CLUSTERS DE RECHERCHE
RHÔNE-ALPES
ENVIRONNEMENT

Séminaire Cluster Environnement
Projet 4

Interactions végétation et contraintes physiques

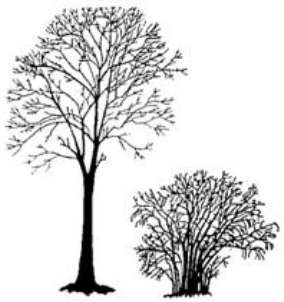
28 & 29 janvier 2008
Cemagref Grenoble (38)

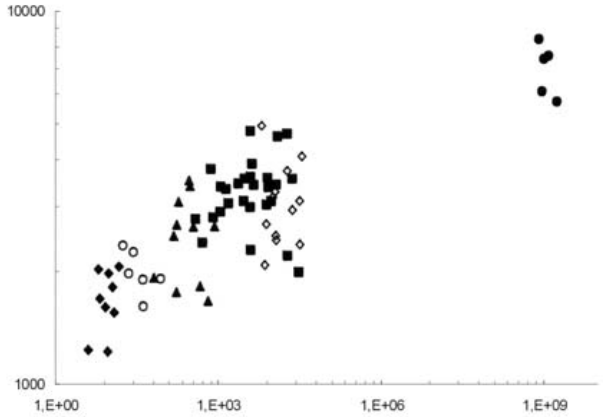
Cemagref CNRS RhôneAlpes UJF IMAAlpes ZABR

Nick Rowe

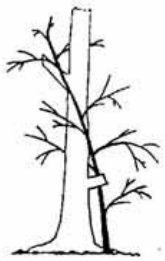
– AMAP", CNRS 5120, Montpellier, France

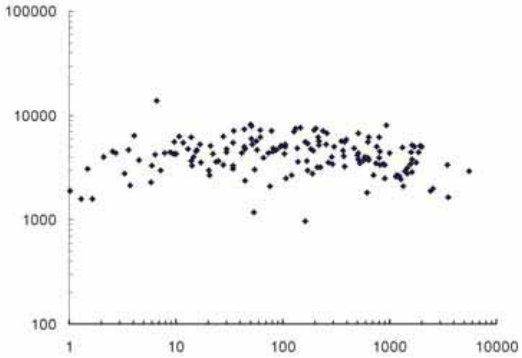
selfsupporting



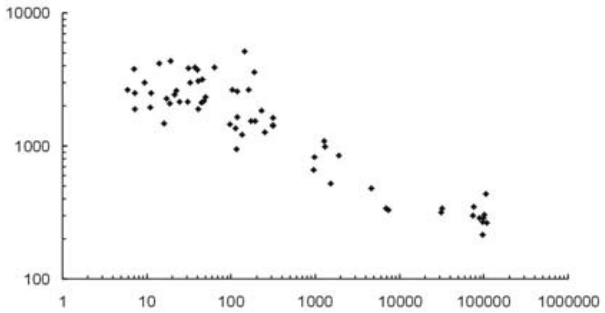


semi-selfsupporting



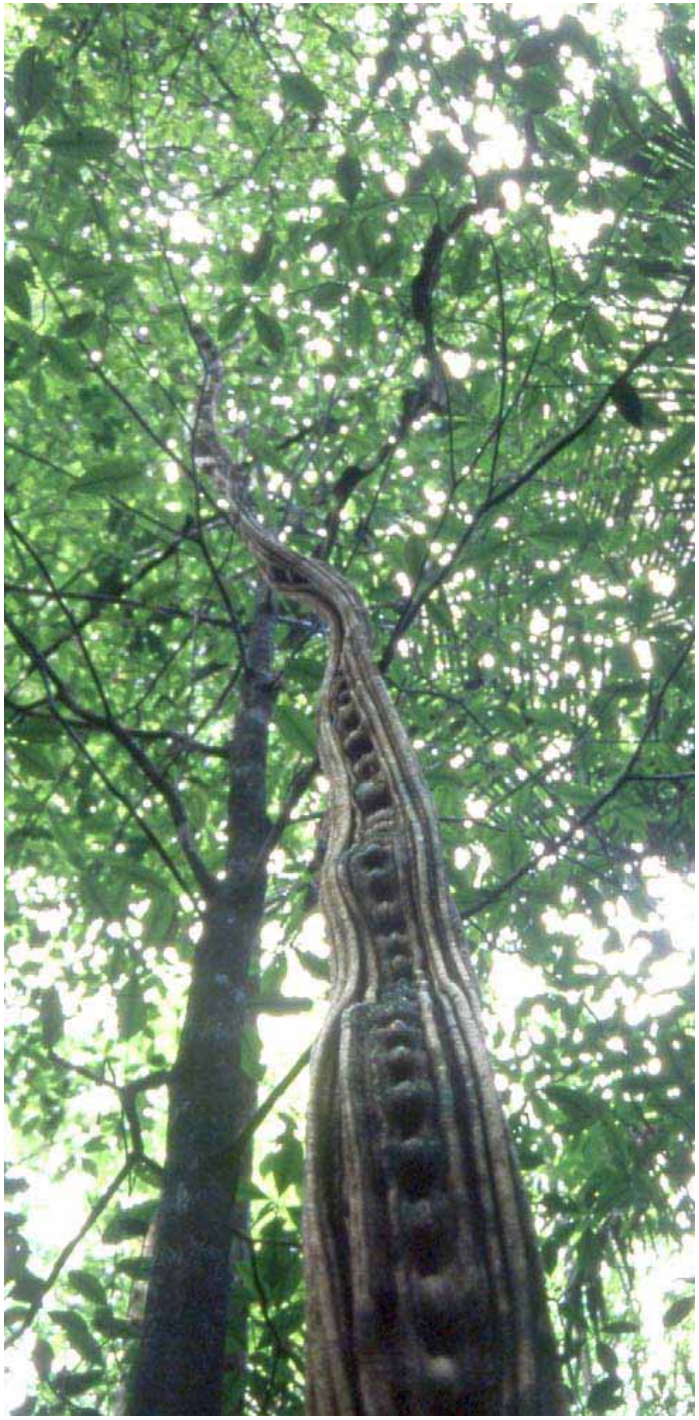


lianoid



elastic modulus [MNm^{-2}]

second moment of area [mm^4]

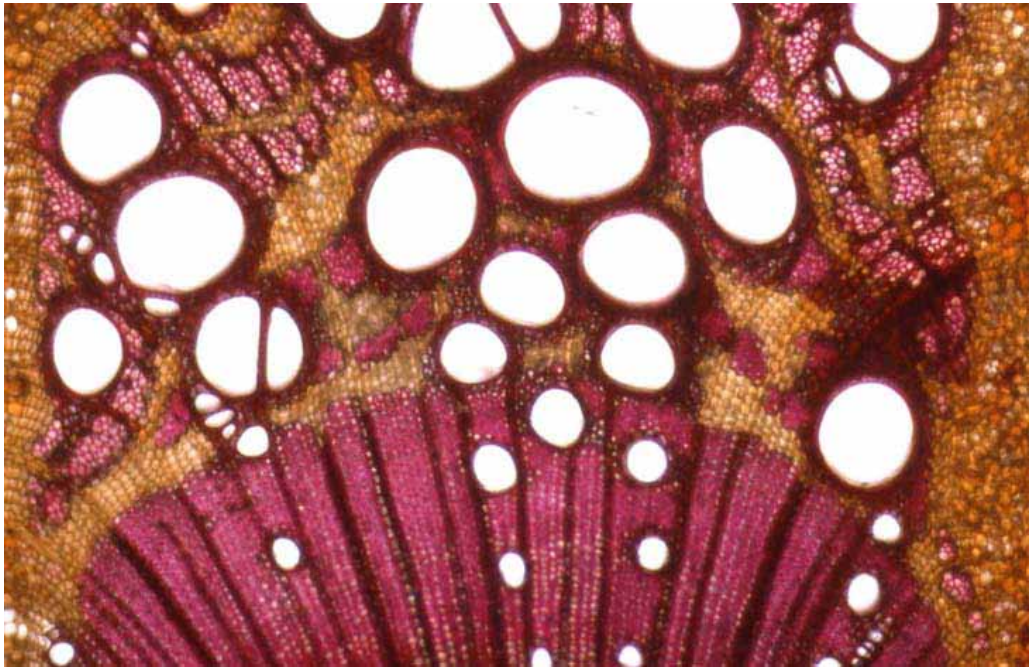


Bauhinia

Gnetum

Tachigalli sp.

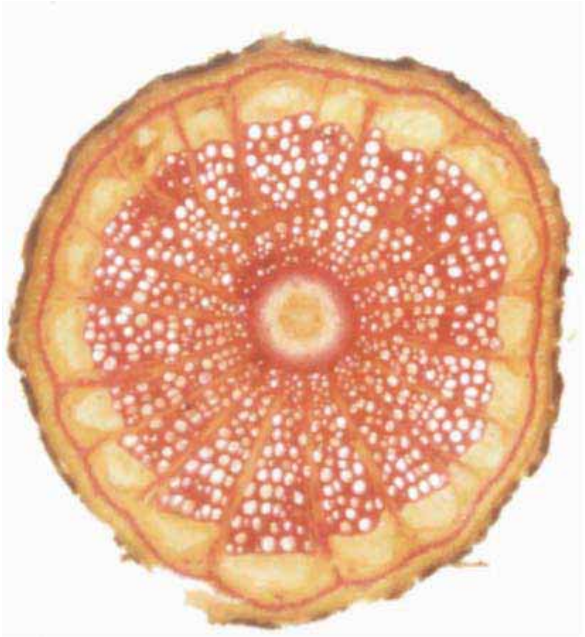
Bauhinia

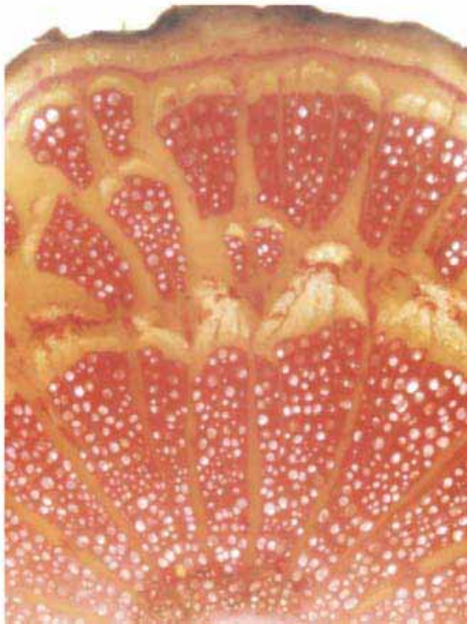


compliant wood –
"climbing phase"

stiff wood –
"searcher phase"

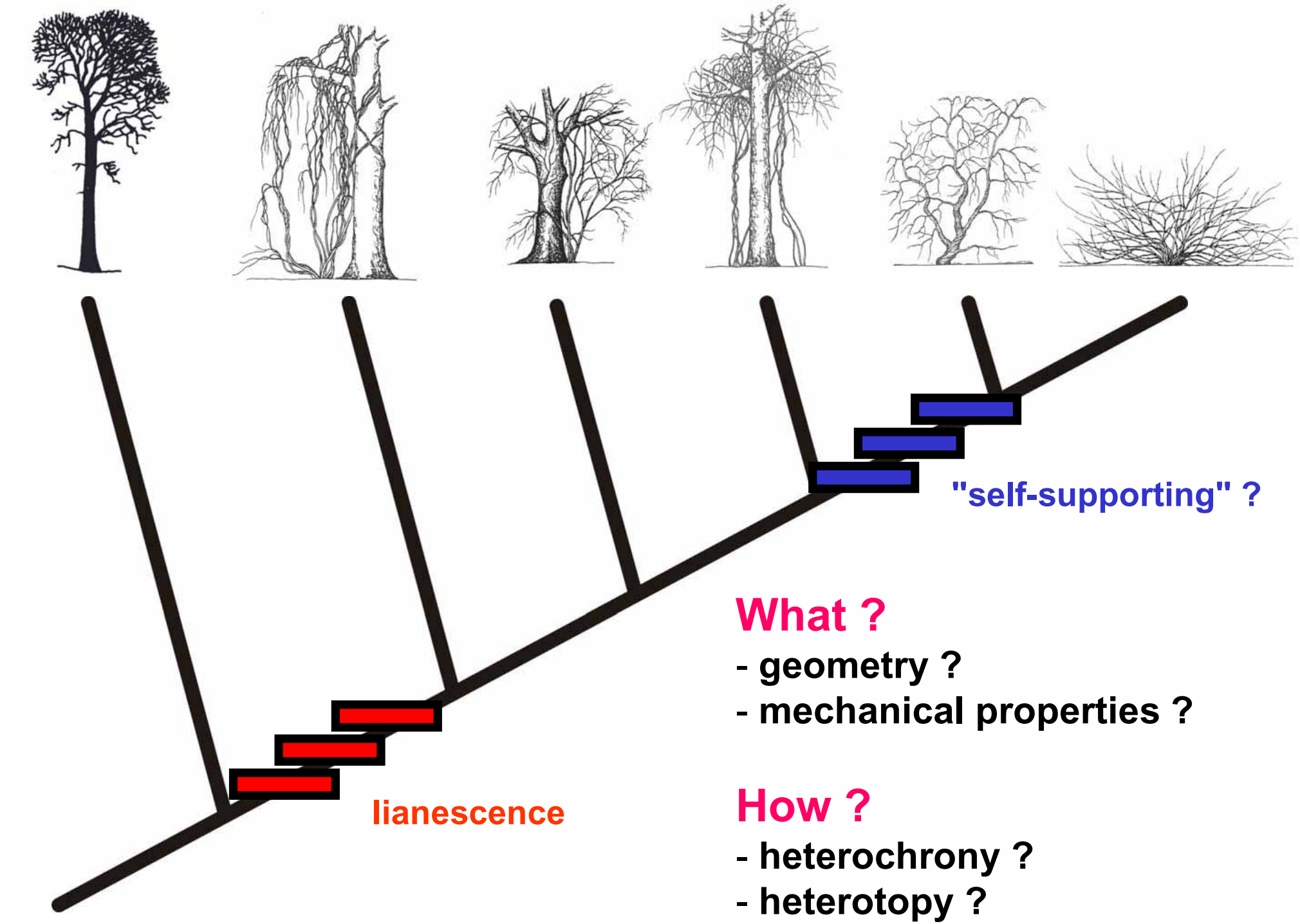
Gnetum





compliant wood –
"climbing phase"

stiff wood –
"searcher phase"



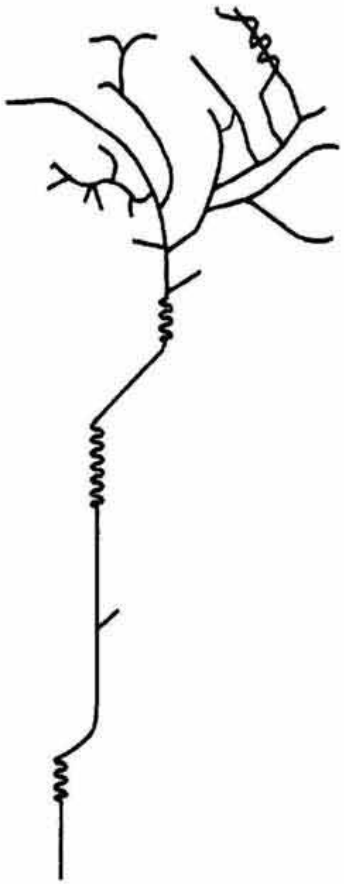
What ?

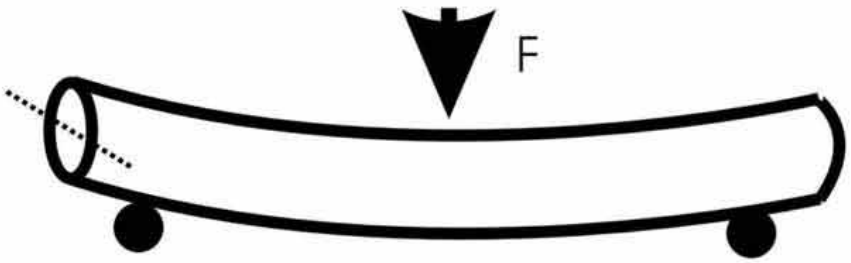
- geometry ?
- mechanical properties ?

How ?

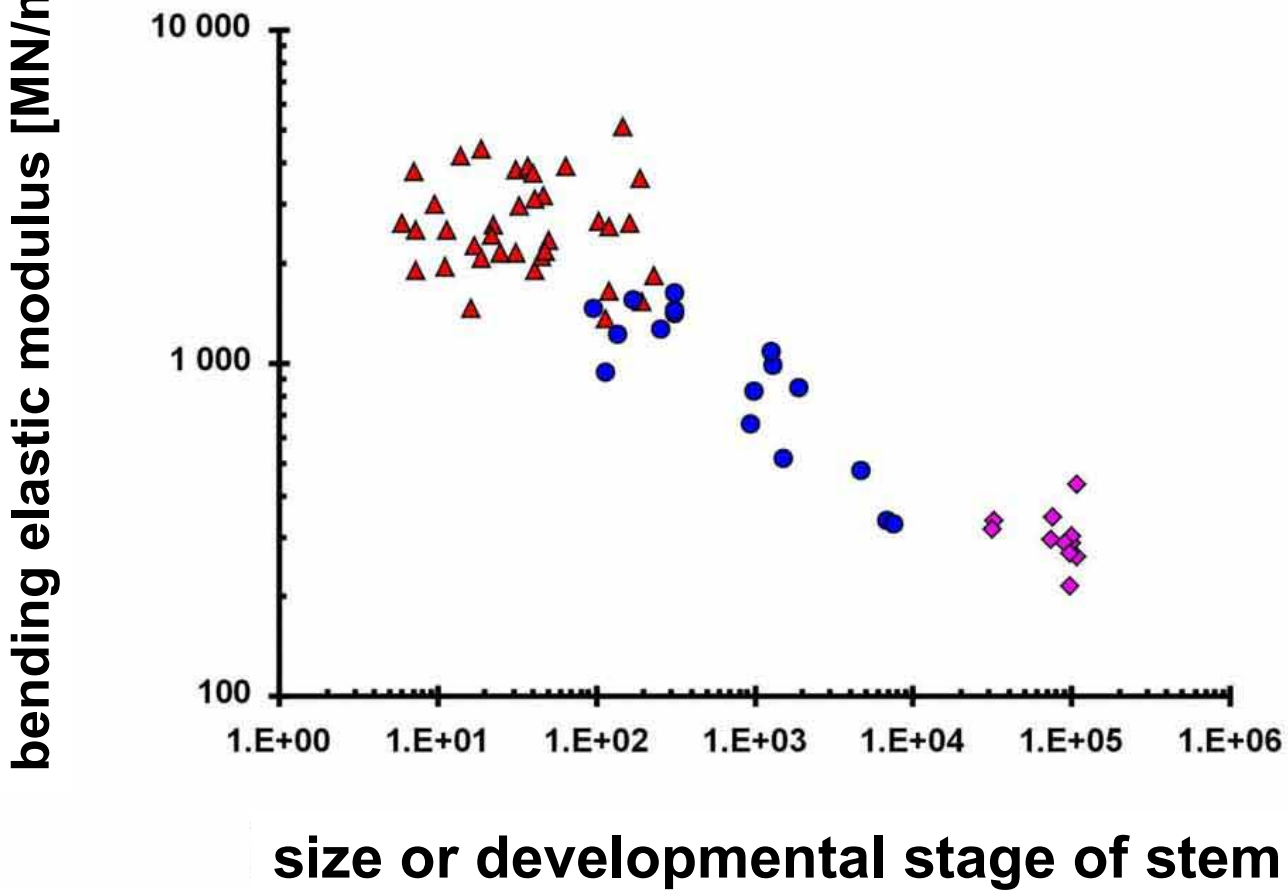
- heterochrony ?
- heterotopy ?

