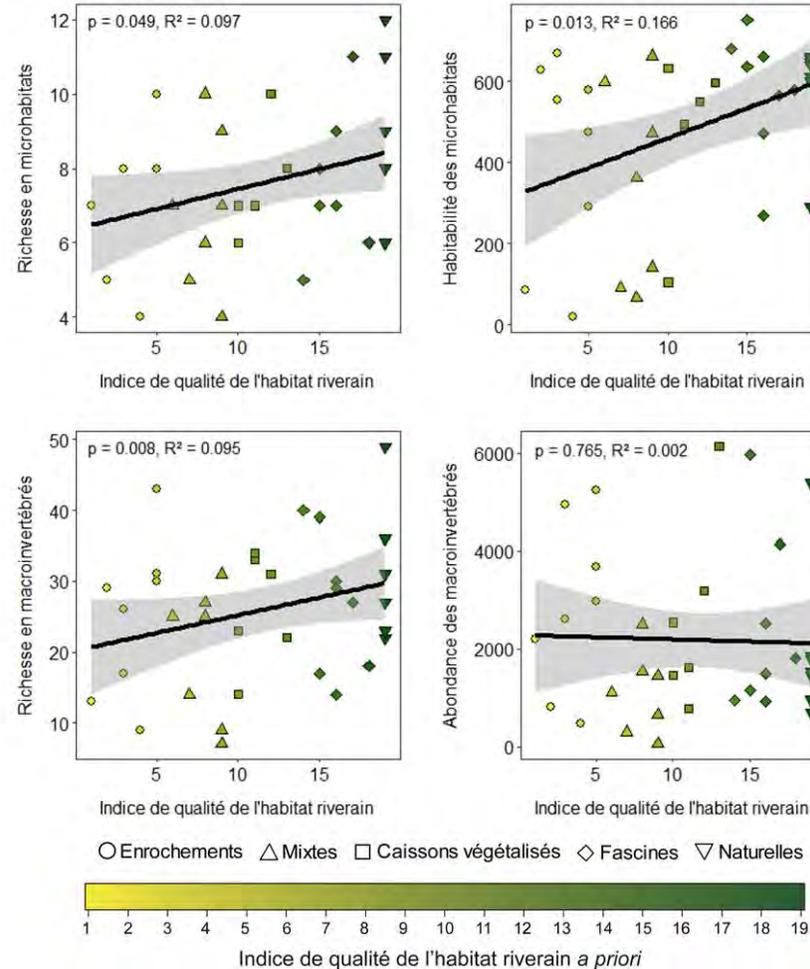
# Ambition de restauration



# Ambition de restauration



# Ambition de restauration



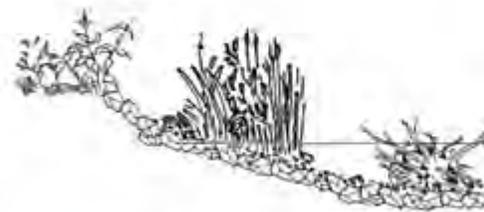
# Ambition de restauration



▲ Type 1



▼ Type 2



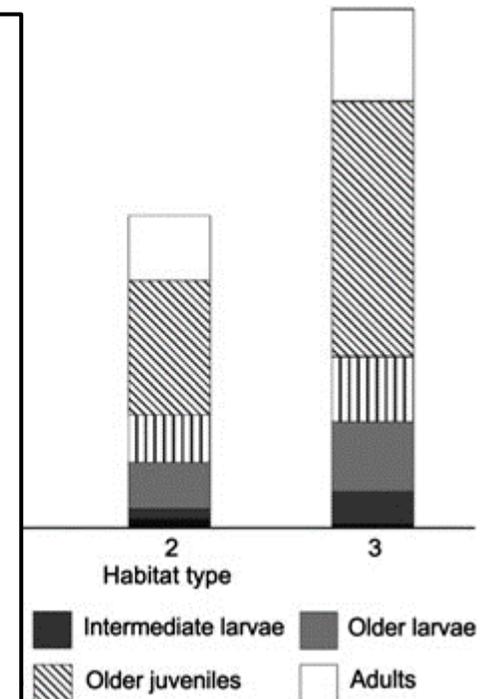
■ Type 3



## Ouvrages de génie végétal

→ Création de microhabitats biogènes

- 🌿 Végétaux
- 🌿 Macroinvertébrés benthiques
- 🌿 Poissons
- 🌿 Oiseau
- 🌿 Qualité de l'habitat riverain





# Ambition de restauration

Comment améliorer la biodiversité en aménagement de berge ?