entire plant

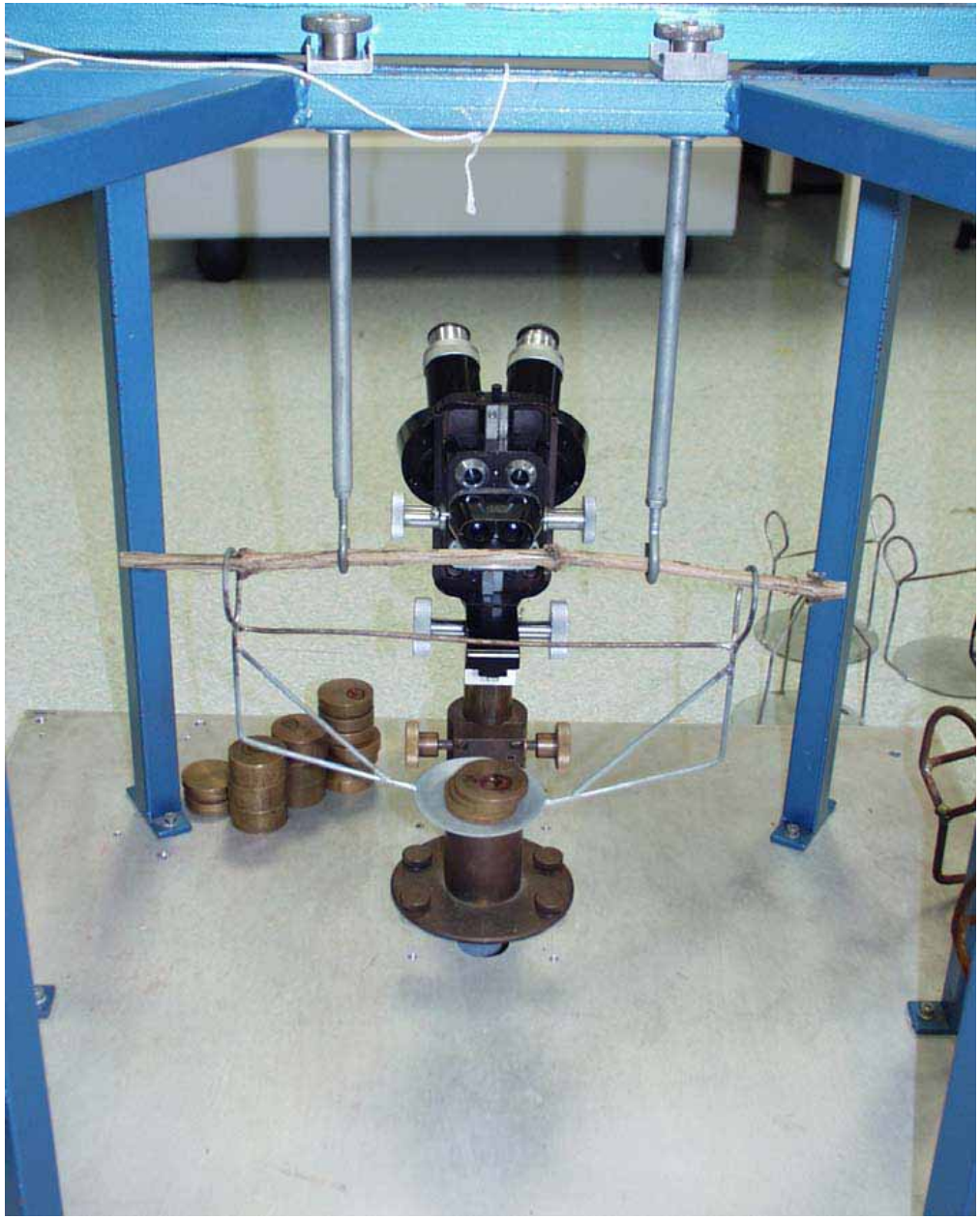




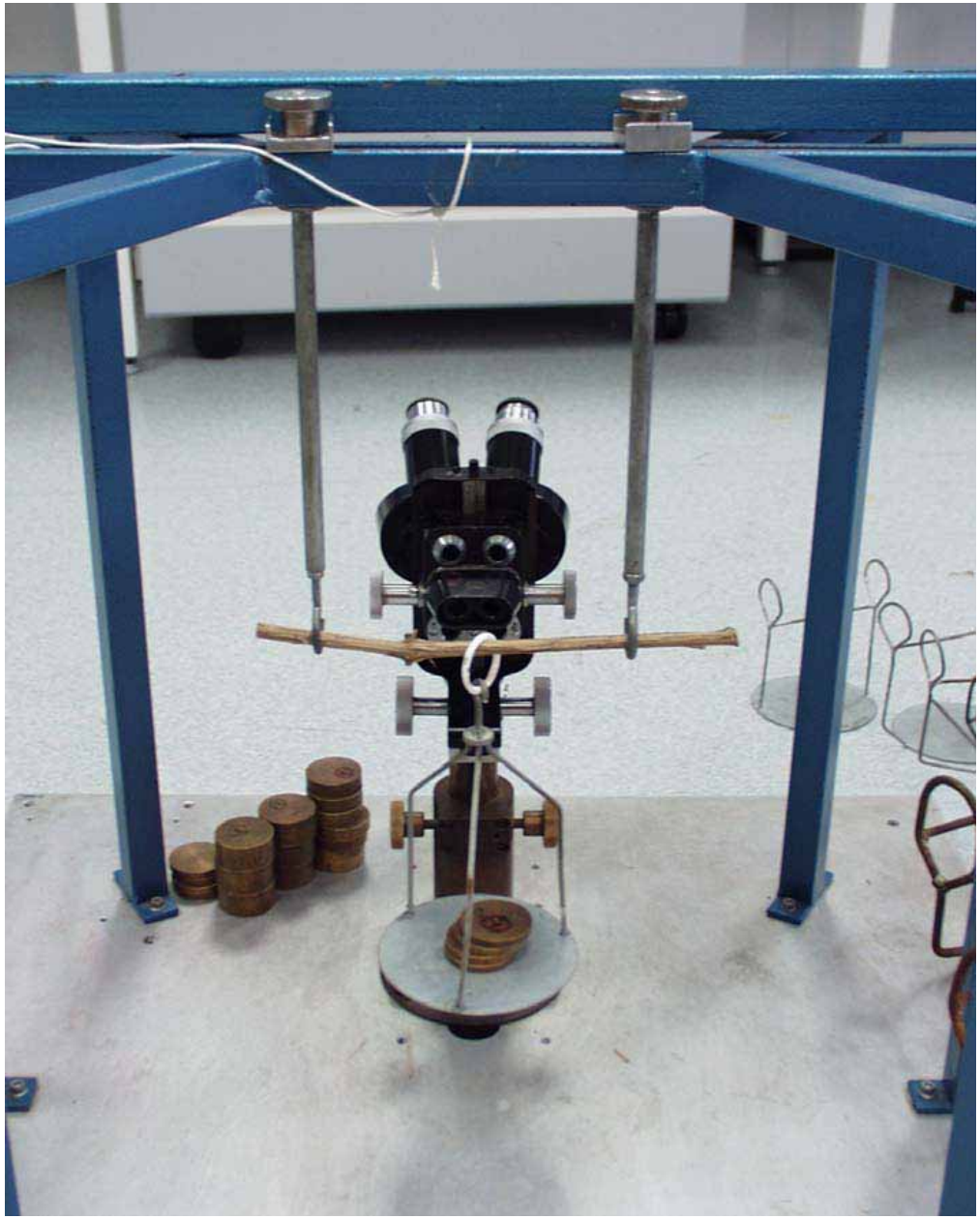
bending test



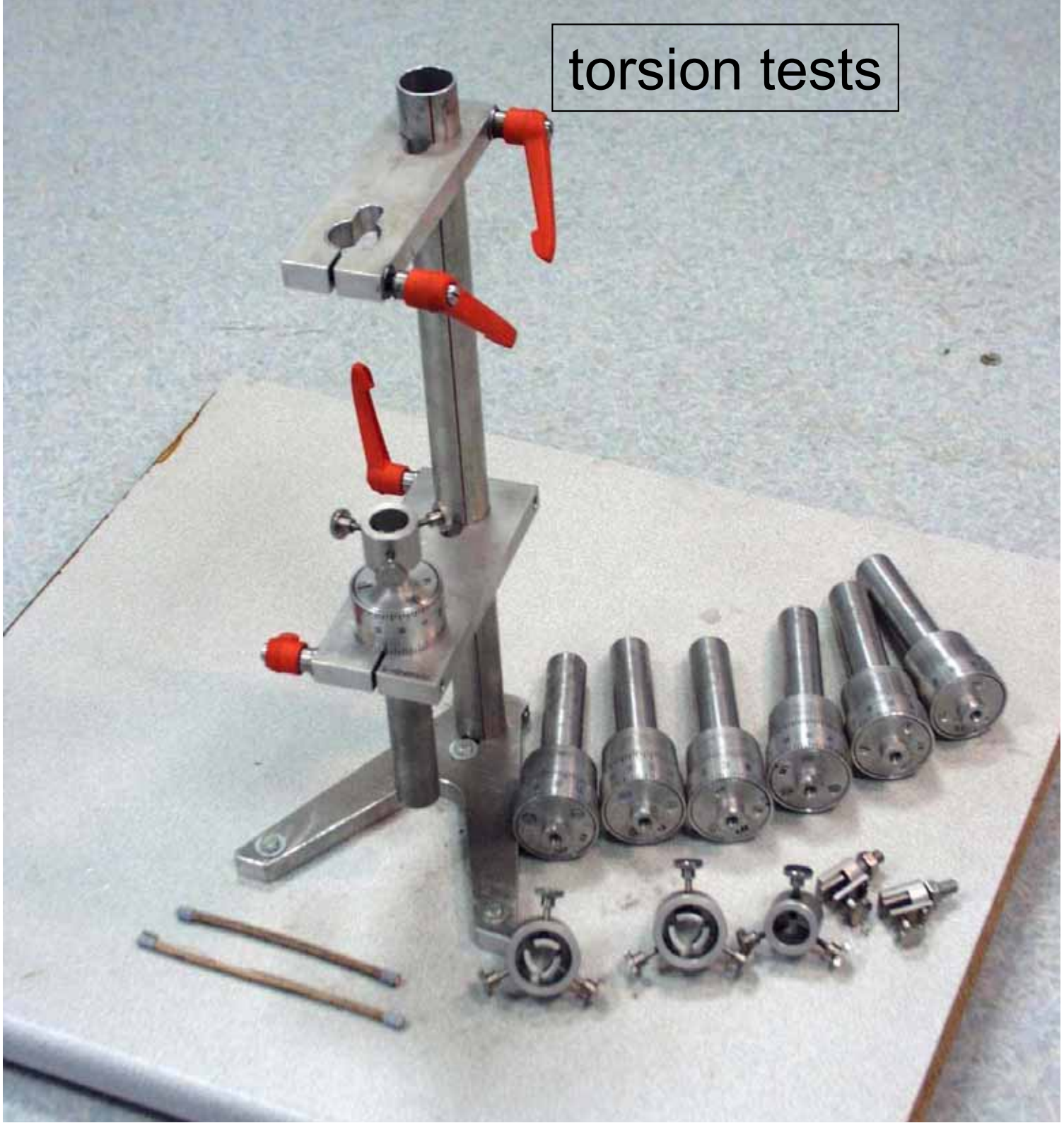
types of bending test



4 - point



3 - point


torsion tests

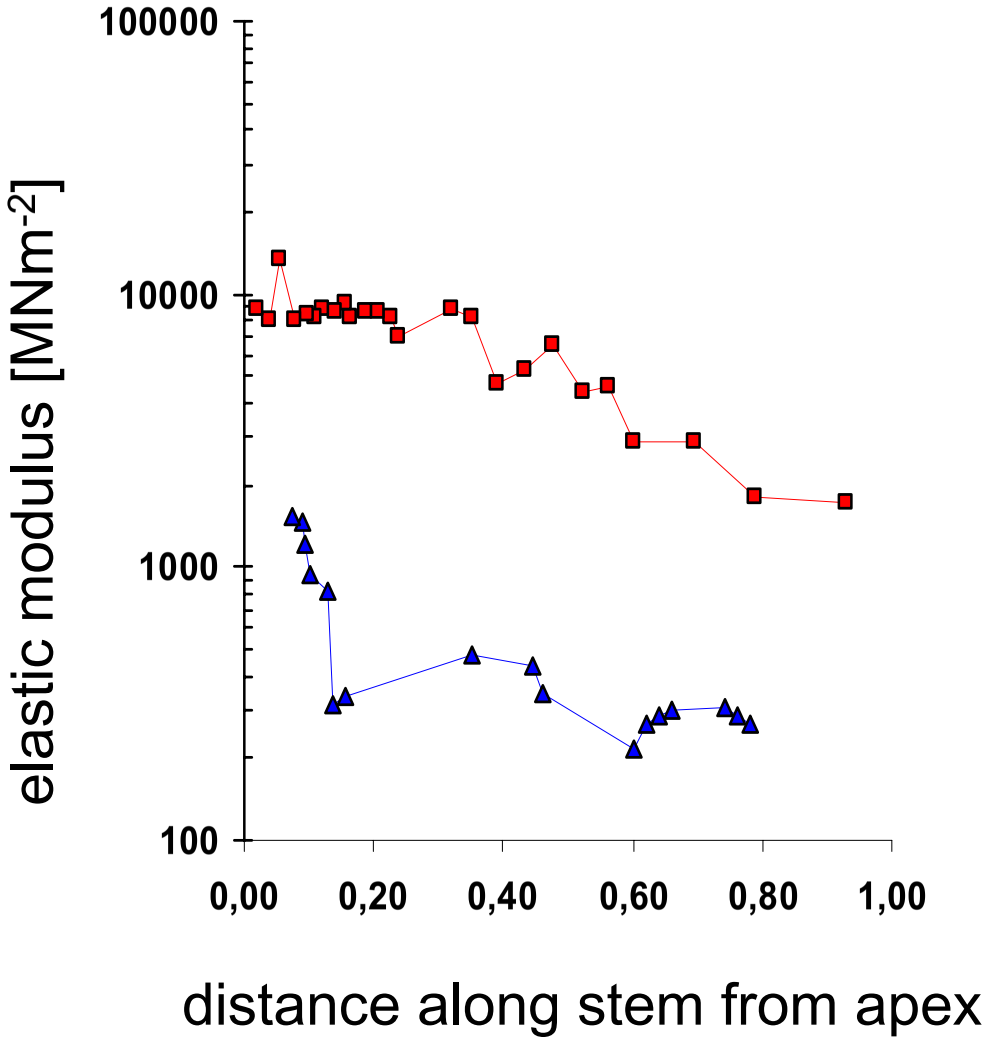
tension/compression tests

Big "hi-tech" bending tests

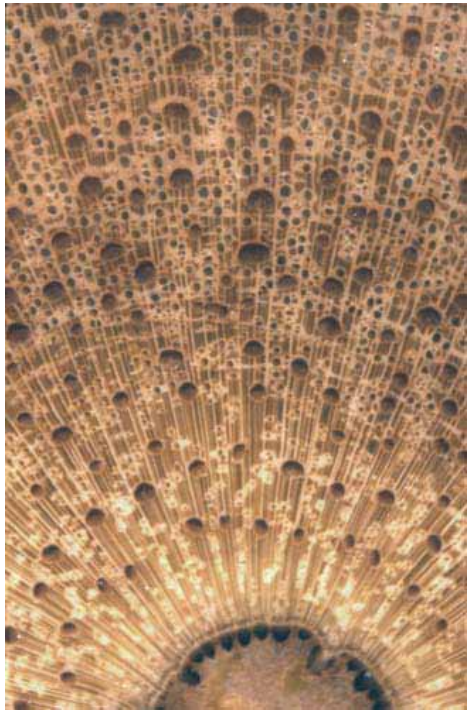
Guyane 2004

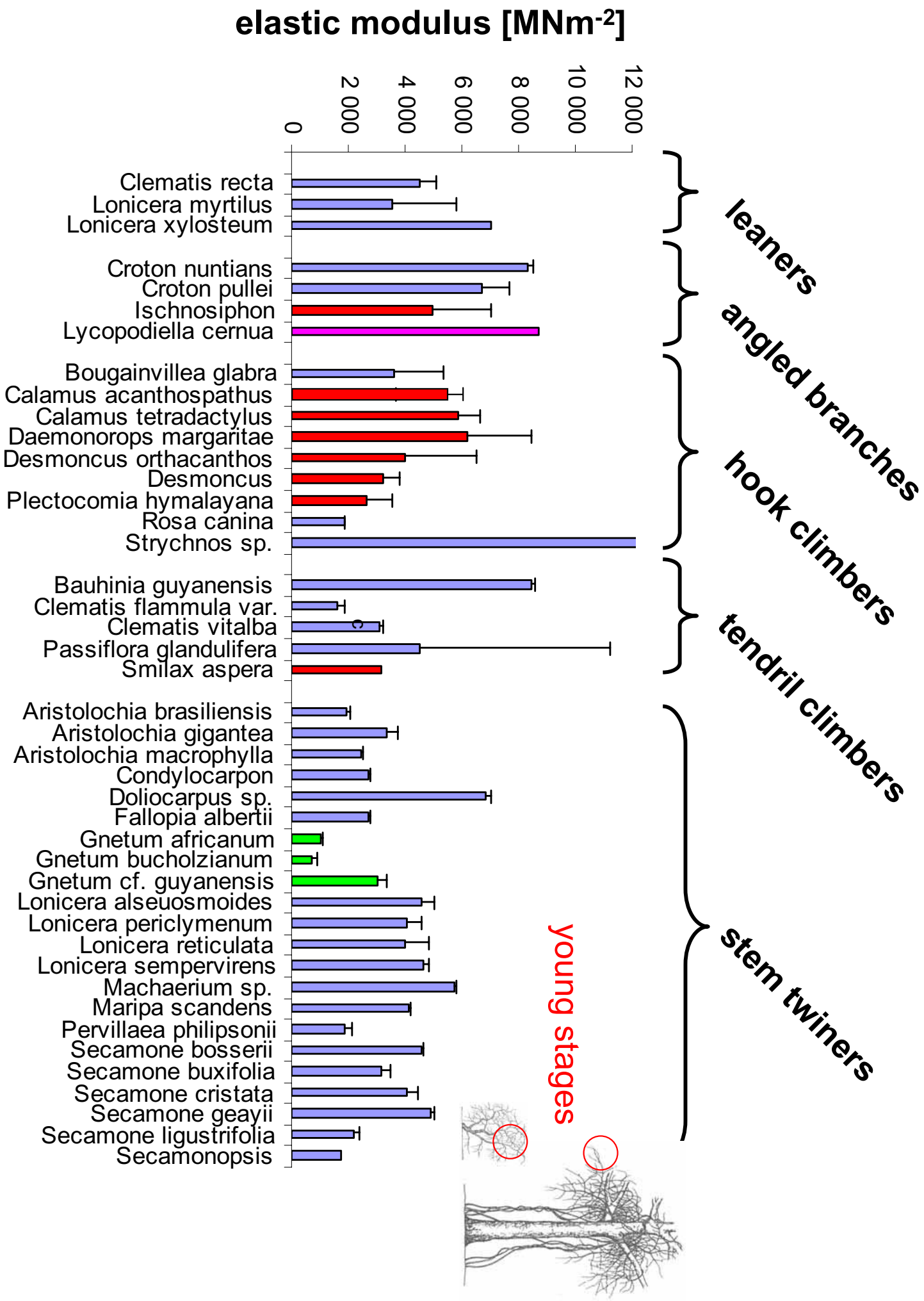
Yunnan 2004

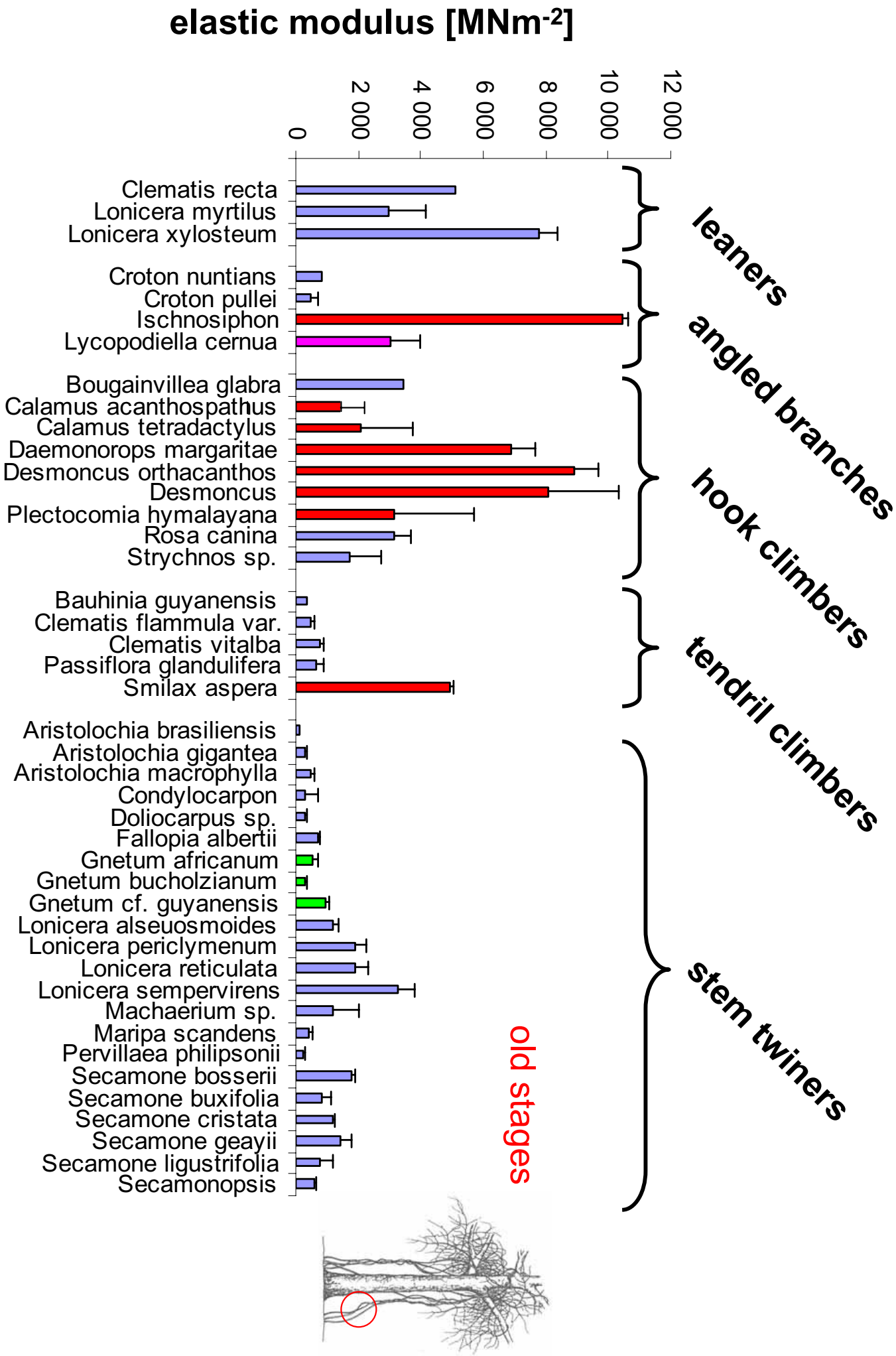
Strychnos (hook climber)



Condylocarpon (stem twiner)

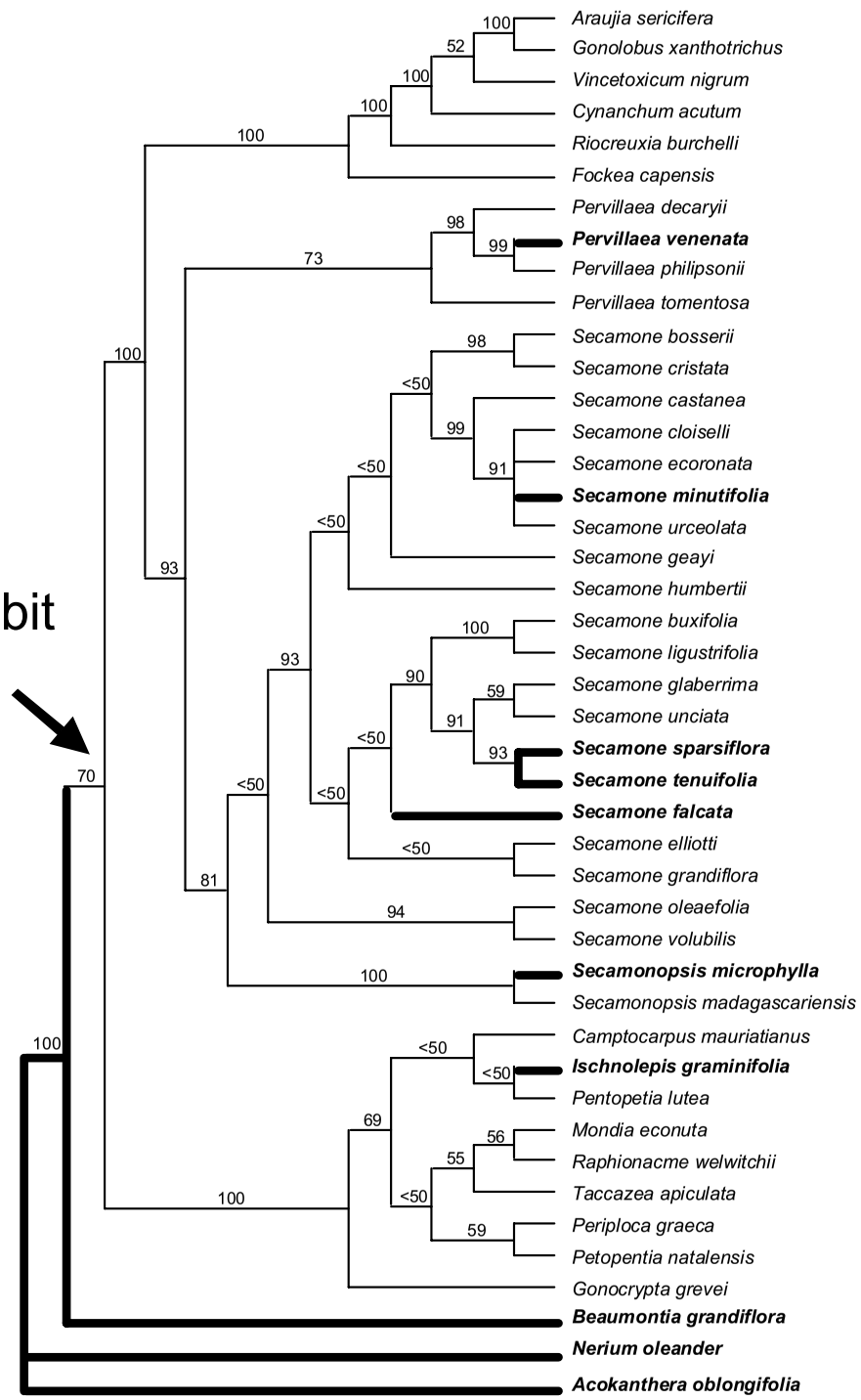



elastic modulus [MNm-2]
0
2 000
4 000
6 000
8 000
10 000
12 000
Clematis recta
Lonicera myrtilus
Lonicera xylosteum
Croton nuntians
Croton pullei
Ischnosiphon
Lycopodiella cernua
Bougainvillea glabra
Calamus acanthospathus
Calamus tetradactylus
Daemonorops margaritae
Desmoncus orthacanthos
Desmoncus
Plectocomia hymalayana
Rosa canina
Strychnos sp.
Bauhinia guyanensis
Clematis flammula var.
Clematis vitalba
Passiflora glandulifera
Smilax aspera
Aristolochia brasiliensis
Aristolochia gigantea
Aristolochia macrophylla
Condylocarpon
Doliocarpus sp.
Fallopia albertii
Gnetum africanum
Gnetum bucholzianum
Gnetum cf. guyanensis
Lonicera alseuosmoides
Lonicera periclymenum
Lonicera reticulata
Lonicera sempervirens
Machaerium sp.
Maripa scandens
Pervillaea philipsonii
Secamone bosserii
Secamone buxifolia
Secamone cristata
Secamone geayii
Secamone ligustrifolia
Secamonopsis
leaners
angled branches
hook climbers
tendril climbers
stem twiners
young stages


elastic modulus [MNm-2]
0
2 000
4 000
6 000
8 000
10 000
12 000
Clematis recta
Lonicera myrtilus
Lonicera xylosteum
Croton nuntians
Croton pullei
Ischnosiphon
Lycopodiella cernua
Bougainvillea glabra
Calamus acanthospathus
Calamus tetradactylus
Daemonorops margaritae
Desmoncus orthacanthos
Desmoncus
Plectocomia hymalayana
Rosa canina
Strychnos sp.
Bauhinia guyanensis
Clematis flammula var.
Clematis vitalba
Passiflora glandulifera
Smilax aspera
Aristolochia brasiliensis
Aristolochia gigantea
Aristolochia macrophylla
Condylocarpon
Doliocarpus sp.
Fallopia albertii
Gnetum africanum
Gnetum bucholzianum
Gnetum cf. guyanensis
Lonicera alseuosmoides
Lonicera periclymenum
Lonicera reticulata
Lonicera sempervirens
Machaerium sp.
Maripa scandens
Pervillaea philipsonii
Secamone bosserii
Secamone buxifolia
Secamone cristata
Secamone geayii
Secamone ligustrifolia
Secamonopsis
leaners
angled branches
hook climbers
tendril climbers
stem twiners
old stages

molecular phylogeny (*mat*K, *trn*T – *trn*L)
and climbing and shrub-like habits in the Secamonoideae
(Apocynaceae)

climbing habit



= "shrub-like" growth forms

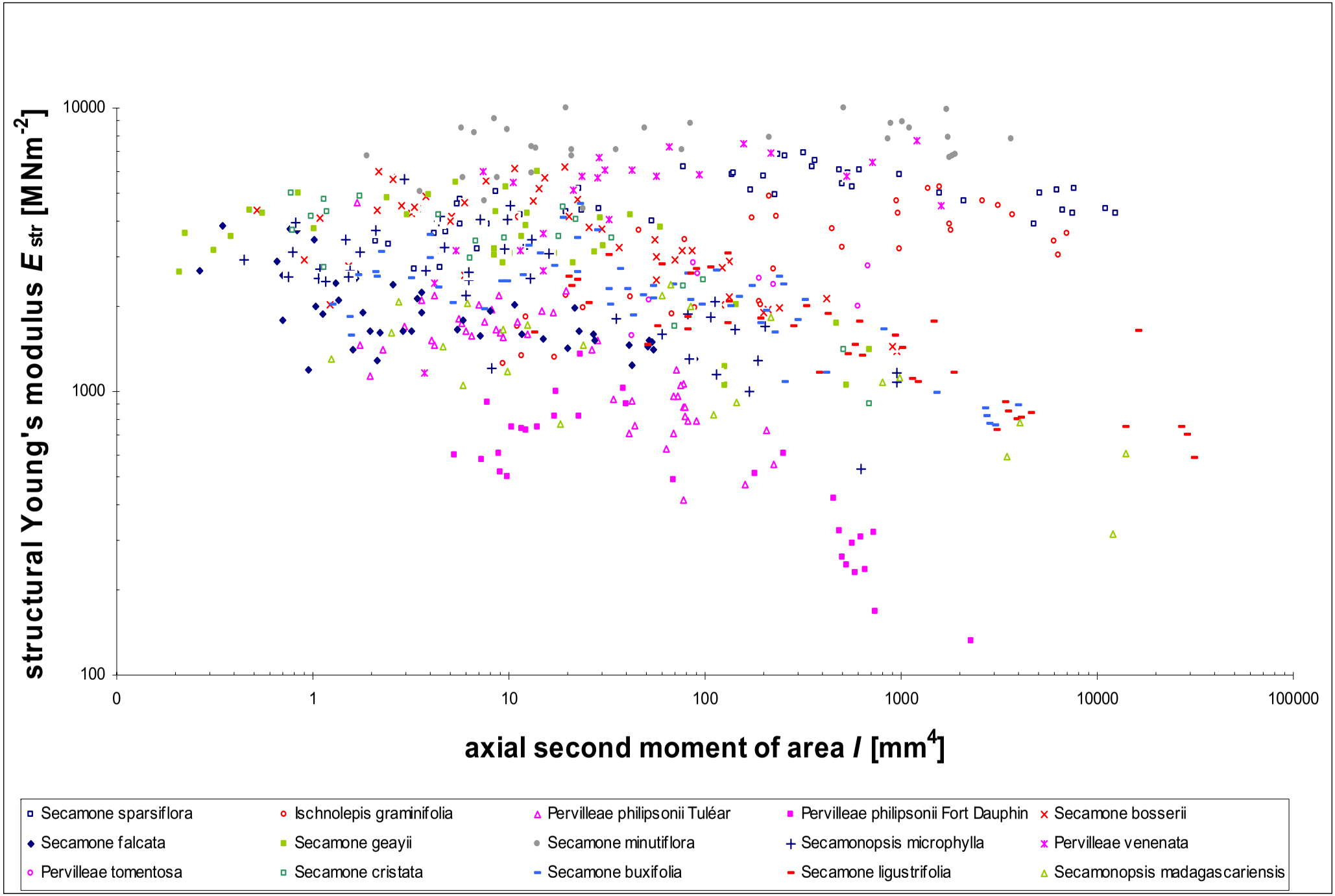
(Lahaye et al. Am. J. Bot. 2005)

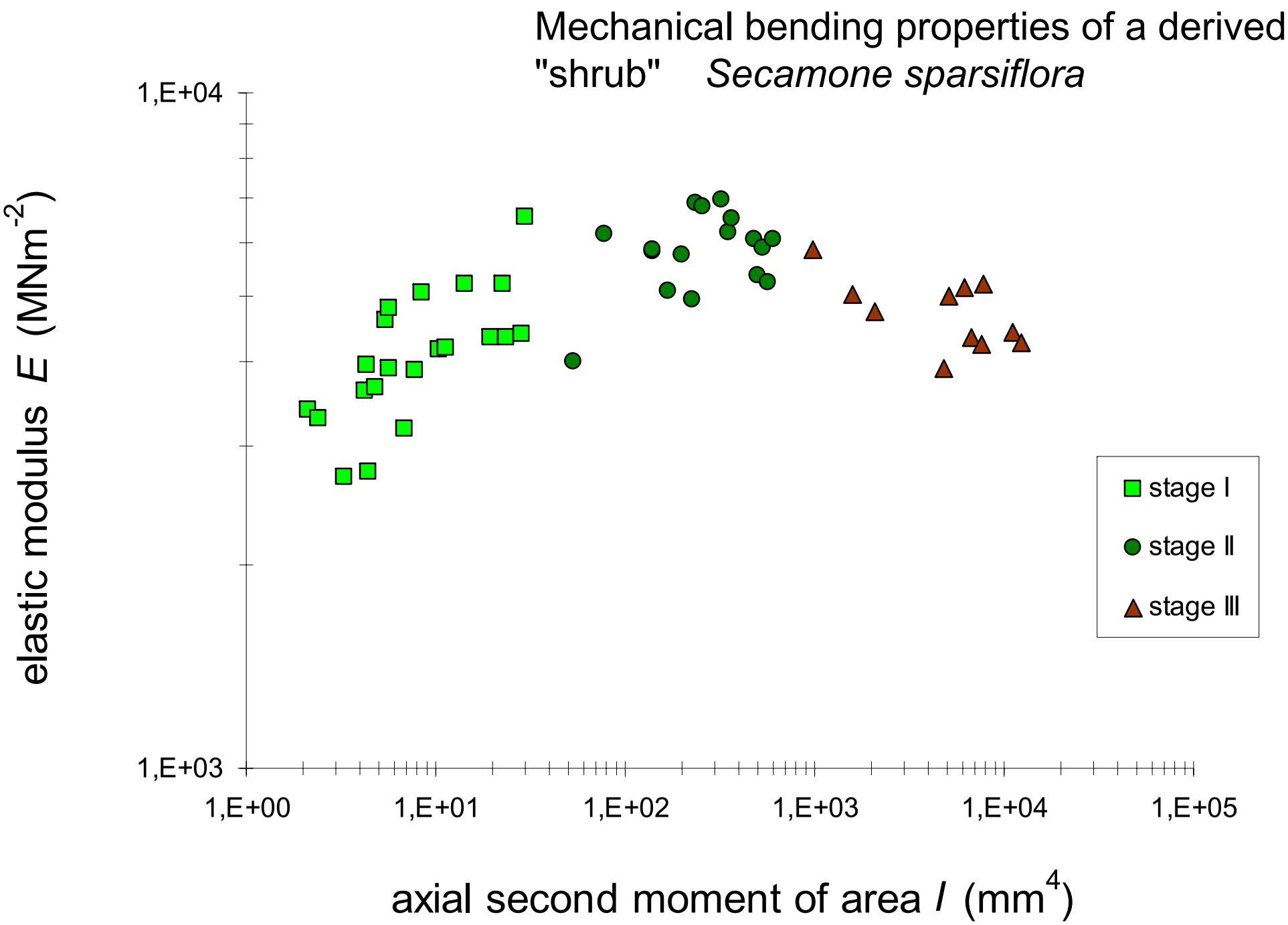
Secamone buxifolia (liana)

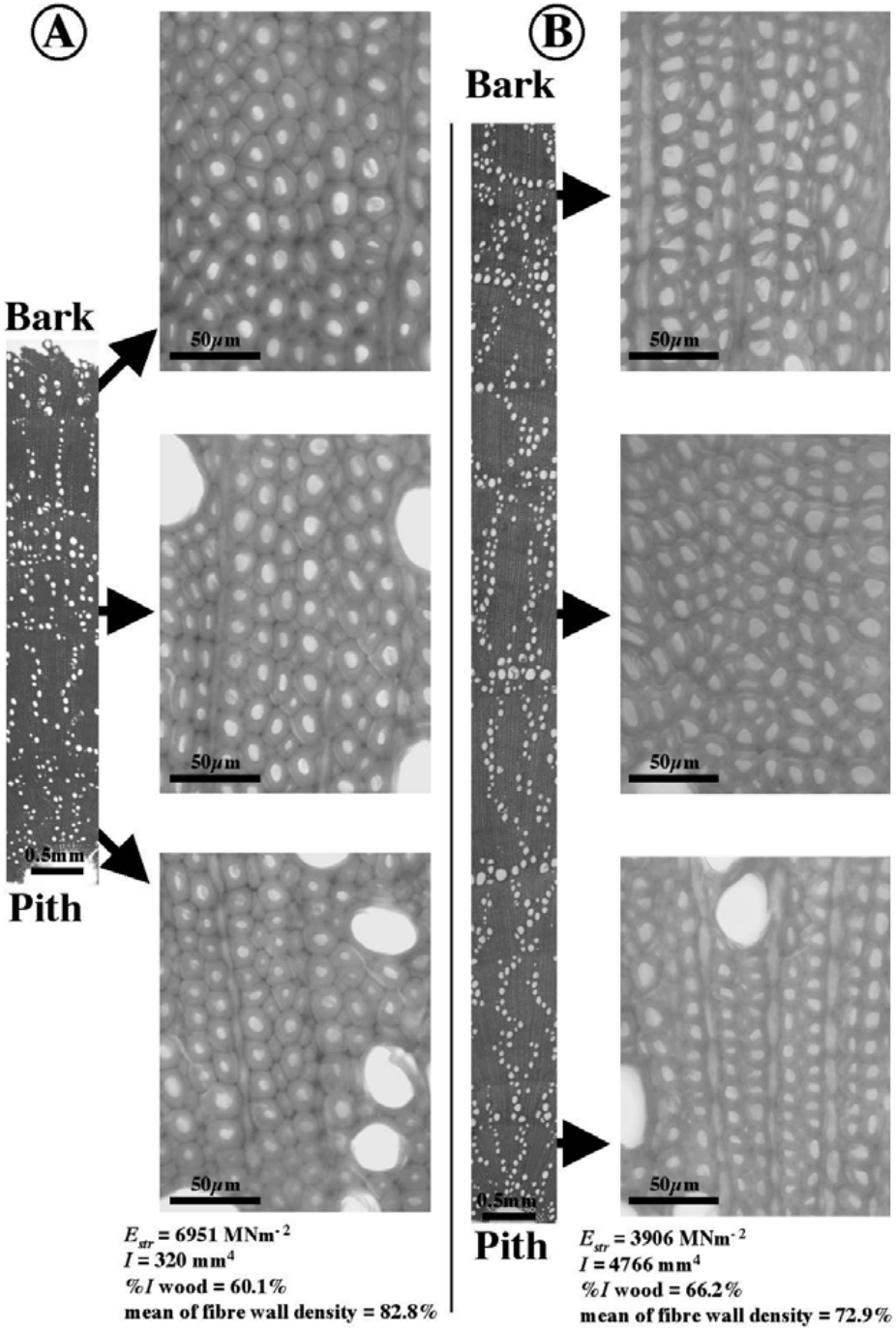
Pervillaea philipsonni (liana)

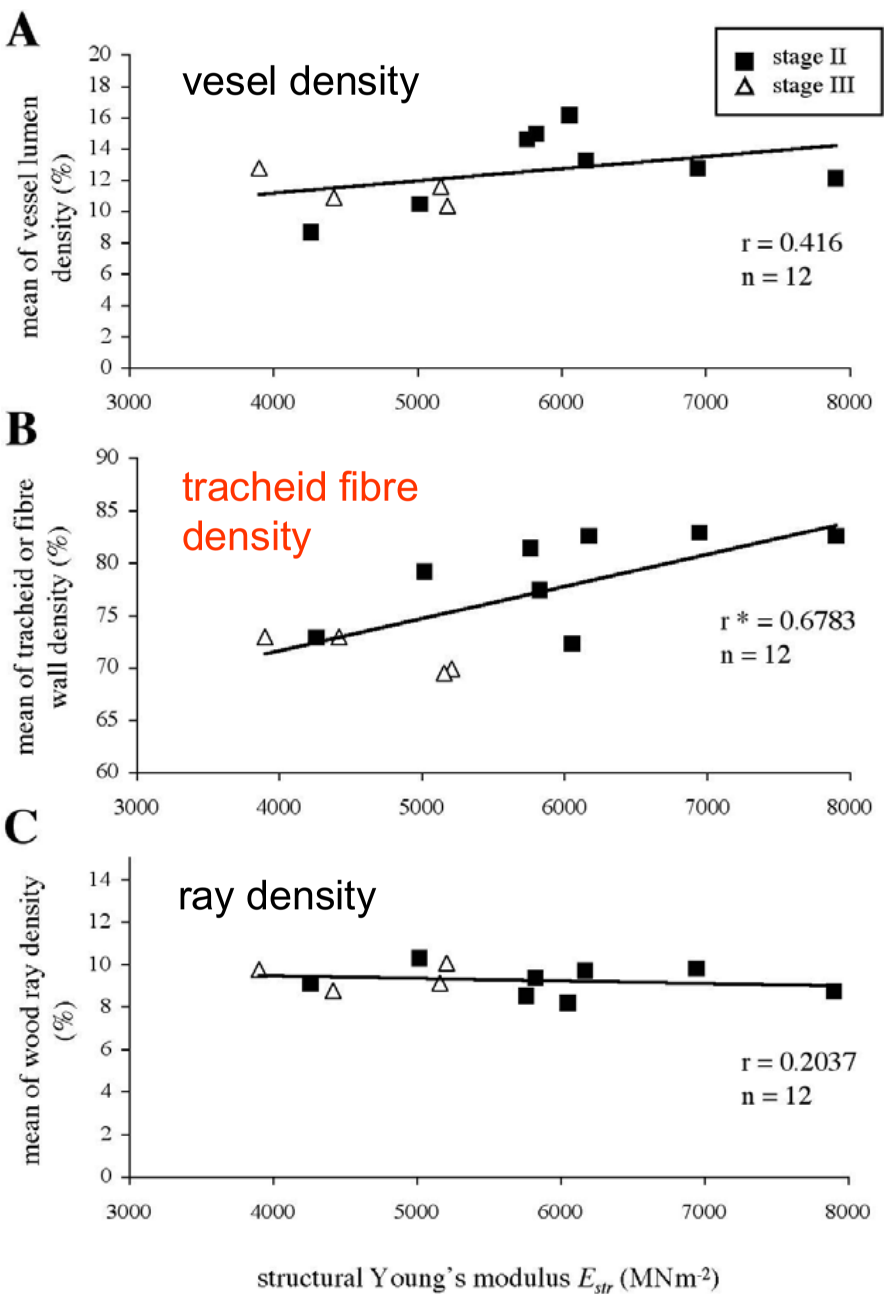
Secamone sparsiflora (“shrub”)

Mechanical signals: lianas, and “shrubs” in Secamonoideae

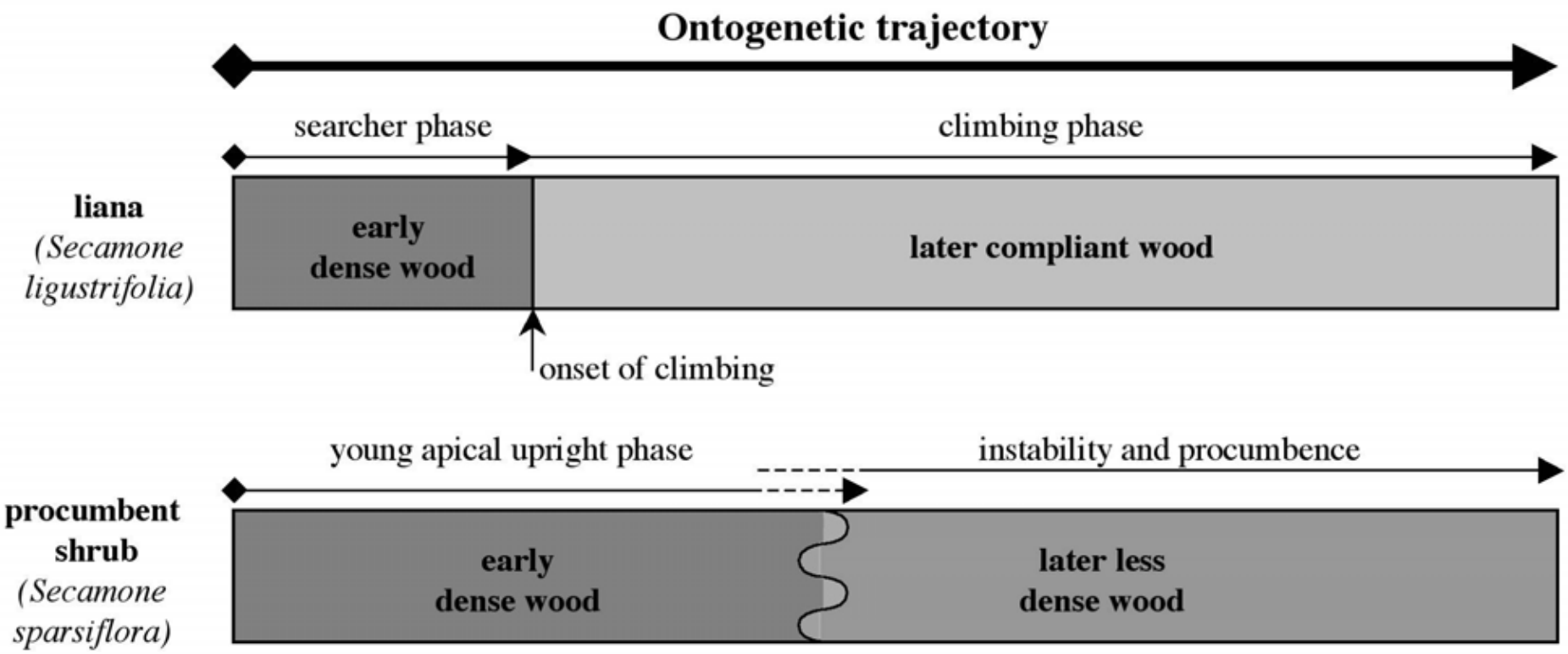



Mechanical bending properties of a derived "shrub" *Secamone sparsiflora*
1,E+04
1,E+03
elastic modulus *E* (MNm^{-2})
1,E+00
1,E+01
1,E+02
1,E+03
1,E+04
1,E+05
axial second moment of area *I* (mm^4)
stage I
stage II
stage III