## *Génie végétal*

🌿 Dès l'implantation de l'ouvrage, dans le choix des espèces

🌿 ↗ des espèces = ↗ des niches + ↗ des fonctions de stabilisation

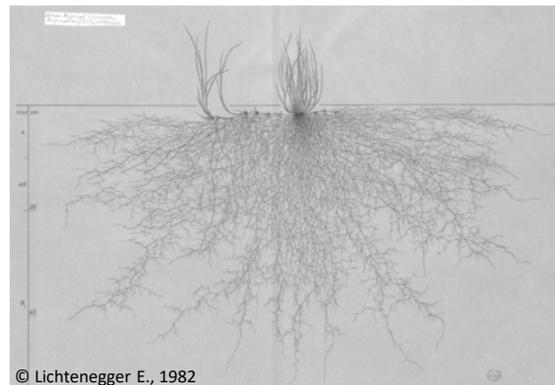
🌿 Effet tapis



🌿 Effet peigne



🌿 Cohésion des particules de sol



🌿 Stabilisation des couches profondes



# Ambition de restauration

Comment améliorer la biodiversité en aménagement de berge ?

## *Génie végétal*

- 🌿 Dès l'implantation de l'ouvrage, dans le choix des espèces
  - 🌿 ↗ des espèces = ↗ des niches + ↗ des fonctions de stabilisation
- 🌿 Au Québec, trois espèces de salicacées utilisées (+  $\approx$  *Cornus sericea*)
  - 🌿 *Salix interior*
  - 🌿 *Salix eriocephala*
  - 🌿 *Salix discolor*





# Ambition de restauration

Comment améliorer la biodiversité en aménagement de berge ?

## *Génie végétal*

- 🌿 Dès l'implantation de l'ouvrage, dans le choix des espèces
- 🌿 Prendre en compte la banque de graines du cours d'eau
  - 🌿 Mettre à profit des techniques qui favorise le trappage de sédiments et le recrutement des espèces hydrochores



# Ambition de restauration

Comment améliorer la biodiversité en aménagement de berge ?

## *Génie végétal*

- 🌿 Dès l'implantation de l'ouvrage, dans le choix des espèces
- 🌿 Prendre en compte la banque de graines du cours d'eau
- 🌿 Diversifier les espèces dans la végétalisation du pied au haut de berge dans les DEUX strates