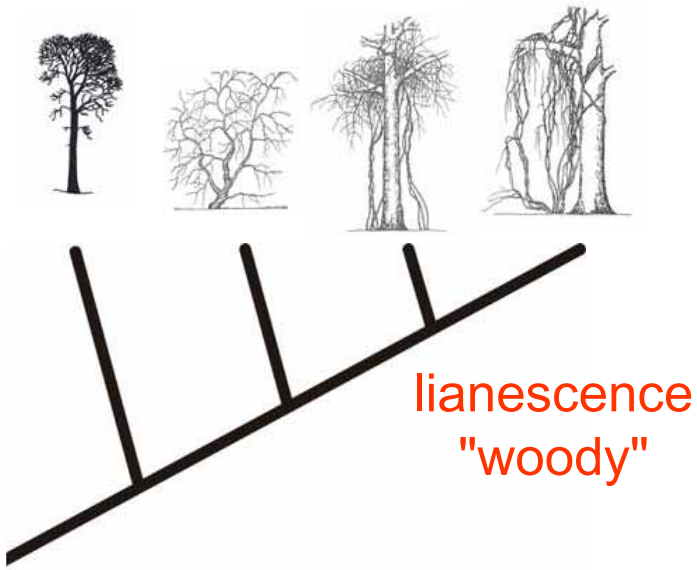
(Lahaye et al. Am. J. Bot, 2005)

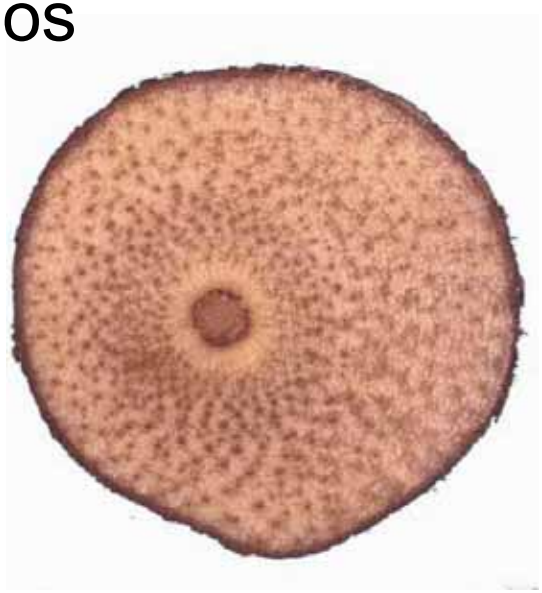


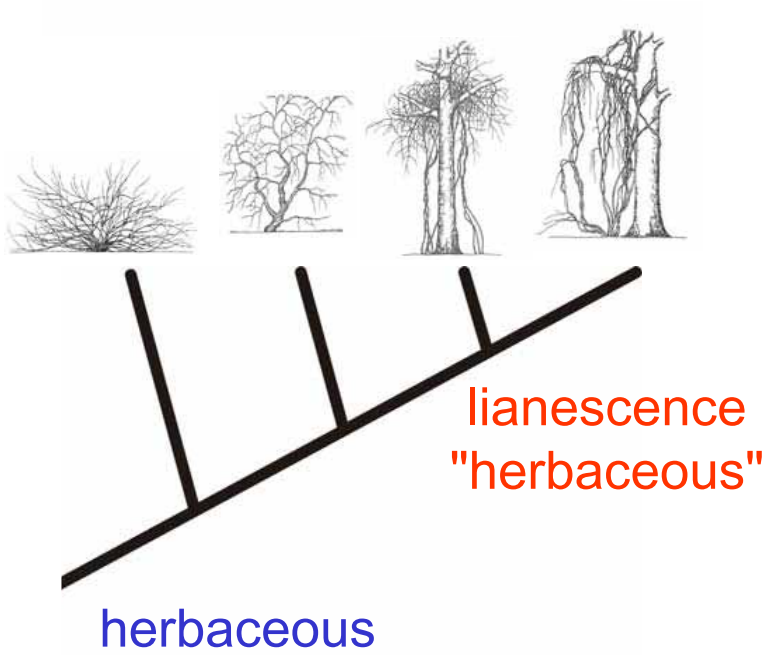
progenesis: earlier offset of growth

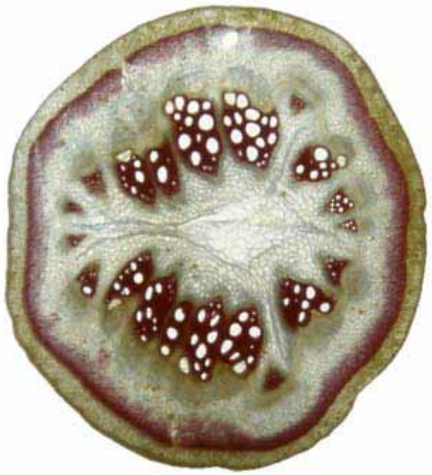
neoteny: decreased rate of morphological change

Strychnos



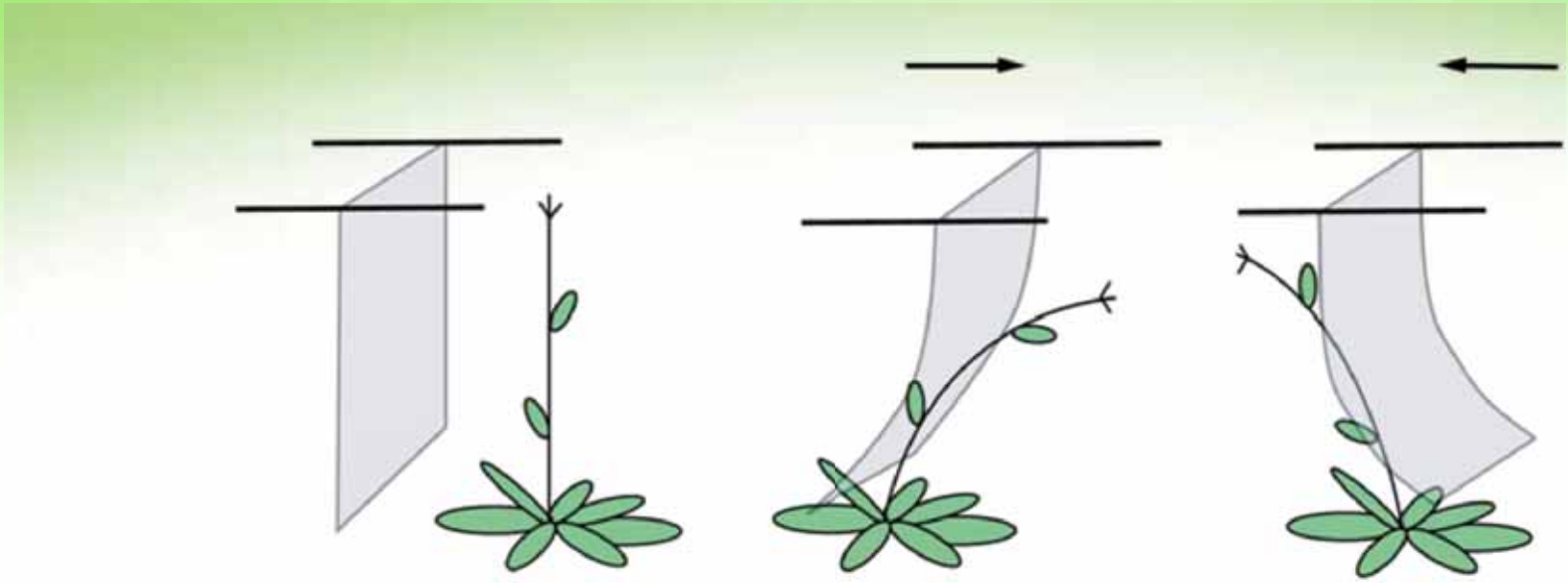


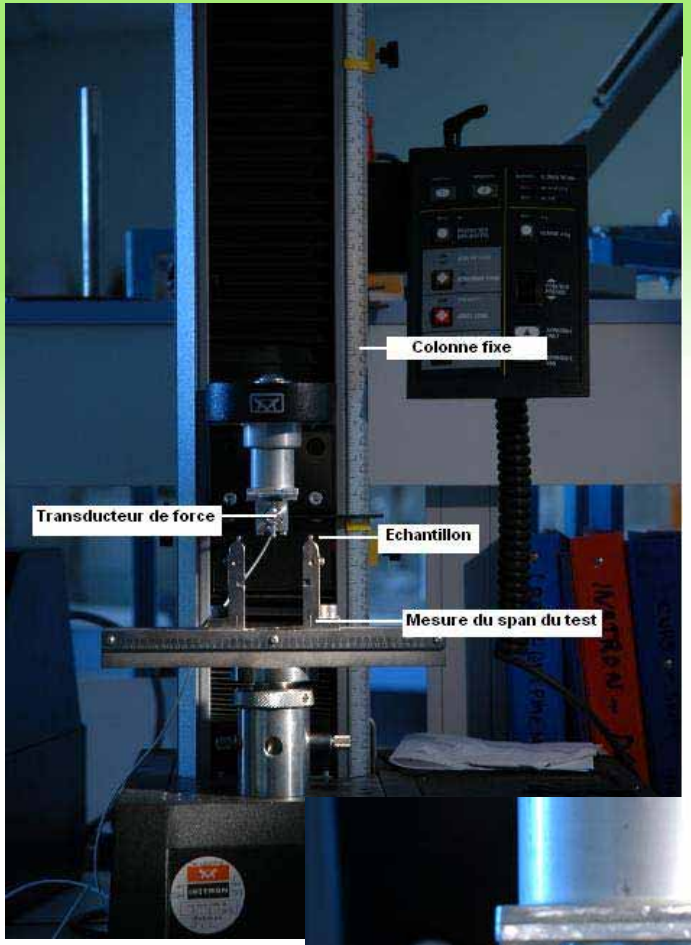


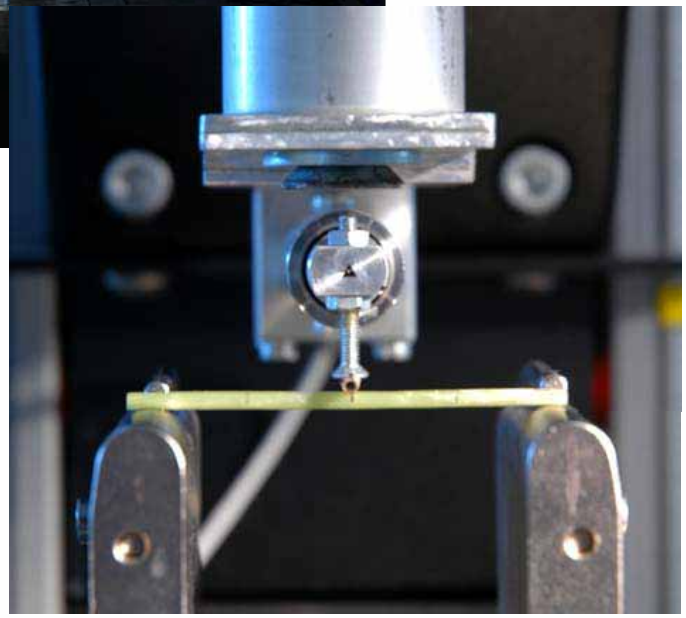


Aristolochia

Mechanical perturbation







- 3 point bending test

- basal 5 cm of plant

-1N force transducer

-cross-head speed 0.1-0.5 mm/min

- constant span to depth ratio of 35

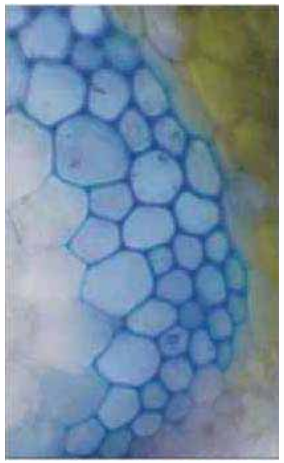
- ends of stem sealed with wax

Controls

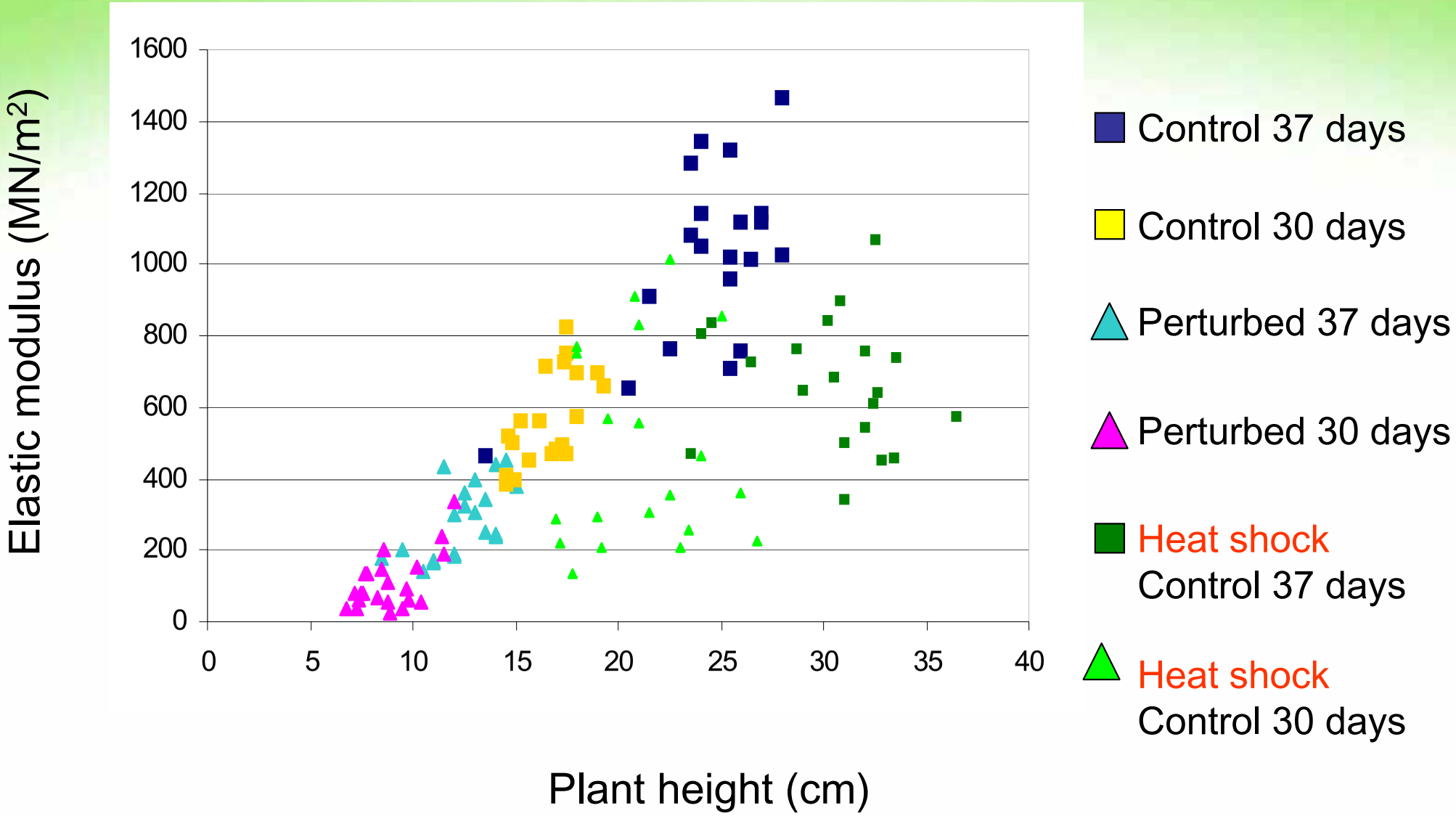
Perturbed plants

30 Days

lignified interfascicular tissue (toluidine blue)



Arabidopsis thaliana

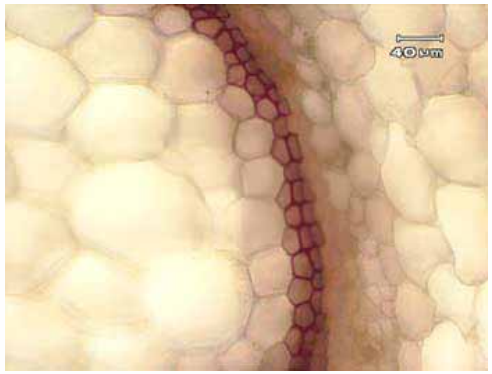


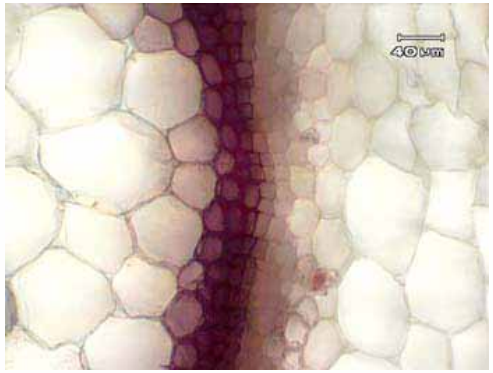
Control plants

Perturbed plants

12 days

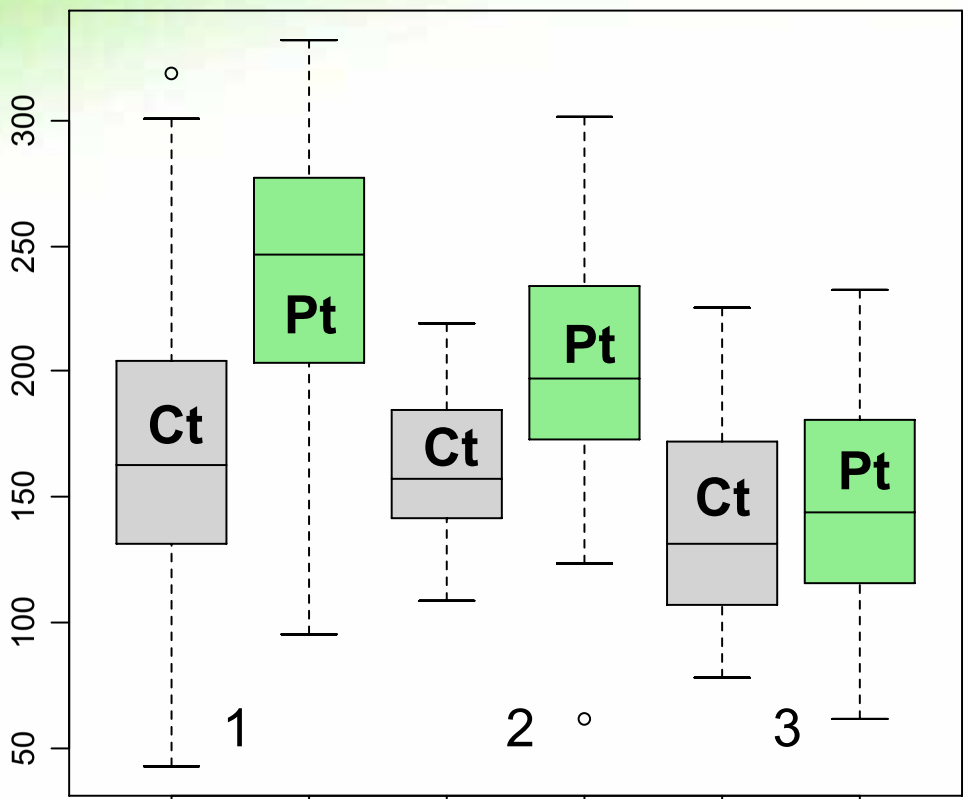
lignified interfascicular tissue



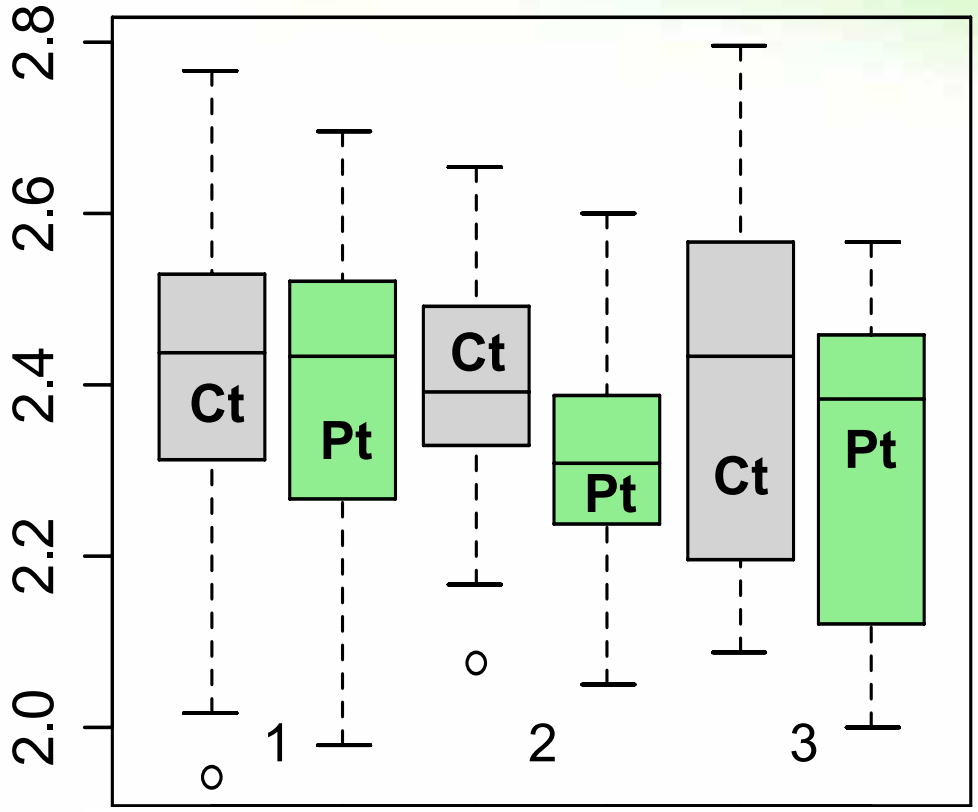


Ipomoea: response to mechanical perturbation

Young's modulus (MPa)



diameter (mm) 12 days



Un modèle théorique des stratégies adaptatives au sein des communautés végétales dans les hydrosystèmes fluviaux

G. Bornette

bornette@univ-lyon1.fr

Élaboré à partir de:
Bornette, G. Tabacchi, E. , Hupp C. , Puijalon, S. , & Rostan, J.C.
A model of plant strategies in fluvial hydrosystems (Freshwater Biology)

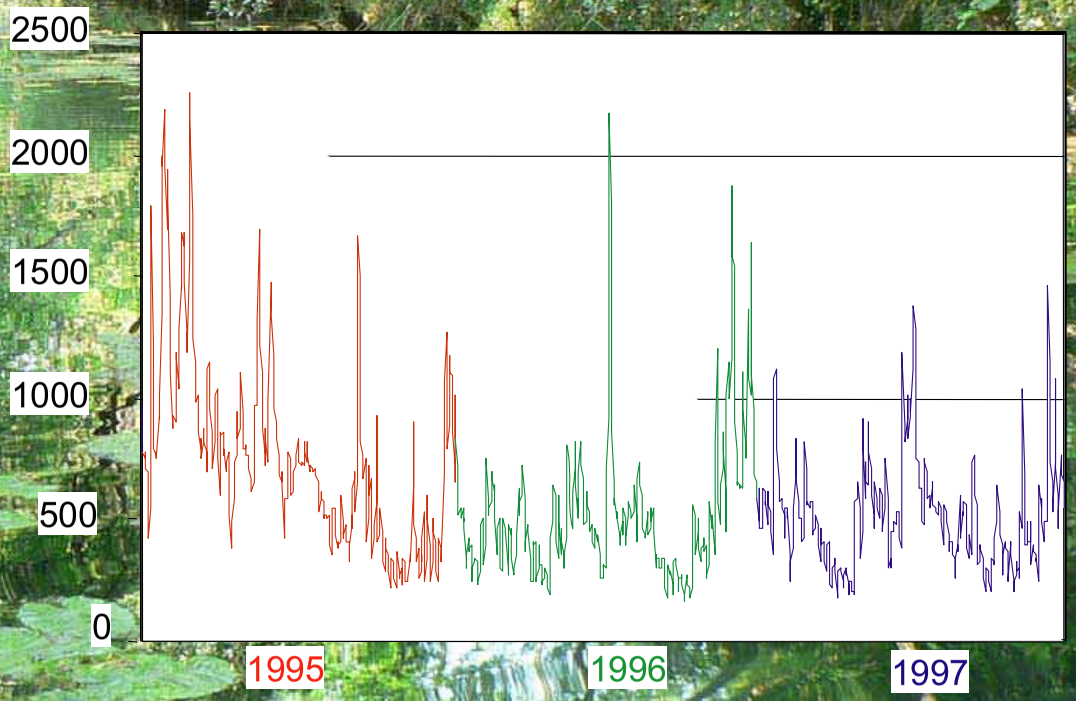
UMR 5023-LEHF- Ecologie des hydrosystèmes fluviaux - Lyon

Dans les cours d'eau, les crues ont 2 effets principaux :

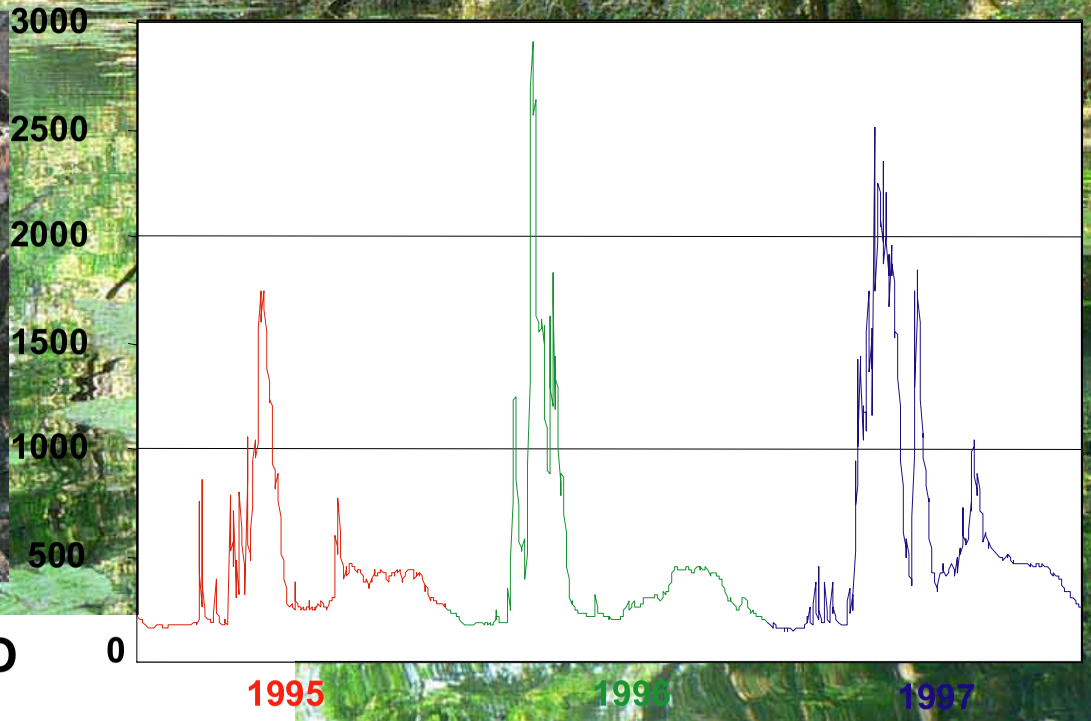
1 : EROSION du substrat et des communautés vivantes

(principalement dans les rivières à pente forte et à granulométrie grossière, qui se caractérisent par de fortes vitesses de courant en crue)

Haut RHONE, AIN
pente : 0.39 , 0,64



2. dépôt (principalement dans des rivières à pente faible, et charge de fond fine-argiles, limons, sable)



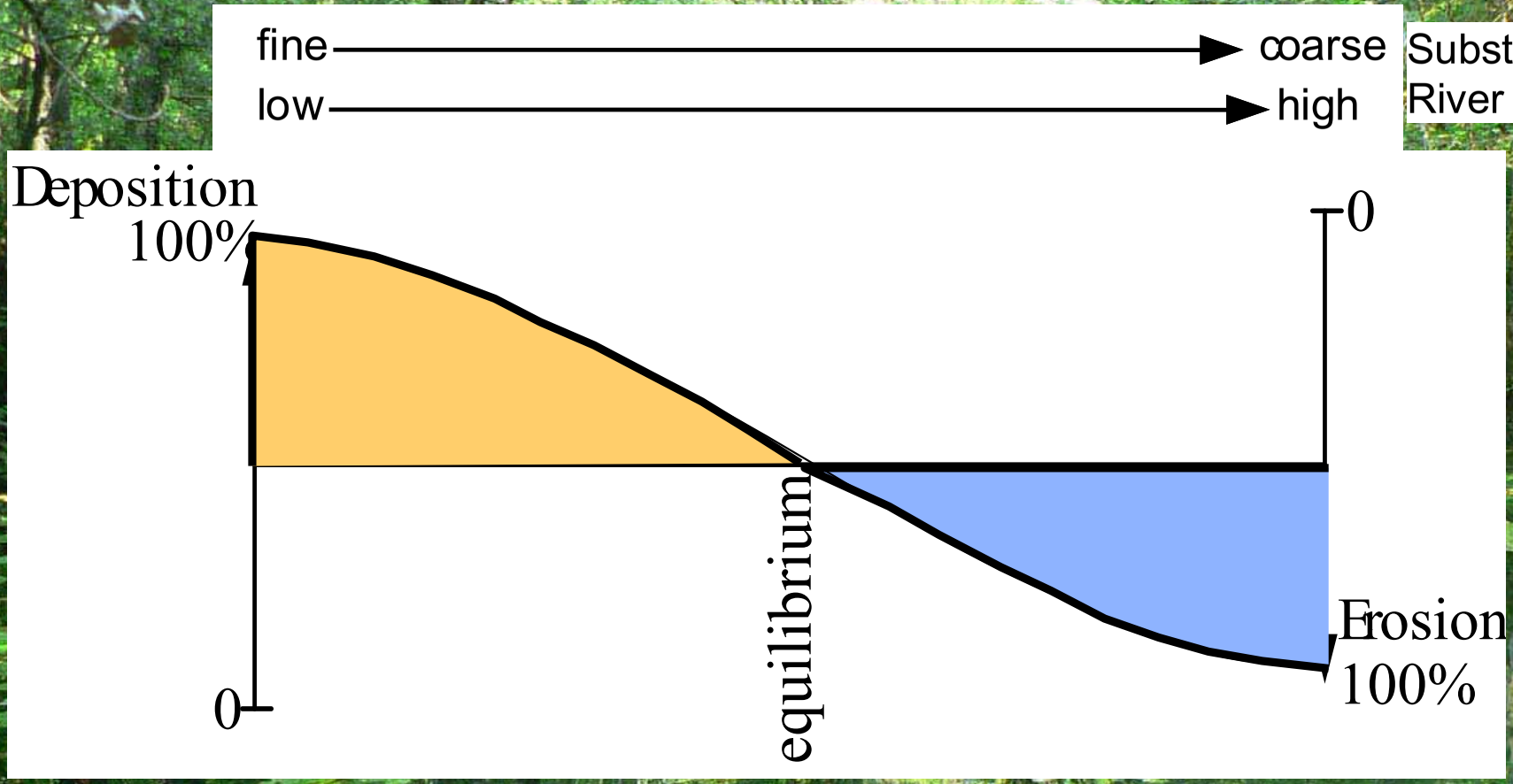
SACRAMENTO
pente : 0,06
substrat: argile et limon
Vitesse de dépôt: 4 à 7 cm/an

La part d'érosion dépôt le long du cours d'eau dépend principalement:

- De sa pente
- De la granulométrie du substrat
- Des altérations anthropiques :
  - agriculture qui favorise le lessivage des fines et les dépôts à l'aval (exhaussement)
  - la régulation du cours d'eau et l'extraction de granulats dans le lit mineur qui favorisent l'incision.

objectif : réaliser un modèle permettant d'identifier les traits des espèces végétales sélectionnés par chaque type de contraintes et par leur intensité.

Patrons d'érosion-dépôt dans les plaines alluviales



dépôt : exhaussement chronique, très grands patches de sédiment déposés à chaque évènement

Erosion : incision chronique, très grands patches érodés à chaque évènement

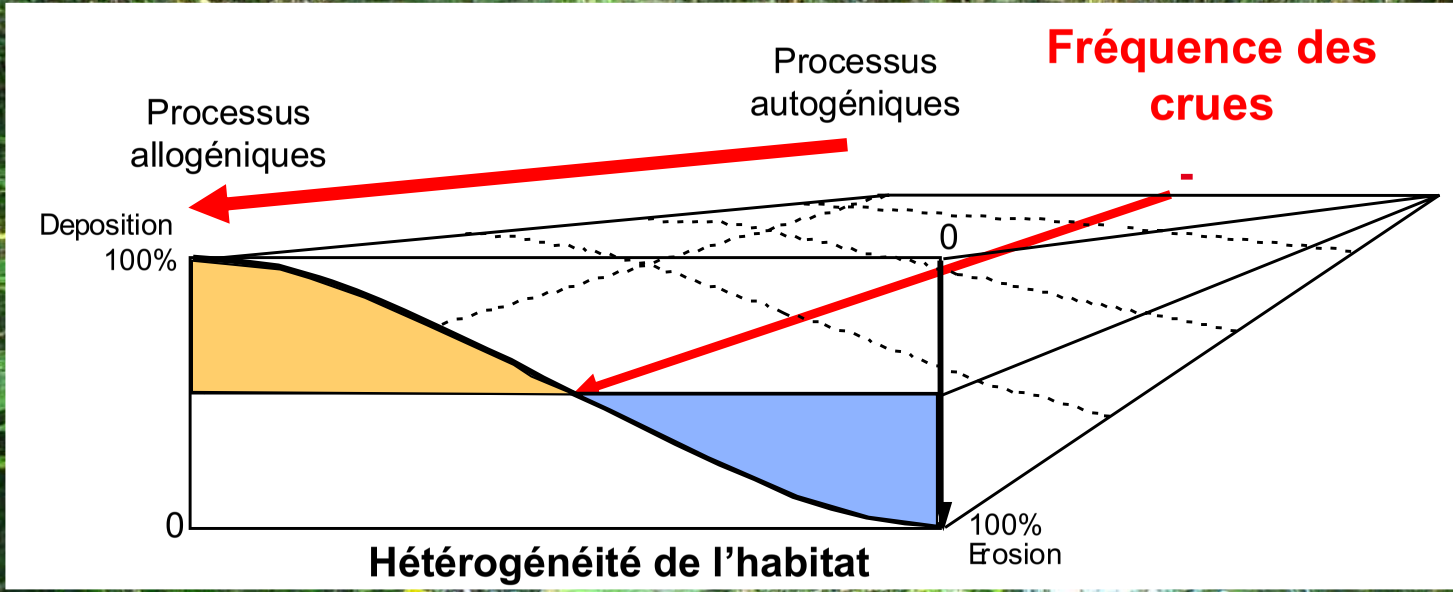
Equilibre :mosaïque de taches érodées et soumises au dépôt. Hétérogénéité spatiale maximale.

Combinaison des processus d'érosion-dépôt et de la fréquence des perturbations

L'augmentation de la fréquence des perturbations :

•Augmente l'intensité des phénomènes d'érosion-dépôt

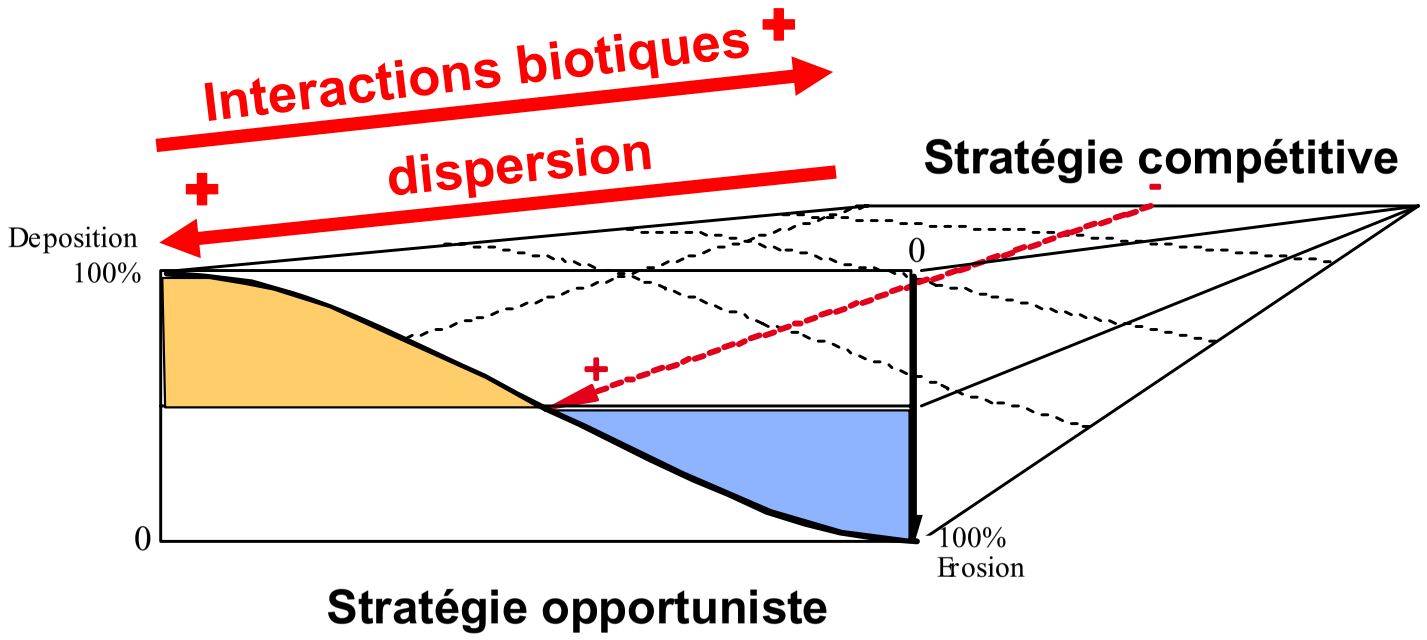
Augmente la part des processus allogènes dans l'organisation des communautés



faible forte faible

L'augmentation de la fréquence des perturbations

- augmente les processus de dispersion via les flux hydriques (végétatifs et sexués)
- diminue le rôle des interactions biotiques dans l'organisation et la dynamique des communautés

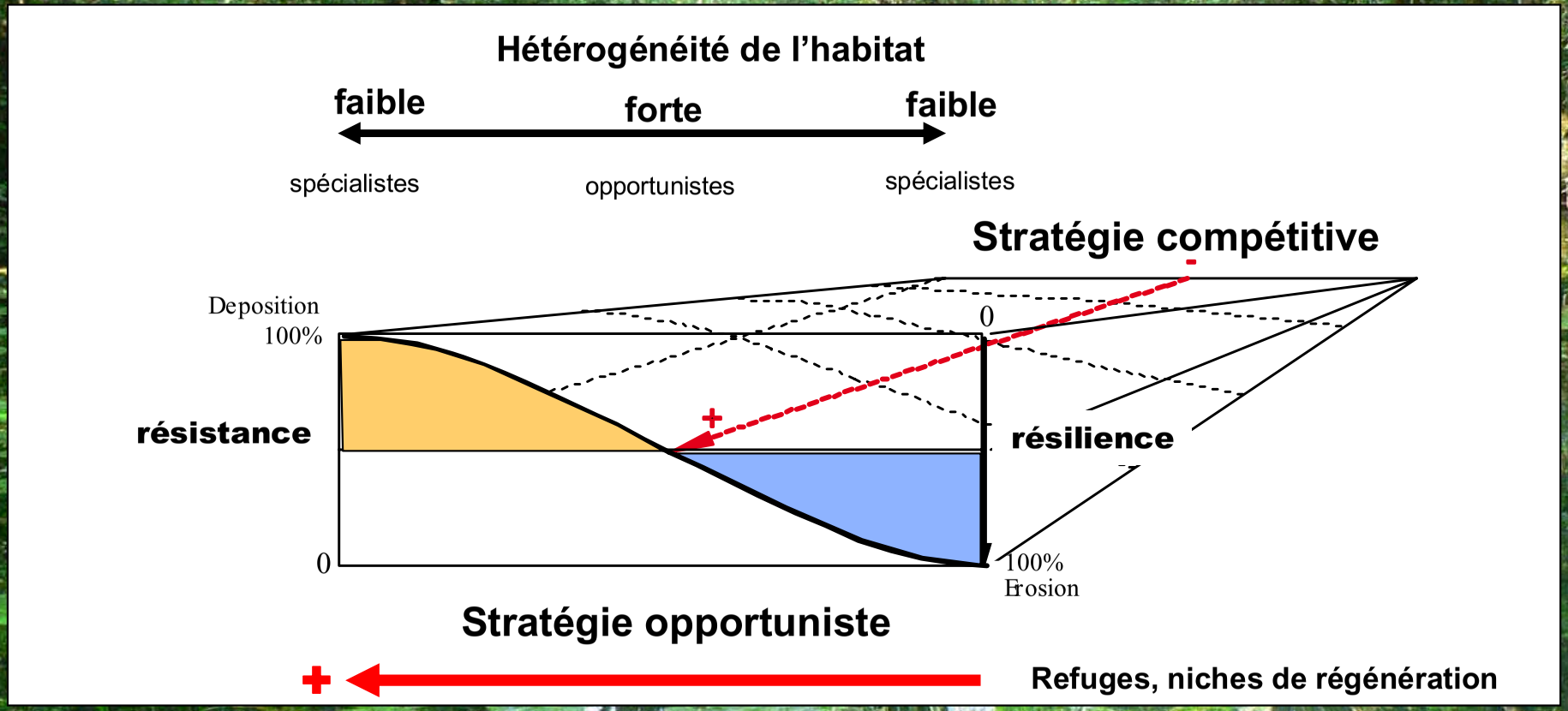


Effet de la nature des perturbations

L'érosion:
- Brise, déracine les végétaux
- Élimine une partie des sédiments fins
- Diminue la disponibilité des refuges et des niches de régénération
- Diminue le niveau de ressources, et la disponibilité en eau

Le dépôt :
- Couvre les plantes et la banque de diaspores de sédiments fins
- Provoque la mort des parties aériennes des végétaux (dépôt+turbidité+inondation de longue durée qui provoque des conditions anoxiques)
- Augmente le niveau de ressources

Effet de la nature des perturbations



+ ← Refuges, niches de régénération

+ ← Ressources, H20

→ + Oxygène et paramètres associés

Stratégie opportuniste

Traits qui devraient être favorisés dans toutes les situations de perturbations (principalement liés à la phase de régénération) :

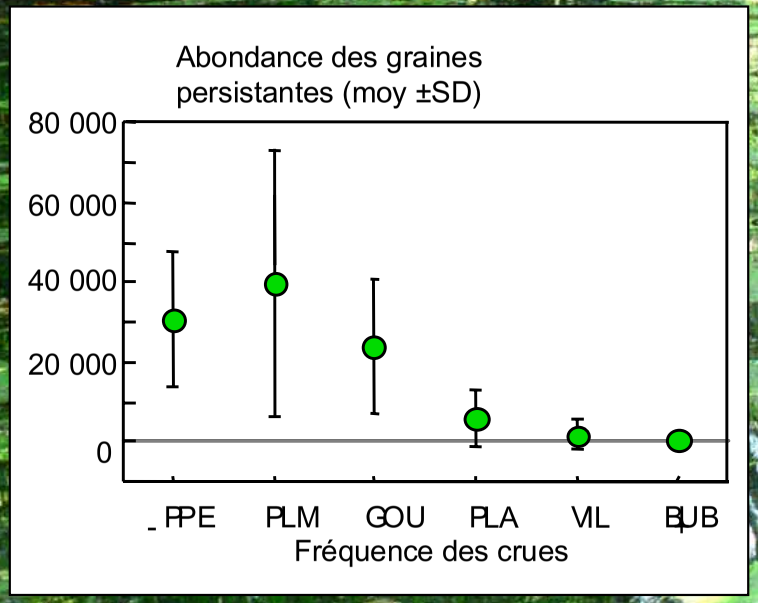
- **Dispersion forte, principalement par les flux hydriques**
- **Forte régénération végétative, par production de structures spécialisées peu coûteuses, ou par fragmentation**
- **Pas de dormance des diaspores, ou dormance levée par la perturbation (teneur en azote ou en phosphore, scarification)**
- **Faible tolérance aux brouteurs**
- **Faible aptitude compétitive, au moins dans la phase juvénile**

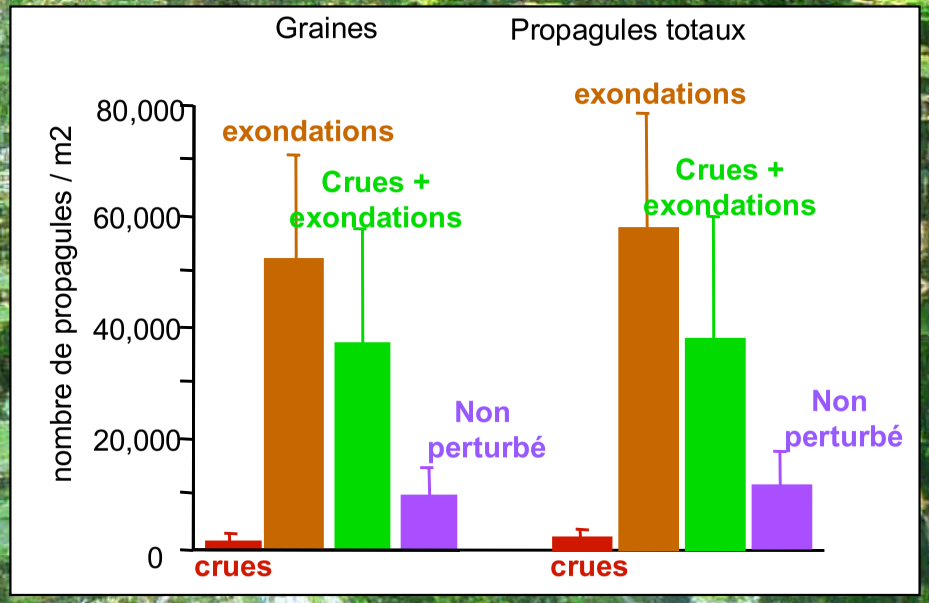
Stratégie opportuniste

Traits qui devraient être favorisés dans toutes les situations de perturbations :