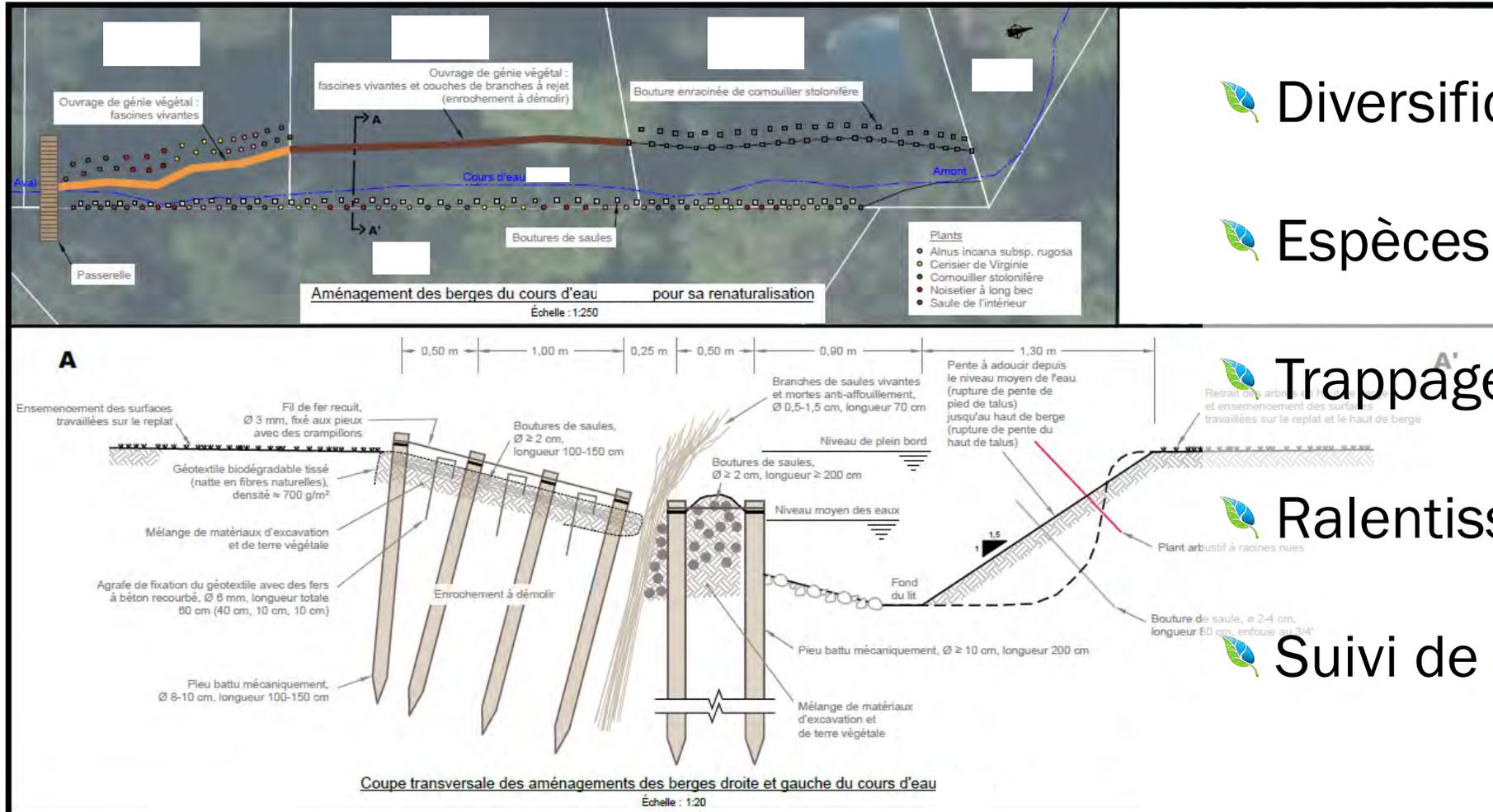
# Ambition de restauration



© Gilles Ayotte (haut) & Arthur Haines (bas)



# Ambition de restauration



🌿 Diversification des formats

🌿 Espèces variées (7 sp. Ab)

🌿 Trappage de sédiments

🌿 Ralentissement écoulements

🌿 Suivi de reprise en boutures



# Ambition de restauration

Comment améliorer la biodiversité en aménagement de berge ?

## *Enrochement*

- 🌿 Pourquoi ?
  - 🌿 Résistance mécanique
  - 🌿 Intégration paysagère
  - 🌿 Biodiversité
  - 🌿 Lutte aux EVEC





# Ambition de restauration

Comment améliorer la biodiversité en aménagement de berge ?

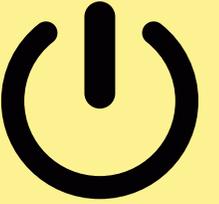
## *Enrochement*

🌿 Comment ?

- 🌿 Insertion de boutures dans les interstices (ou par forage)
- 🌿 Utilisation de lits de plants et plançons
- 🌿 Comblement des interstices et ensemencement (pelle ou lance)
- 🌿 Terre ensemencée sur le haut de berge

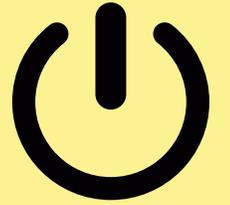


# Conclusion



- 🌿 Une **connaissance profonde** du site et de ses contraintes est indispensable pour la conception appropriée d'un ouvrage
- 🌿 La **copie des modèles naturels avoisinants** est le garant d'une intégration paysagère et du maintien de la végétation dans l'ouvrage
- 🌿 Selon le niveau de contraintes, possibilité d'orienter le projet vers la **restauration écologique de la berge dégradée**

# Conclusion



**amec**

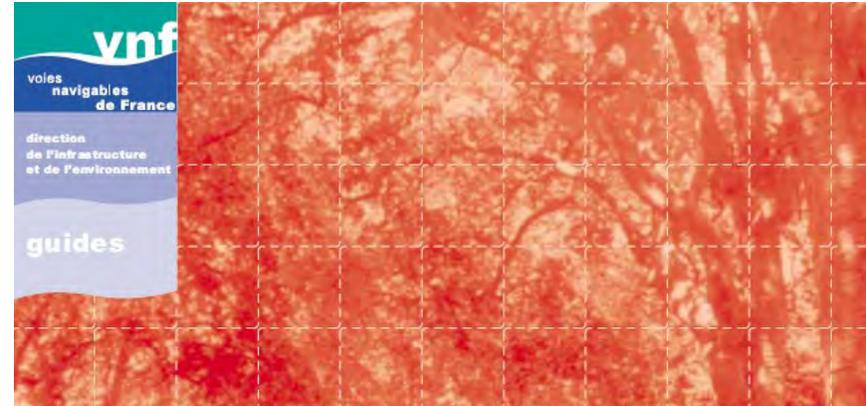
February 2012

**Design Guidelines for  
Erosion and Flood Control Projects for  
Streambank and Riparian Stability Restoration**

Project No. CW2098

Submitted by:  
AMEC Environment & Infrastructure

Submitted to:  
The City of Calgary, Water Resources



**Application des techniques végétales  
pour la protection des berges des voies navigables**



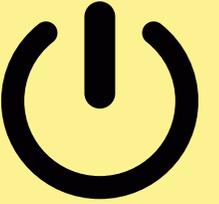
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable  
et de l'Aménagement du territoire

## Le génie végétal

Un manuel technique au service de l'aménagement  
et de la restauration des milieux aquatiques

documentation Française

# Conclusion



## Québec

Hors-série 2019

# Sciences Eaux & Territoires

Article hors-série numéro 57

## Le génie végétal pour la protection des berges de cours d'eau au Québec : état des lieux et perspectives pour les Basses-terres du Saint-Laurent

Monique Poulin, André Evette, Maxime Tisserant, Naren Keita, Vincent Breton, Pascale Biron, Pierre Raymond, Gabriel Charbonneau et Isabelle Falardeau

www.set-revue.fr

Dossier Agricole

### Restaurer les milieux riverains des cours d'eau agricoles, une berge à la fois

Maxime Tisserant  
Biologiste Ph. D.

La gestion des cours d'eau agricoles du sud du Québec n'est pas chose facile. Bien souvent, ces cours d'eau ont été fortement modifiés par l'humain : linéarisation ou simplification du tracé, canalisation, construction de seuils, suppression de la végétation riveraine. À ces changements bien délimités dans le temps et l'espace s'ajoutent les pressions diffuses exercées par les activités agricoles dans le bassin versant, comme le drainage de terres ou l'apport en matières organiques et inorganiques dissoutes.

En modifiant l'hydrologie, la physico-chimie, la structure physique du lit et des berges, ces changements affectent la condition des cours d'eau agricoles : incision ou comblement des lits d'écoulement, instabilité des berges, mauvaise qualité de l'eau.

À première vue, la restauration de la végétation riveraine le long des cours d'eau agricoles est une approche écocentrique pour remettre en l'état des milieux dégradés. Elle ne répond donc pas à des besoins propres à l'humain et ne permet pas de solutionner les défis environnementaux mentionnés ci-haut. En réalité, rares sont les projets de restauration de la végétation riveraine qui ne sont pas conçus pour répondre à un besoin humain : compensation écologique pour destruction de milieux humides ou hydriques, amélioration paysagère, application des règlements relatifs aux bandes riveraines agricoles. Et à juste titre, puisqu'il s'agit d'une solution durable qui peut contribuer à régler certains dysfonctionnements. L'implantation d'une végétation riveraine adaptée peut ainsi stabiliser les berges, épurer l'eau de ruissellement et du cours d'eau ou piéger les sédiments issus de l'érosion des sols.