- **régéneration végétative : dominante, par l'utilisation de diaspores peu coûteuses (turions, fragmentation)**

L'abondance des graines persistantes (ie à longue durée de vie) diminue avec la fréquence des perturbations
les semences sont défavorisées au profit de la multiplication végétative dans les écosystèmes perturbés par les crues





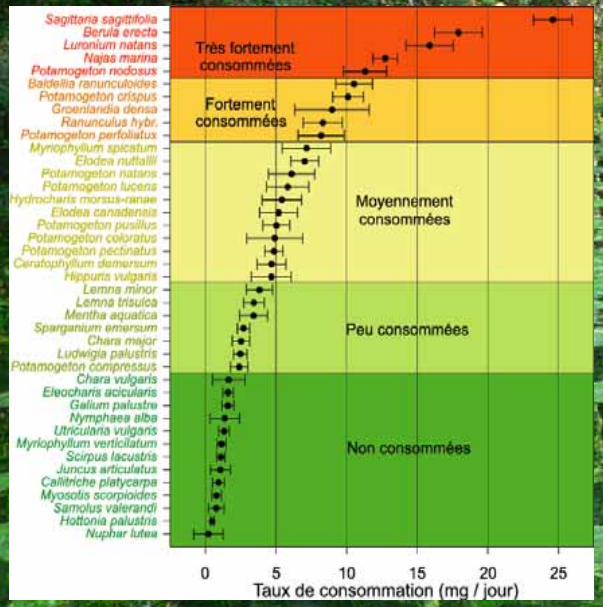
Combroux & Bornette 2004

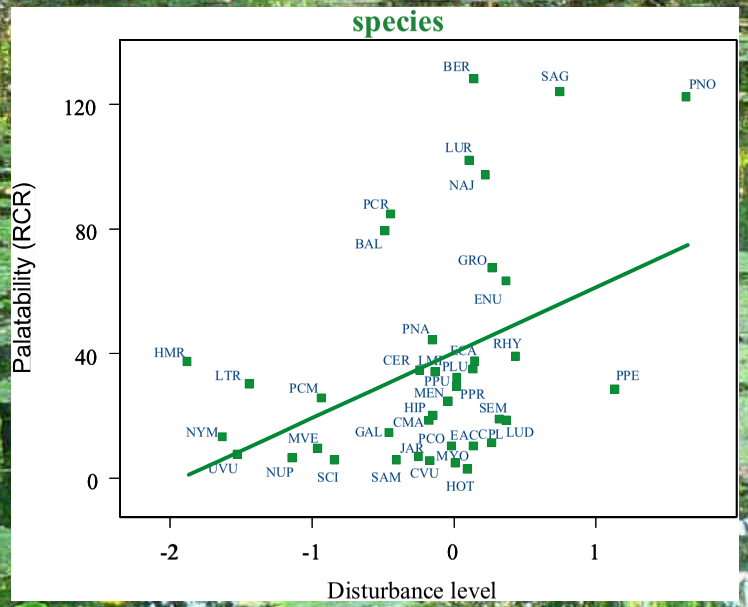
Stratégie opportuniste

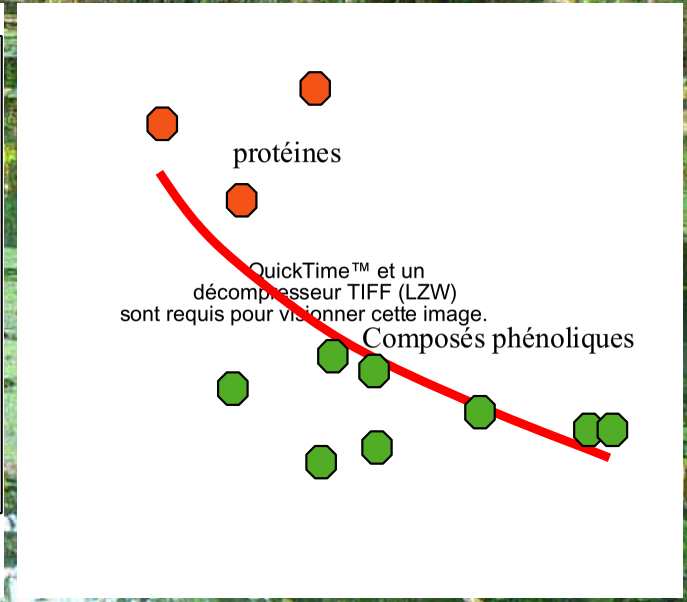
Traits qui devraient être favorisés dans toutes les situations de perturbations :

- **Faible tolérance aux brouteurs**

Les plantes de milieu perturbé sont pulus palatables, et cette palatabilité est fortement corrélée à leur teneur en eau



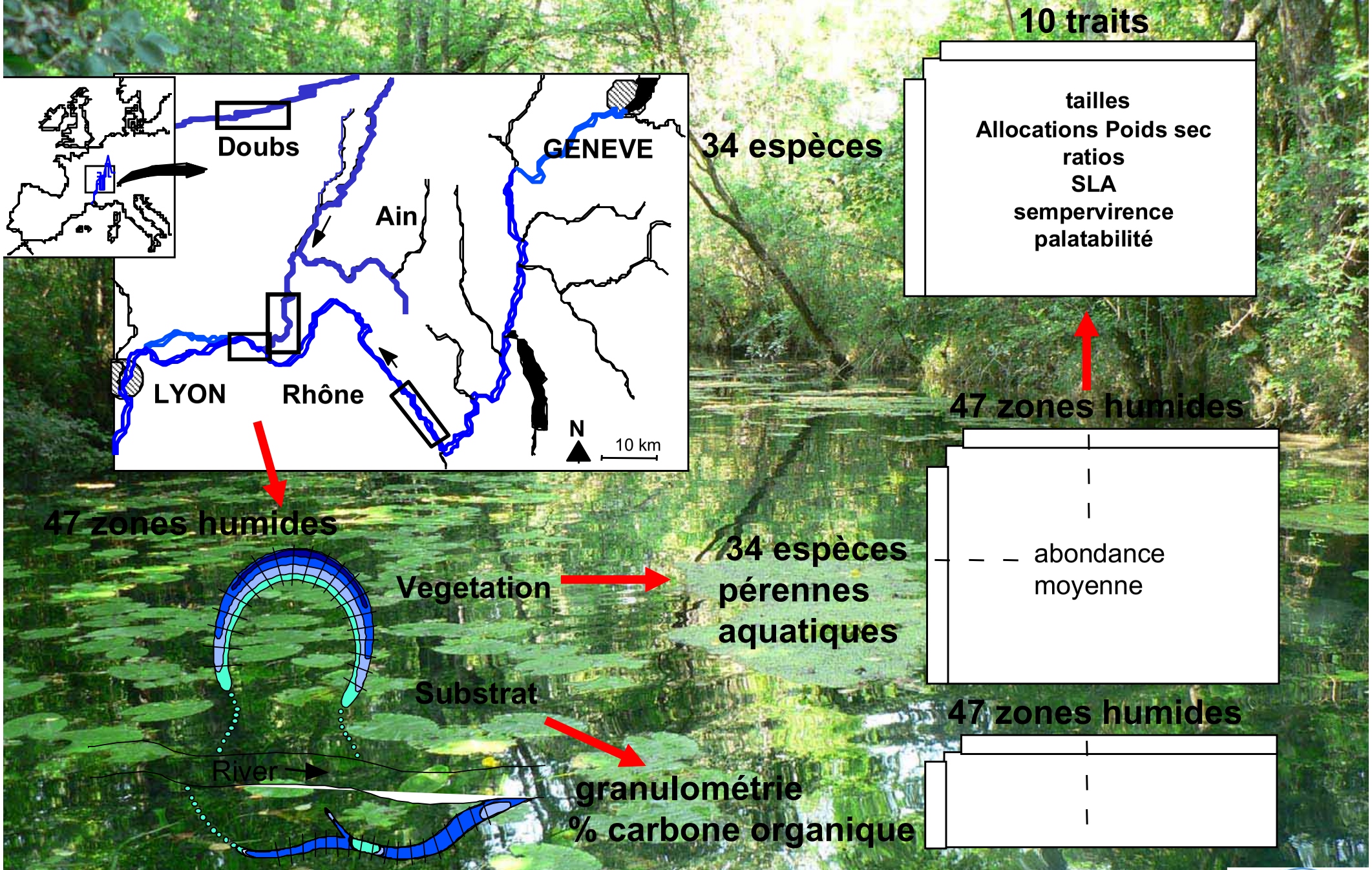




Elger et al 2004, Elger & Willby 2005

Traits en fonction de la nature de la perturbation

Espèces pérennes	DEPOT	EROSION
taille	• intermédiaire à élevée	• intermédiaire à faible
Root/shoot	• élevé	• corrélé à la profondeur d'ancrage
ancrage	• superficiel	• profond
sempervirence	• faible	• forte
RGR	• forte dans les stades juvéniles	• forte
anoxie	•tolérance forte	• tolérance faible



UMR 5023-LEHF- Ecologie des hydrosystèmes fluviaux - Lyon

LEHF

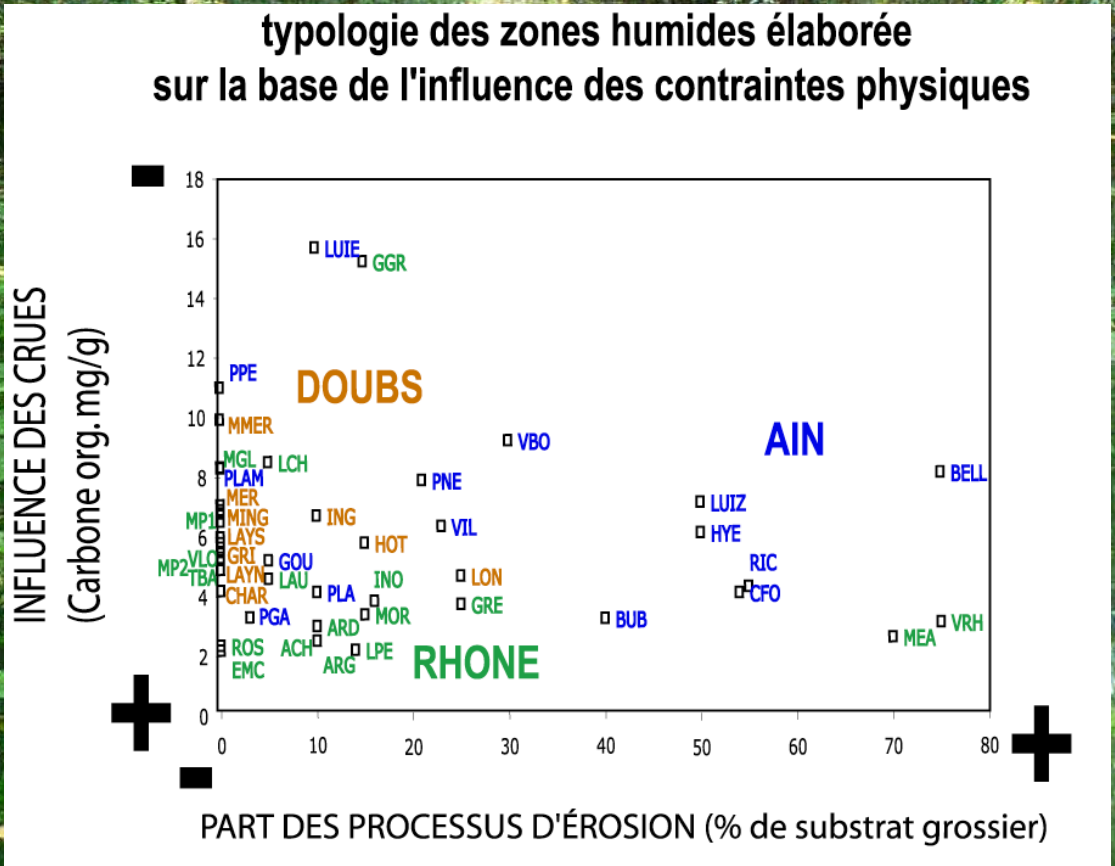
Substrate characteristics

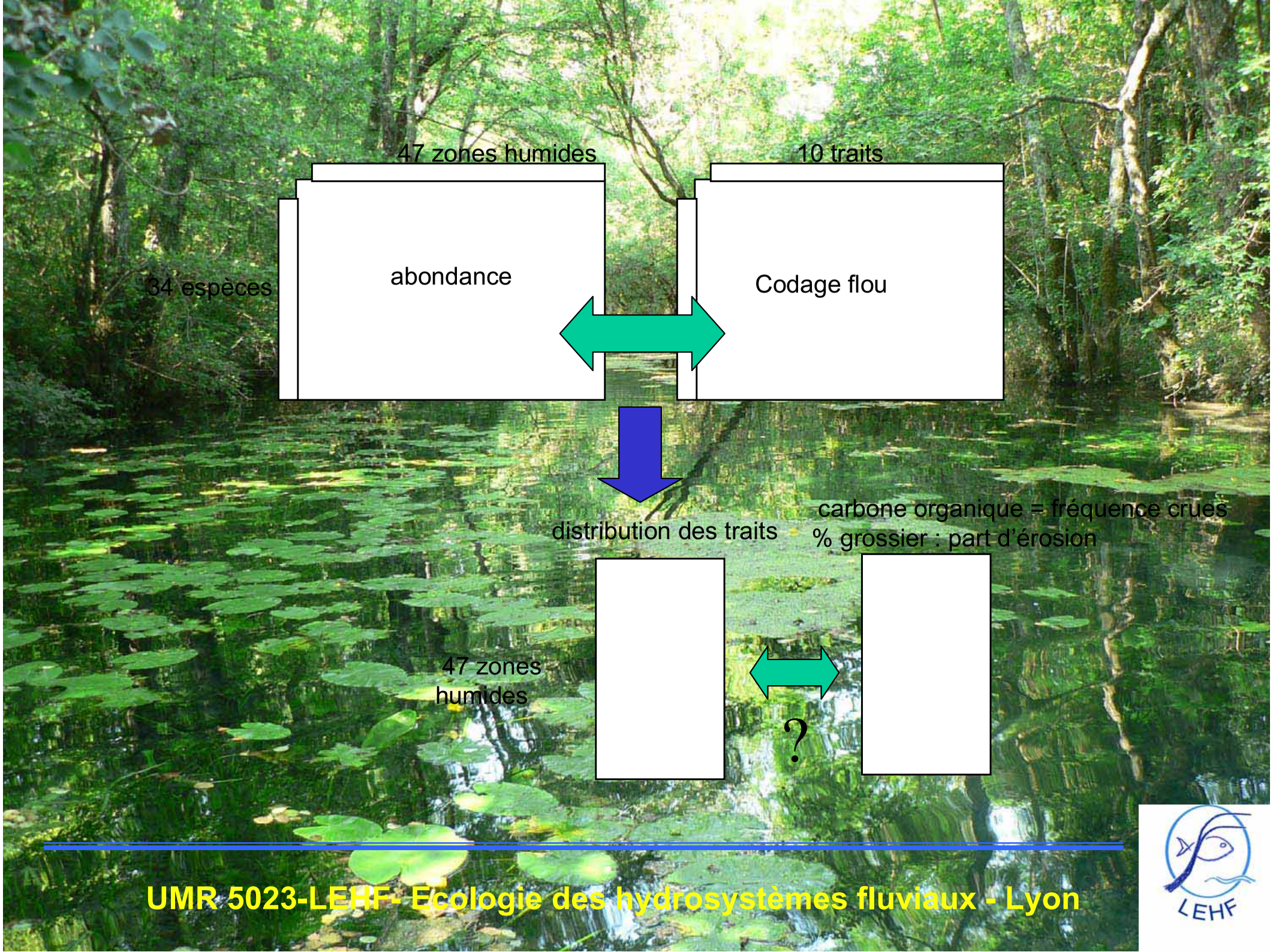
concentration en carbone organique

→ **• fréquence des perturbations**

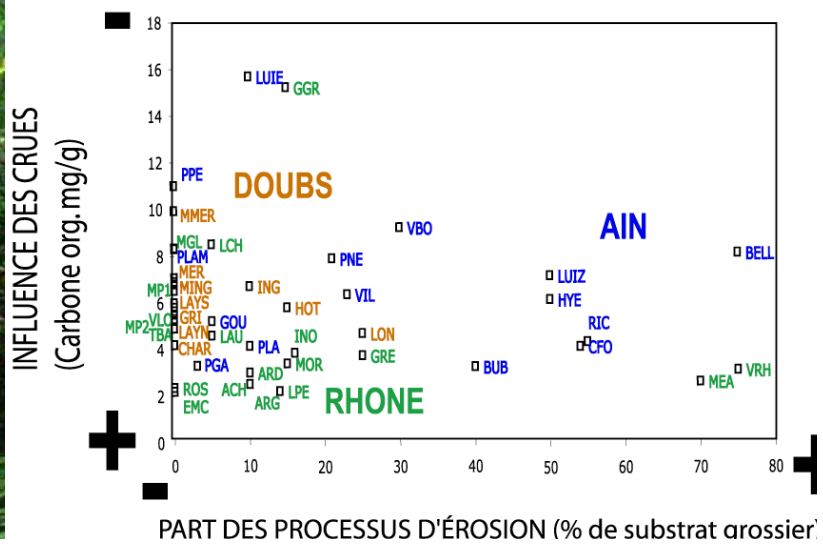
part relative de substrat grossier

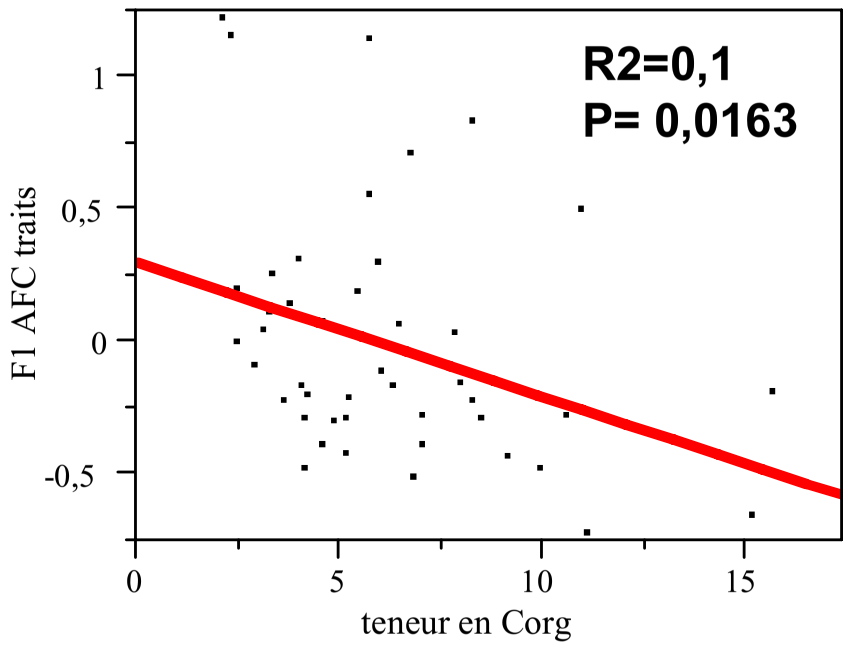
→ **• Part des processus d'érosion**

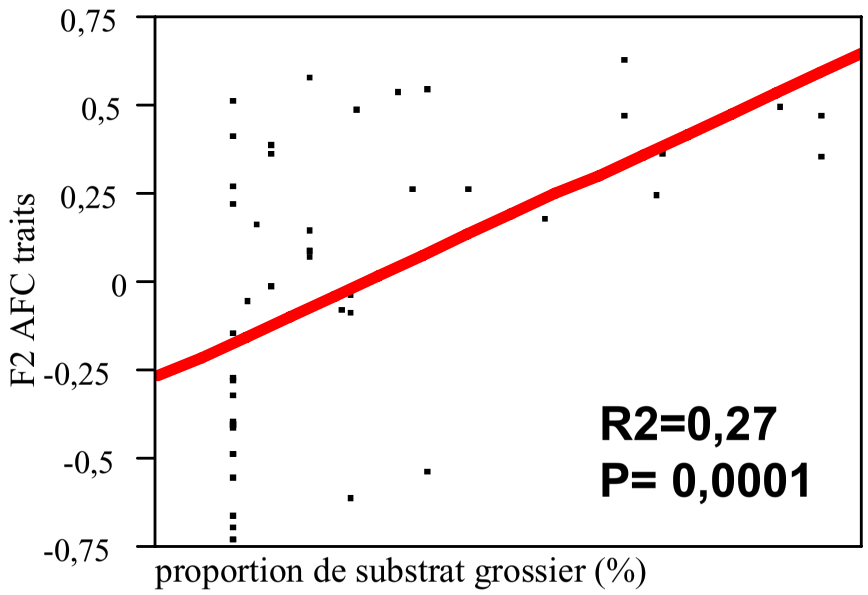


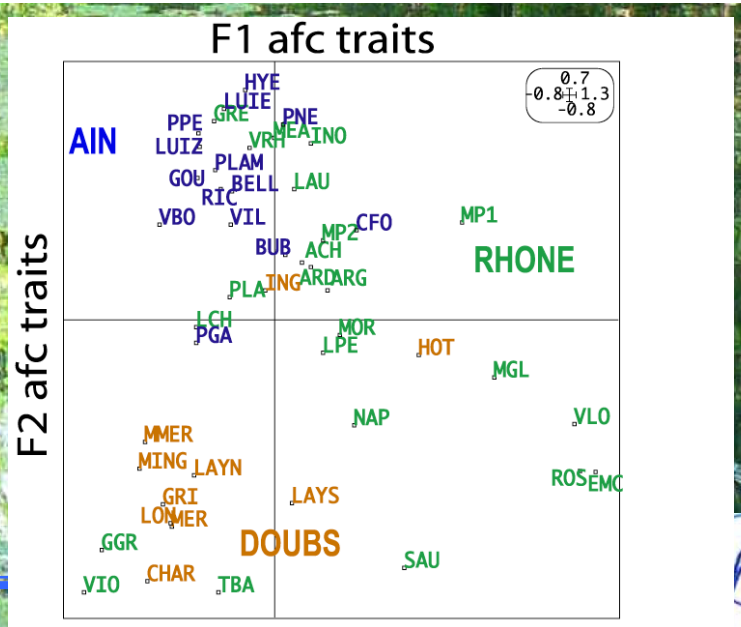

47 zones humides
10 traits
34 espèces
abondance
Codage flou
distribution des traits
carbone organique = fréquence crues
% grossier : part d'érosion
47 zones humides
?