Photo 1: Section de la rivière Noire dans sa partie aval, avant la confluence avec la rivière Yamaska (Montérégie). Ce cours d'eau y circule presque exclusivement en zone agricole. Si la végétation riveraine est préservée, plusieurs indices témoignent de la mauvaise qualité du système : forte concentration de matières en suspension, berges instables, lit en incision, végétation peu variée.

Photo 2: Restauration complète du lit et des berges du ruisseau du Marais (Estrie). Le tracé du cours d'eau recréé inclut une alternance de seuils et de moulins pour diversifier les écoulements. Le cours d'eau a été stabilisé avec des fascines de saules de chaque côté.

Mém'Eau Juin 2020 - Page 11

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Ecological Engineering

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)

ELSEVIER

Check for updates

### Controlling erosion while fostering plant biodiversity: A comparison of riverbank stabilization techniques

Maxime Tisserant<sup>a,b</sup>, Bérenger Bourgeois<sup>a,b</sup>, Eduardo González<sup>c</sup>, André Evette<sup>d</sup>, Monique Poulin<sup>a,b,1</sup>

<sup>a</sup> Département de Phytologie, Faculté de Biologie, Université Laval, Québec, Canada  
<sup>b</sup> Québec Centre for Biodiversity Science, Université Laval, Québec, Canada  
<sup>c</sup> Department of Biology, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA  
<sup>d</sup> Univ. Grenoble Alpes, INRAE, LESOS, Grenoble, France

#### ARTICLE INFO

Keywords:  
 Alpha diversity  
 Beta diversity  
 Ecological restoration  
 Soil bioengineering  
 Vegetation succession  
 Water resources

### Biodiversité et génie végétal : réponse taxonomique et fonctionnelle de la flore vasculaire riveraine à la stabilisation de berge

Thèse

Maxime Tisserant

Doctorat en biologie végétale  
 Philosophie doctor (Ph. D.)

Québec, Canada

© Maxime Tisserant, 2020

riprap for recovering species diversity and ecosystem function. Here, we assessed the vertical profile of species richness in riprap (upper, middle and lower) sites. Species richness was higher on upper sites and decreased on middle and lower sites. This suggests that riprap sites may be more effective for recovering species diversity and ecosystem function on stabilized riverbanks.



# Merci !

Maxime Tisserant, biol., Ph. D.

✉ [maxime.tisserant.1@gmail.com](mailto:maxime.tisserant.1@gmail.com)



# Développement et obstacles



## PORTFOLIO DE SOLUTIONS RÉSILIENTES ET ÉCORESPONSABLES DE STABILISATION DES RIVES SUR LE TERRITOIRE DE LA MRC DE PORTNEUF

### Problématiques liées à la stabilisation des rives

Pression immobilière sur les rives

Phénomènes d'érosion de rive de plus en plus fréquents et importants (CC)

Caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent (U Laval – mars 2020) : 19% des rives en érosion active sur le territoire de la TCREF

### Municipalités et citoyens démunis face à la situation

Municipalités : complexité d'application de la réglementation en ce qui a trait aux rives

Milieu particulier avec de grosses contraintes (fortes marées, dynamique des glaces, etc...)



# Développement et obstacles



Érosion en rive naturelle – pente douce



Érosion en rive naturelle – pente forte



Muret de béton désuet



Enrochement désuet



Falaises : meuble et en schiste



# Développement et obstacles



## FORMATION D'UN COMITÉ D'EXPERTS

Chercheurs : U Laval / UQAR

Représentants des Ministères : MELCC, MFFP, MTQ

OBV (CAPSA, CBJC)

Québec Vert (anciennement FIHOQ)

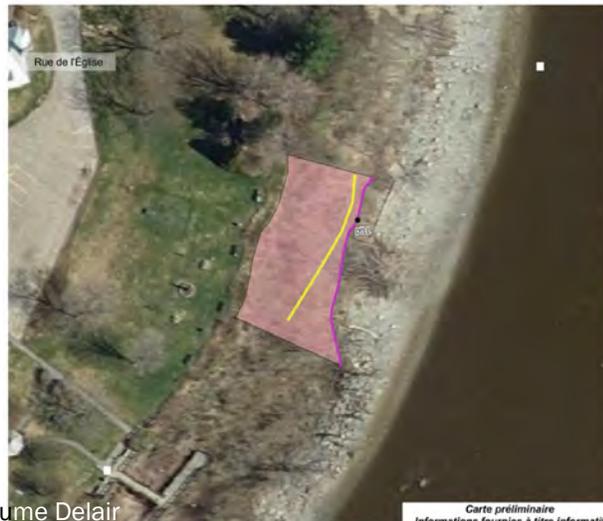
MRC de Portneuf



# Développement et obstacles



## ACQUISITION DE DONNÉES SUR LE TERRAIN



**Carte 3. Caractérisation de la rive et du littoral Site 7 - Cap Lauzon**

**Légende**

- Point de caractérisation de la limite du littoral
- Limite du littoral
- Limite des espèces ligneuses