typologie des zones humides élaborée
sur la base de l'influence des contraintes physiques

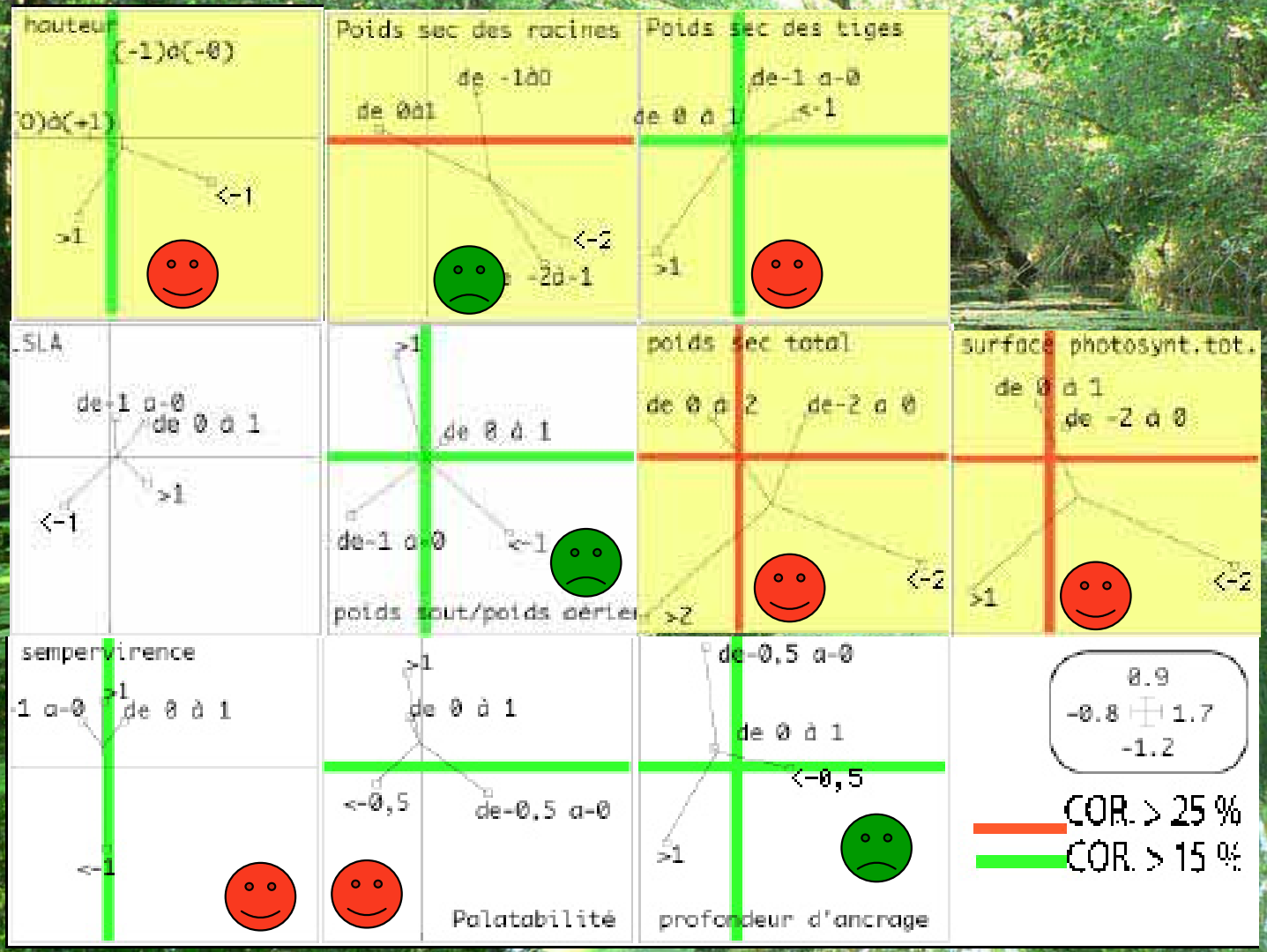


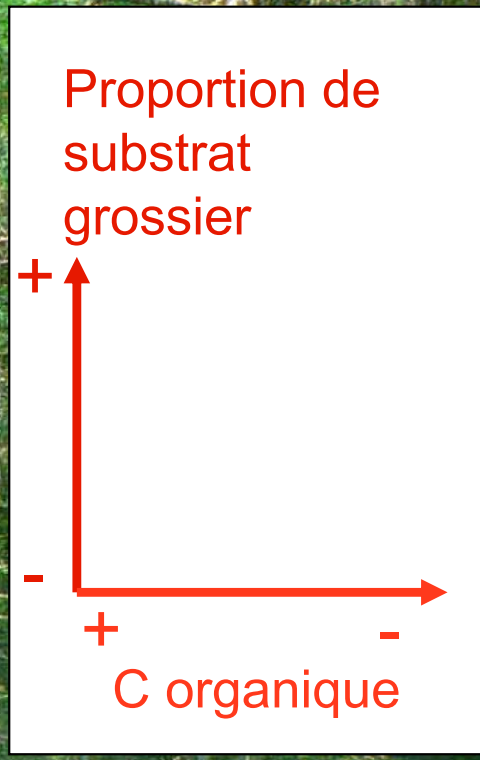






typologie des zones humides élaborée à partir
des traits biologiques des communautés végétales


hauteur
Poids sec des racines
Poids sec des tiges
SLA
poids sec total
surface photosynt.tot.
poids sout/poids aérien
sempervirence
Palatabilité
profondeur d'ancrage
COR. > 25 %
COR. > 15 %

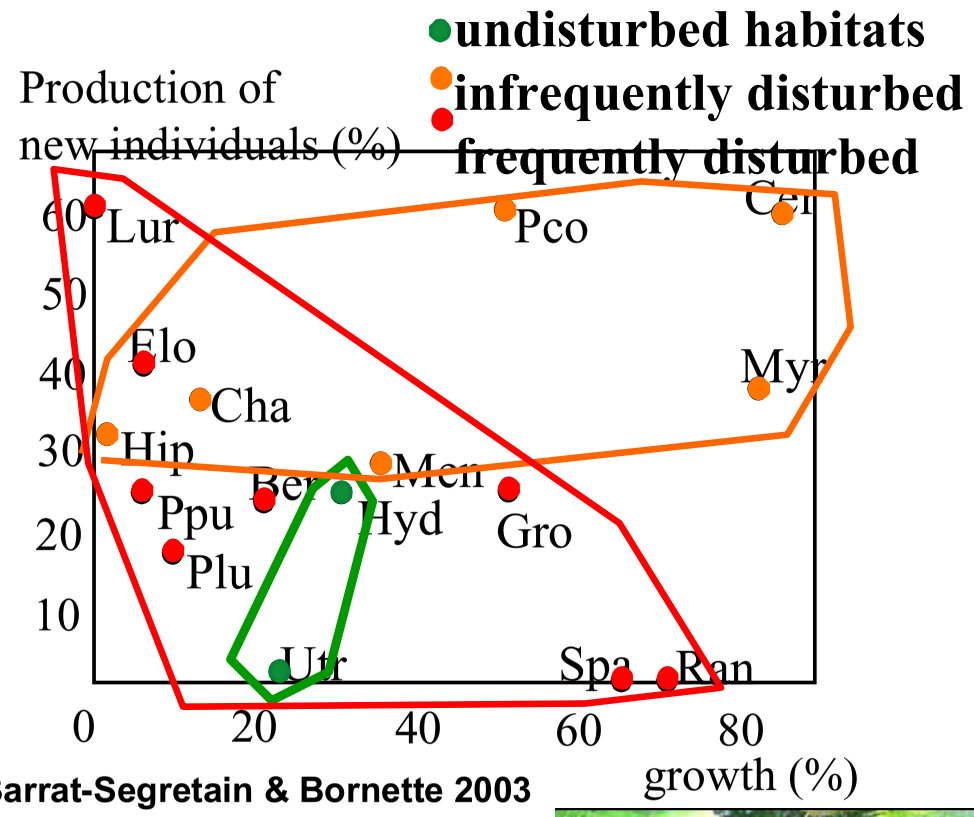

Proportion de substrat grossier
+
-
+
-
C organique

Pistes à explorer:

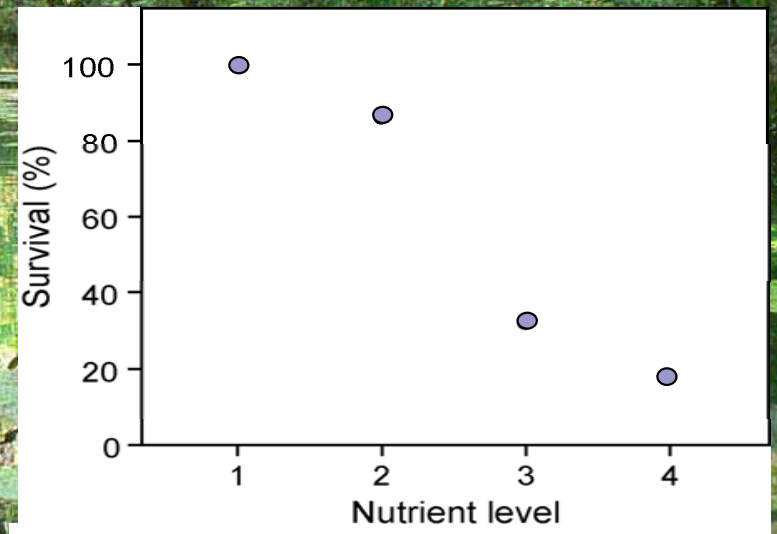
. Comprendre comment les plantes font face aux pics de courant (S. Puijalon)

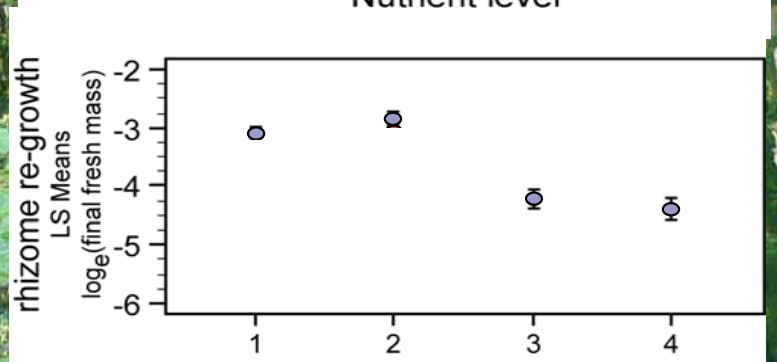
. Mesurer le rôle et l'implication de la plasticité phénotypique (F. Piola)

. Décrypter les modalités d'implication de la régénération végétative



Barrat-Segretain & Bornette 2003





Puijalon, Piola & Bornette sous presse

MERCI

UMR 5023-LEHF- Ecologie des hydrosystèmes fluviaux - Lyon

LEHF

Interactions végétation-contraintes mécaniques: réponse des végétaux aquatiques au courant

Sara Puijalon

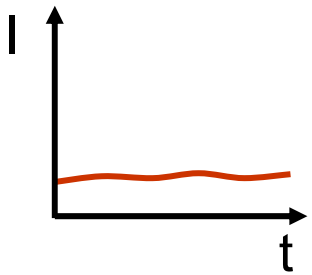
puijalon@gmail.com

Séminaire Cluster Environnement – Grenoble, 28-29 Janvier 2008

Introduction – Réponses des végétaux aux fluides en mouvement

Contraintes permanentes, d'intensité moyenne: ***STRESS***

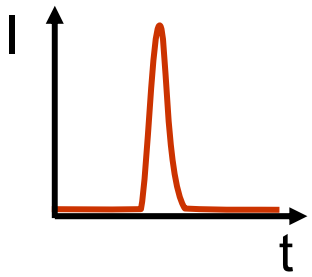
conditions environnementales qui tendent à altérer la fonction de la plante et à limiter la production de biomasse (Grime 2001; Ghalambor 2007)



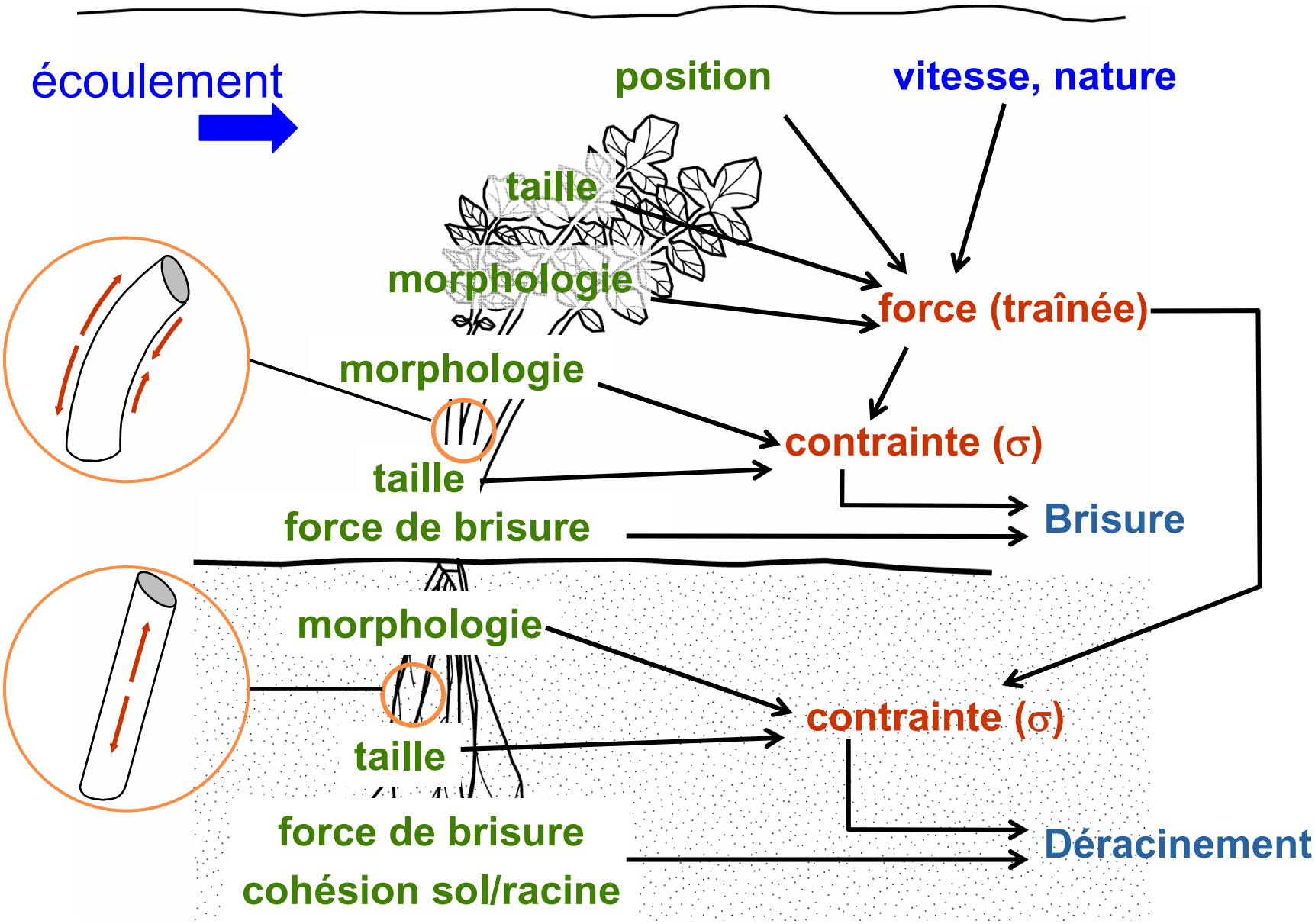
Introduction – Réponses des végétaux aux fluides en mouvement

Contraintes ponctuelles, d'intensité élevée: ***PERTURBATION***

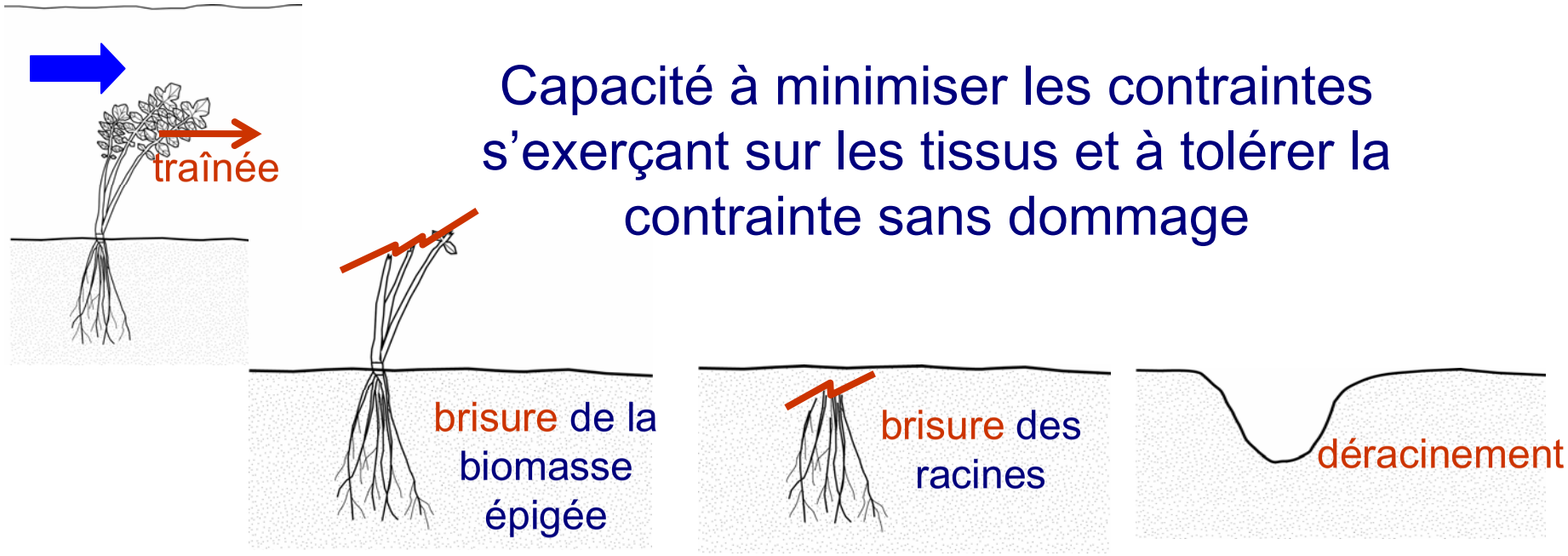
évènements imprévisibles provoquant une destruction partielle ou totale des communautés végétales (Grime 2001)



Relations structure-fonction et rôle de la morphologie



Introduction – Adaptation aux contraintes mécaniques



Capacité à minimiser les contraintes s'exerçant sur les tissus et à tolérer la contrainte sans dommage

adaptation

1/ réduction des forces aéro-hydrodynamiques

2/ augmentation de la capacité à résister aux effets de ces forces

Introduction – Objectifs généraux

1/ Réponse des plantes au stress hydraulique

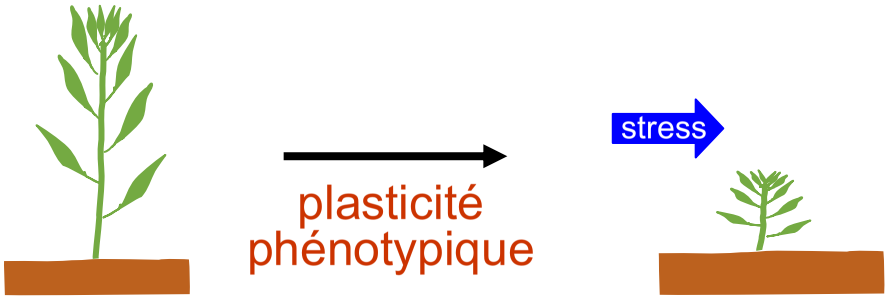
➔ adaptations morphologiques qui permettent le maintien dans des conditions stressantes

2/ Réponse des plantes aux perturbations hydrauliques

➔traits de résistance aux perturbations;

➔prédiction de la résistance des espèces aux perturbations

Introduction – 1/ Réponse des plantes au stress hydraulique



Plasticité phénotypique: effet de l'environnement sur l'expression d'un génotype (Bradshaw 1965; Schlichting 1986; Sultan 1987; Stearns 1989)

morphologie

↓

performance — capacité à réaliser une fonction donnée (Reilly & Wainwright 1994; Wainwright 1994; Koehl 1996)

↓

fitness — succès relatif en termes de survie et de reproduction (Sultan 1987)

- **adaptative:** conduit à une amélioration de la performance et/ou fitness par rapport aux phénotypes alternatifs (Sultan 1987, 2000; Stearns 1989)
- **maladaptive:** conduit à un phénotype non-optimal (Stearns 1989; Alpert & Simms 2002)
- **non-adaptive:** variations phénotypiques inévitables (Stearns 1989; Alpert & Simms 2002)

Introduction - 1/ Réponse des plantes au stress hydraulique

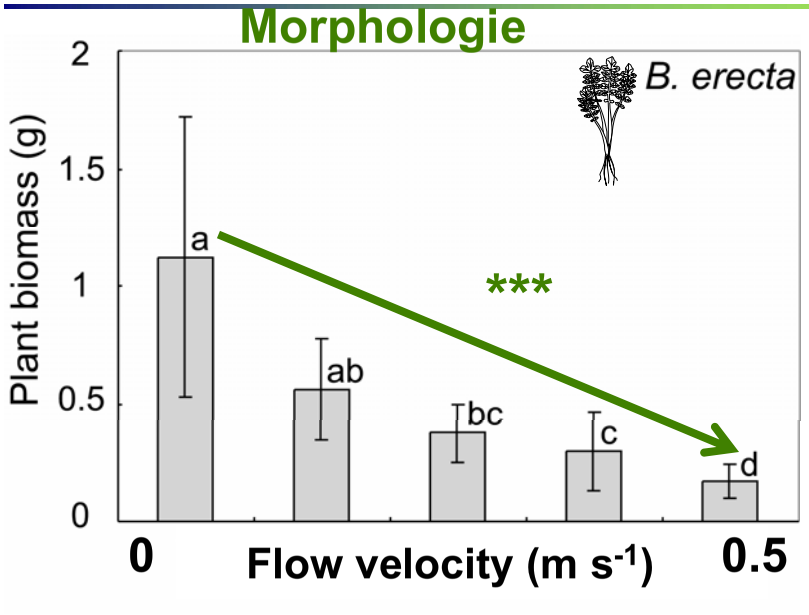
Stress hydraulique

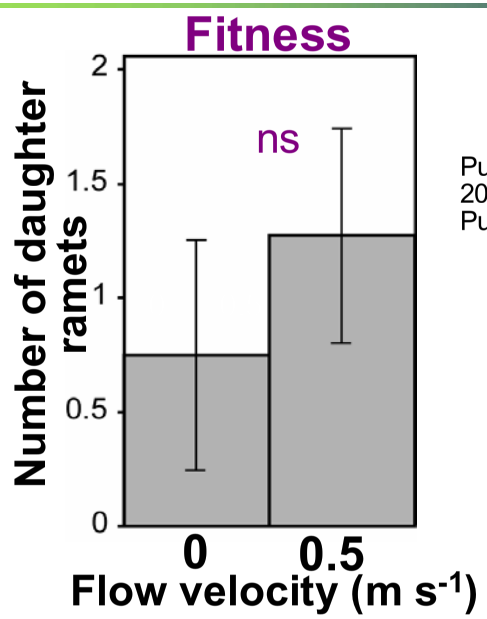
1 **Patron de variations morphologiques** → taille, surface foliaire, densité des tissus, allocations de biomasse…