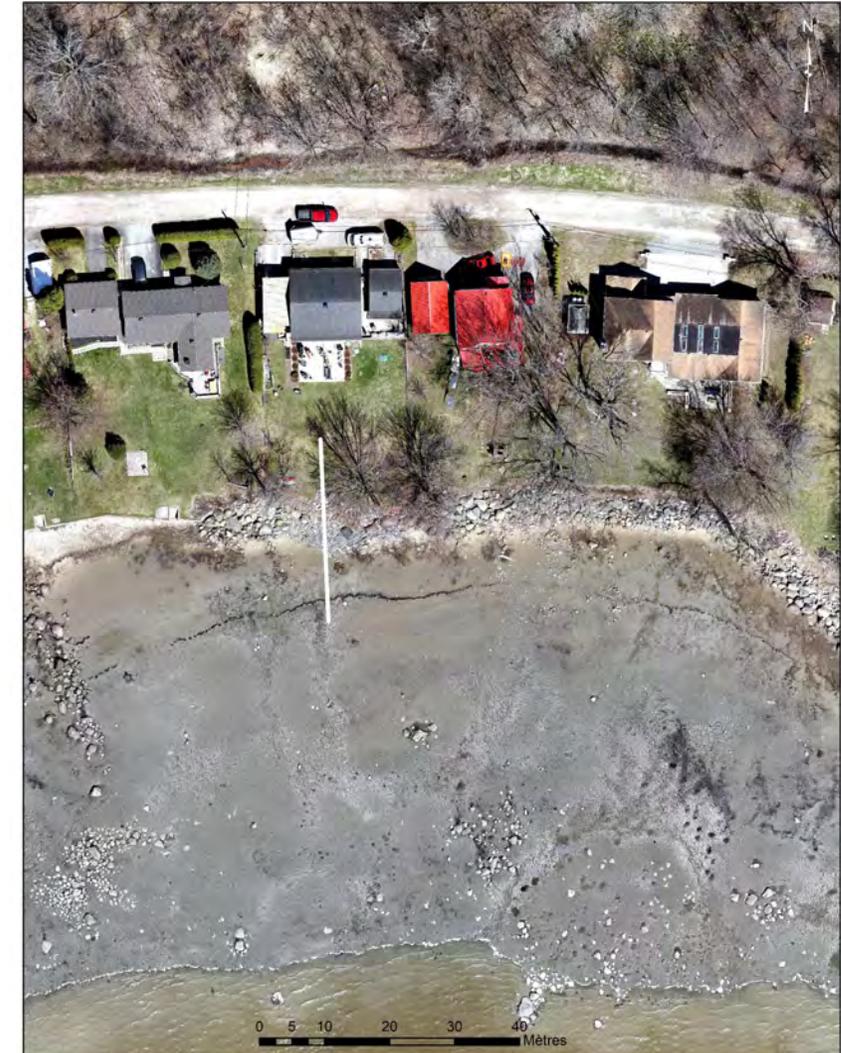
**Milieux terrestres**

- Peupleraie baumière à érable à sucre et peuplier faux-tremble

0 5 10 15 20 25 m

Projet: 0000 - Caplan-Lauzon  
Ordonnances: MFR (2015) Service d'ingénierie du gouvernement du Québec, Ministère du Développement durable, 2015-2016. Révisé le 10 mai 2016.

**Faune, Flore, Environnement**



# Développement et obstacles



## RÉDUCTION DES IMPACTS DES ALÉAS HYDROCLIMATIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DU COURS D'EAU URBAIN

### Cours d'eau problématique

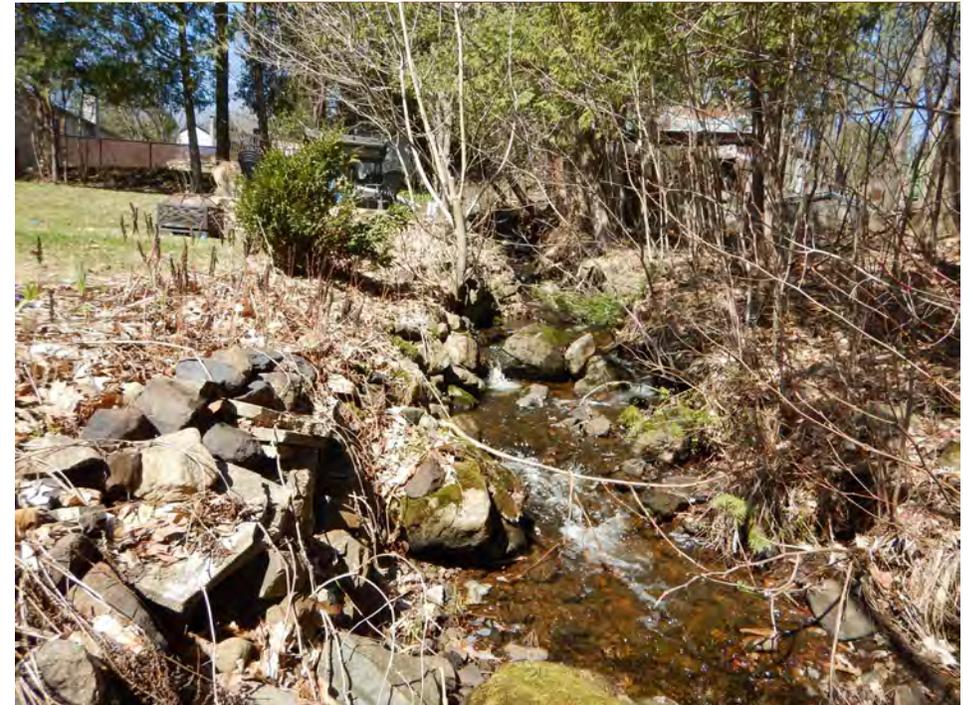
- Pression immobilière
- Forts débits de pointe
- Forte charge sédimentaire

### Projet novateur

- Aménagement d'infrastructures vertes dans le bassin versant
- Réduction des débits
- Rétention des sédiments
- Restauration des milieux aquatiques et riverains

### Démarche citoyenne

- Implication des résidents du bassin versant
- Rencontres d'information et de consultation



# Développement et obstacles



## PERFORMANCE DES SOLUTIONS BASÉES SUR LA NATURE POUR LA PROTECTION CONTRE L'ÉROSION CÔTIÈRE

### Objectifs

Étudier la **capacité d'atténuation des vagues** et la **protection contre l'érosion** d'un **talus végétalisé** par rapport à un talus non végétalisé dans **différentes conditions hydrodynamiques**

Identifier l'influence des **caractéristiques spécifiques des plantes** (hauteur, rigidité, etc.) sur l'atténuation des vagues et la protection contre l'érosion

Mesurer la **force de traînée** exercée sur différentes espèces de végétation dans différentes conditions hydrodynamiques et quantifier le coefficient de traînée ( $C_d$ )

Étudie l'influence de la **saisonnalité** sur la capacité d'atténuation des vagues et l'érosion



© Jacob Stolle



## PROJET DE CRÉATION D'UNE BASE DE DONNÉES SUR LE GÉNIE VÉGÉTAL EN FRANCE

### Objectifs

Promouvoir le développement des techniques auprès des gestionnaires

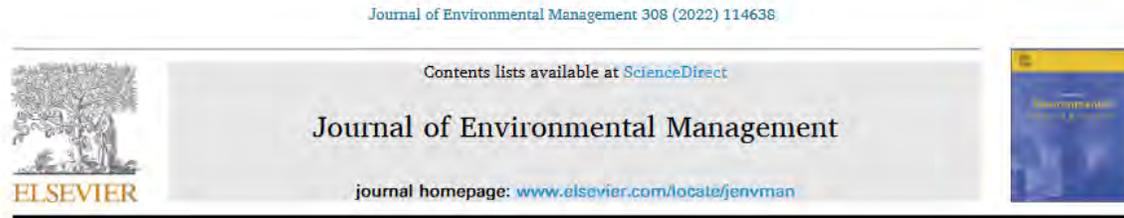
Développer des connaissances permettant d'améliorer l'utilisation des techniques

### Identification des causes d'échec principales

Mauvaise reprise de la végétation

Rupture mécanique de l'ouvrage

# Développement et obstacles



Nature-based solutions (NbS): A management paradigm shift in practitioners' perspectives on riverbank soil bioengineering

Clémence Moreau<sup>a</sup>, Marylise Cottet<sup>a,\*</sup>, Anne Rivière-Honegger<sup>a</sup>, Adeline François<sup>b</sup>, André Evette<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Université de Lyon, CNRS, ENS de Lyon, UMR 5600 Environnement Ville Société, France

<sup>b</sup> Univ. Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM, F-38402, St-Martin-d'Hères, France

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Soil bioengineering techniques  
Nature-based solutions  
Riverbank erosion control  
River management  
Paradigm shift  
Practitioners' perceptions

## ABSTRACT

Nature-based Solutions (NbS) are promoted as practical and theoretical solutions that simultaneously provide human well-being and biodiversity benefits. One example is soil bioengineering using construction techniques based on living vegetation, and is frequently used for riverbank stabilization, flood protection, and erosion control. Compared with civil engineering, NbS offer many advantages such as cost reduction, limited impact on the environment, and production of ecosystem services. However, their use is still marginal for riverbank control, especially in urban areas. In this paper, we focus on soil bioengineering techniques for riverbank protection in an urban context from the practitioners' perspective. We question to what extent NbS require a shift in management paradigm. We used qualitative methods to interview 17 practitioners working in the Rhone Alps basin (France). Our results reveal that switching from civil engineering to soil bioengineering is not only a technical change, but also requires a shift from a "predict and control" paradigm to an "adaptive management" paradigm because of three major reasons. First, soil bioengineering techniques require redefinition of the performance of engineering structures with the inclusion of ecological and social dimensions. Second, the adoption of soil bioengineering techniques requires that practitioners, elected people and inhabitants reconsider risk sharing and acceptance. Third, the techniques require practitioners to adopt a new posture, with new soft skills (humility and daring) and a new collective organization (collective feedback). Finally, we identify three levers for a broader use of such techniques: (i) systematic assessment of the ecological, economical, and social benefits of such techniques; (ii) improving risk acceptance and sharing; (iii) fostering of social learning among practitioners through collective or technical feedback.

Changement de paradigme

Dimensionnement & contrôle → Gestion adaptative

Accepter la prise de risque pour s'adapter aux changements globaux

Identification de pistes pour promouvoir le génie végétal

Évaluation des bénéfices écologiques, sociaux et économiques des techniques

Acceptation et partage du risque

Retour d'expérience et transfert des connaissances pour améliorer 'l'apprentissage social'