2 **Conséquences fonctionnelles pour la performance hydrodynamique** → traînée, traînée corrigée par la taille

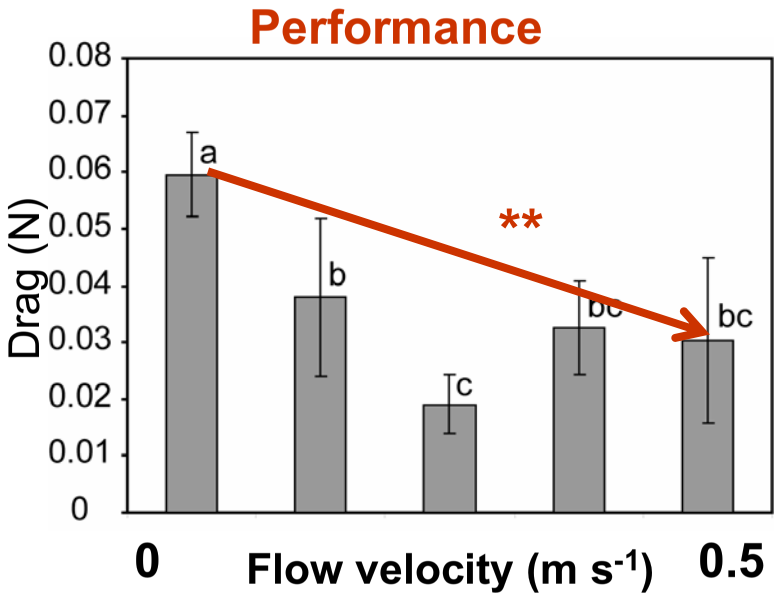
3 **Conséquences pour la fitness** → reproduction végétative et sexuée

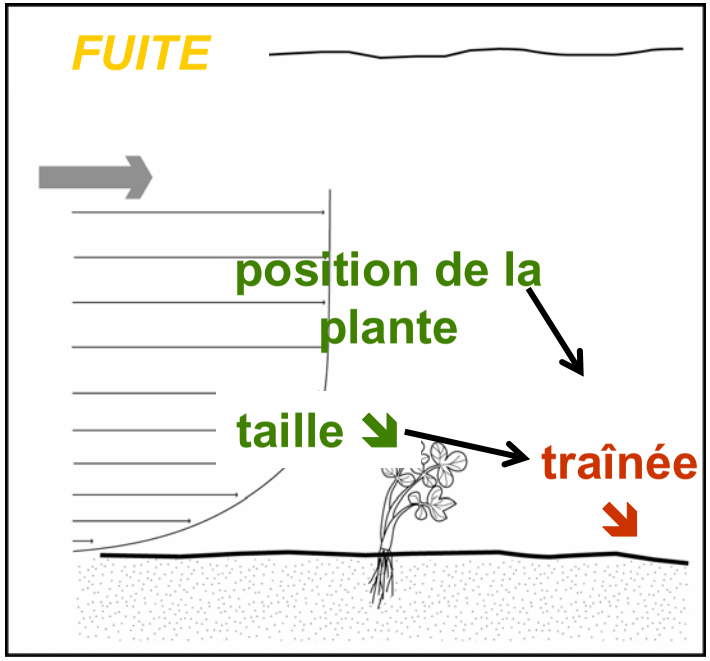
Résultats - 1/ Patrons de réponses spécifiques au courant (1)





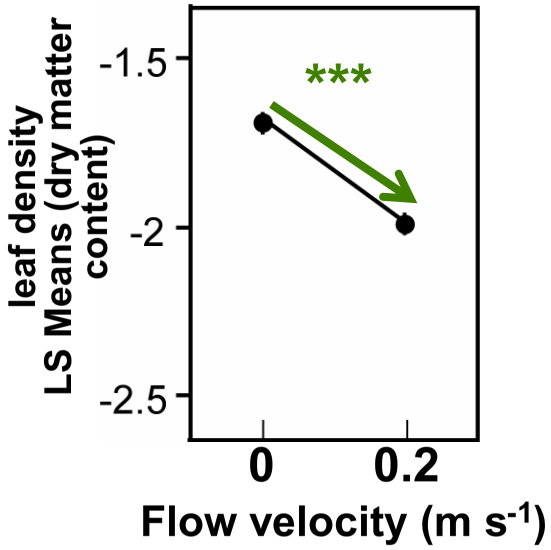
Puijalon & Bornette, *New Phytol.* 2004;
Puijalon et al. *J. Exp. Bot.* 2005



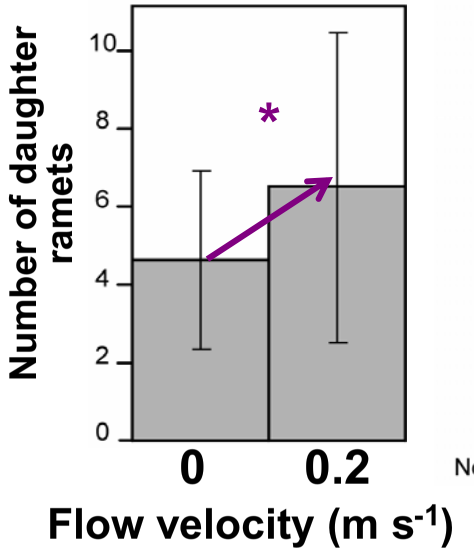


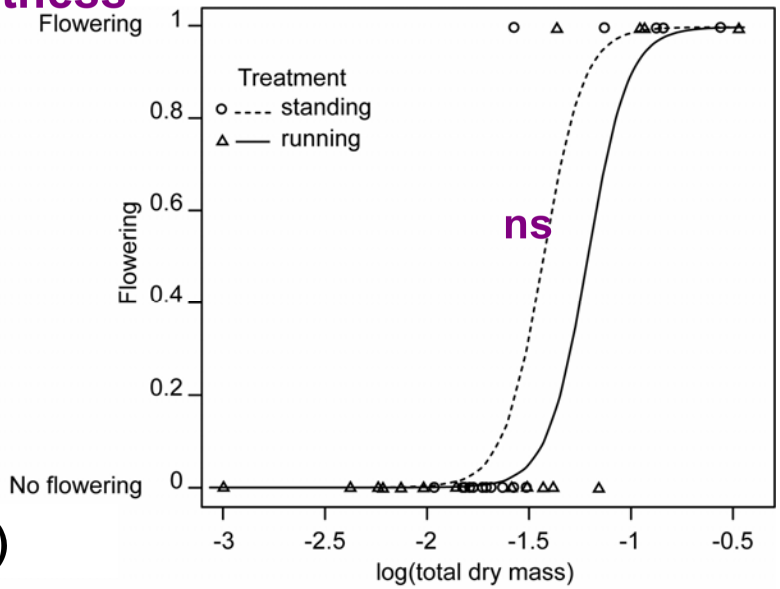
Résultats - 1/ Patrons de réponses spécifiques au courant (2)

Morphologie

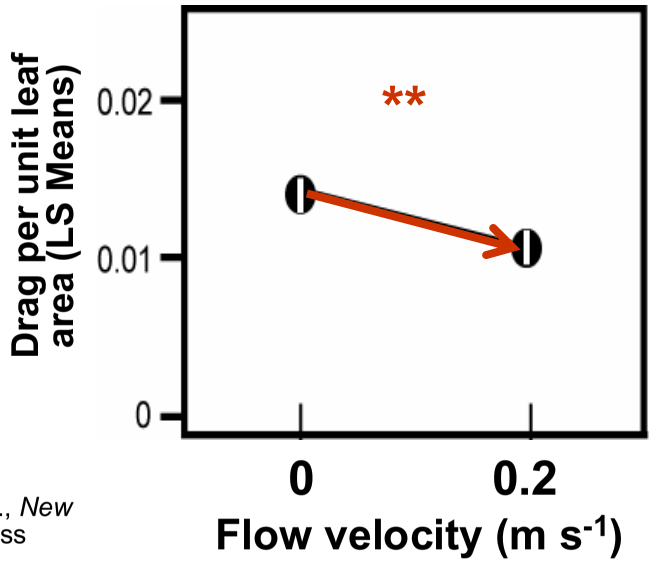


Fitness

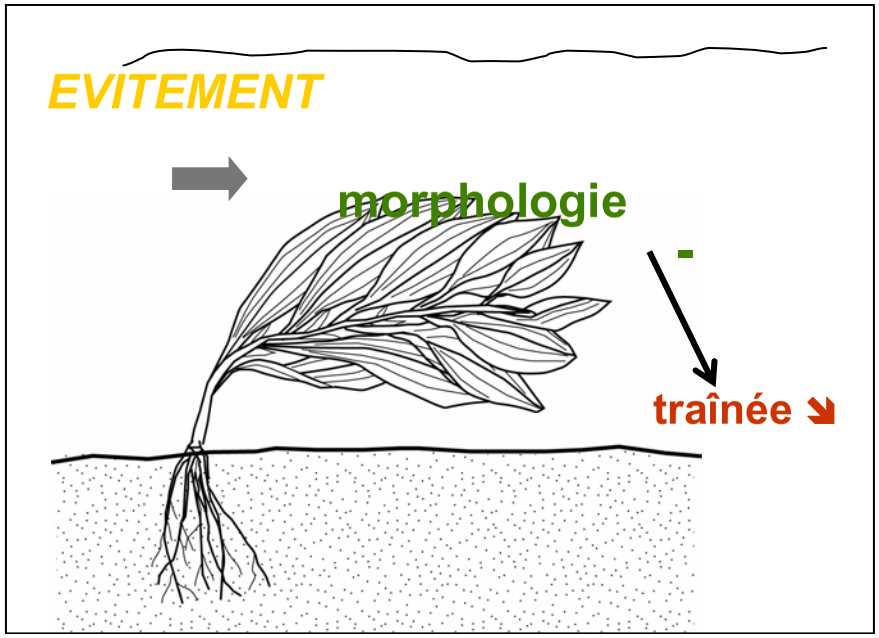




Performance

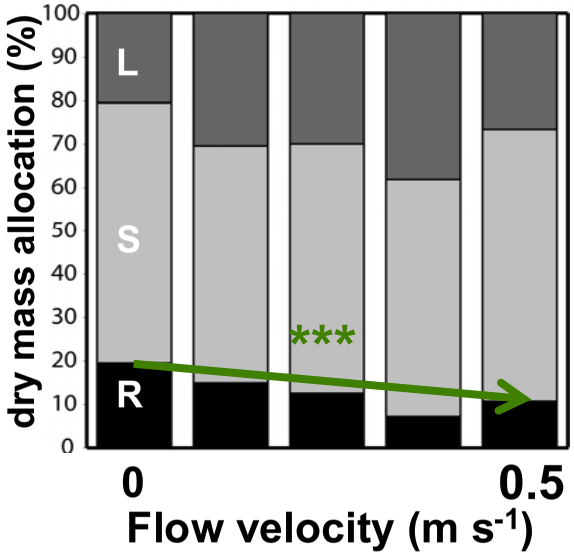


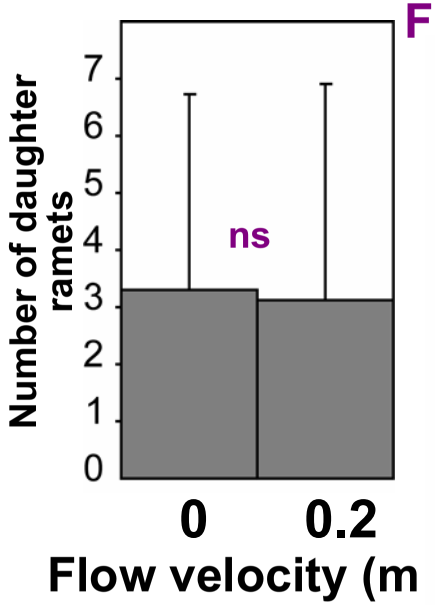
Puijalon et al., *New Phytol.* in press



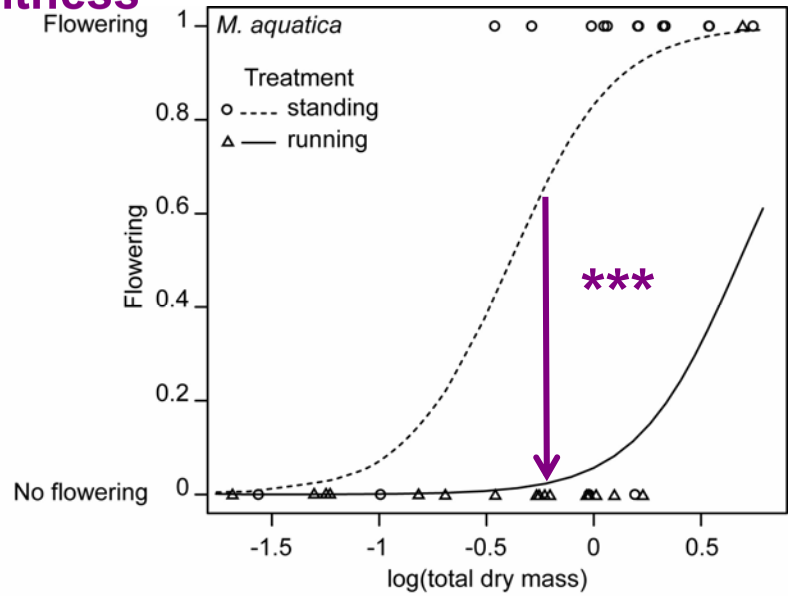
Résultats - 1/ Patrons de réponses spécifiques au courant (3)

Morphologie

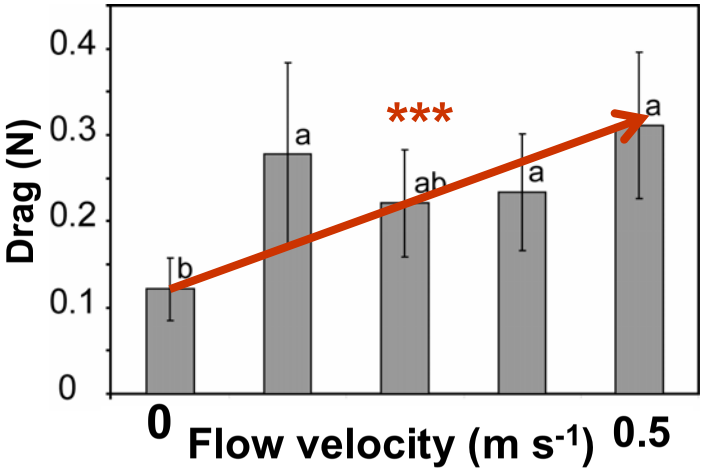


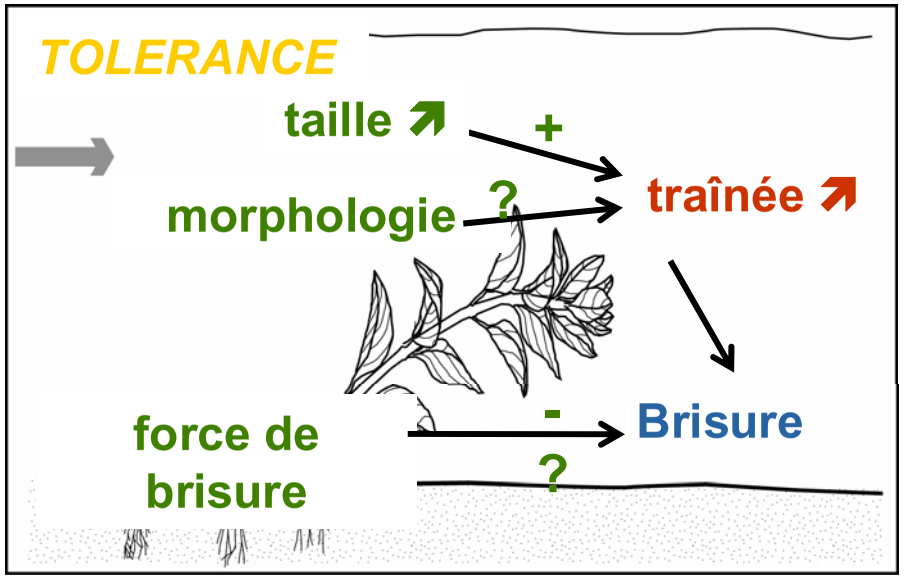


Fitness



Performance

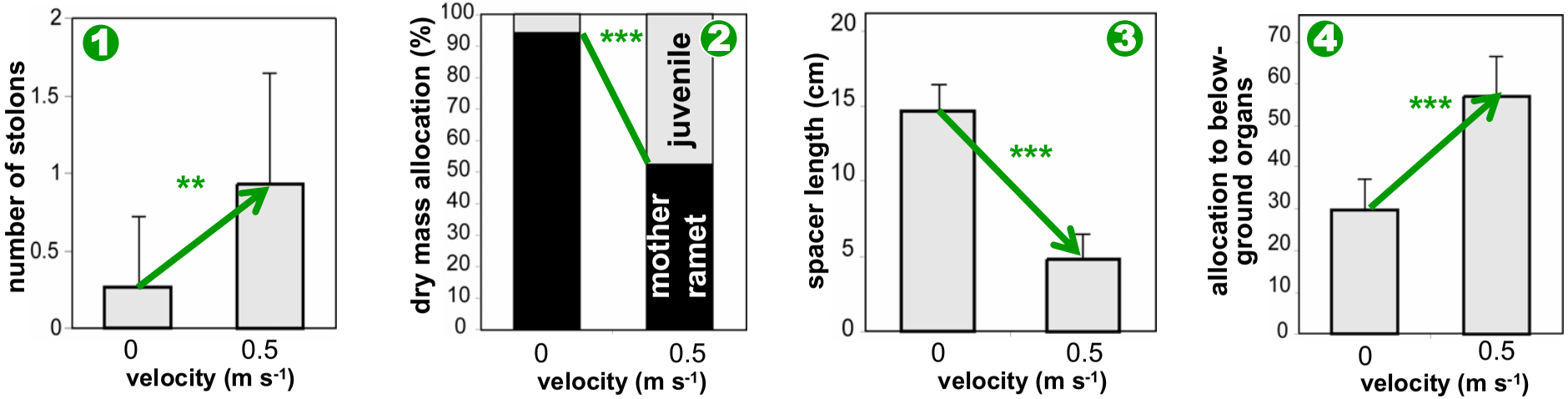




Puijalon et al., *J. Exp. Bot.* 2005
Puijalon et al., *New Phytol.*, in press

Résultats - 2/ Plasticité clonale induite par le courant

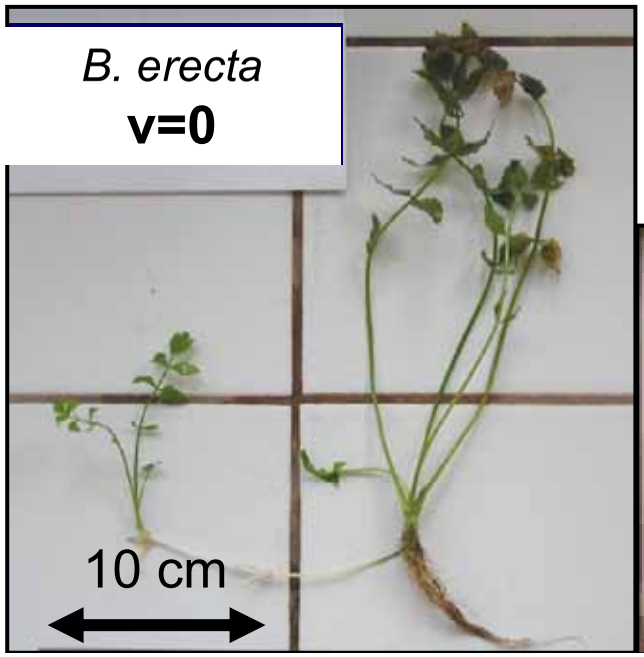
Le stress hydraulique affecte-t-il le patron de croissance clonale?

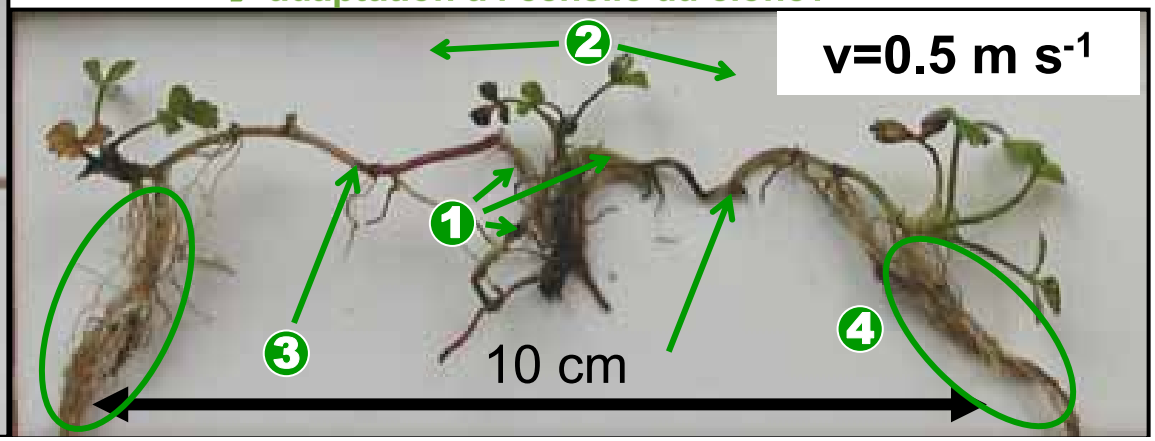


Puijalon & Bornette, *Am. J. Bot.*, 2006

1. Augmentation du nombre de stolons
2. Augmentation de l'allocation à la croissance clonale
3. Réduction des distances inter ramets
4. Augmentation de l'allocation aux organes souterrains

➔ **adaptation à l'échelle du clone?**

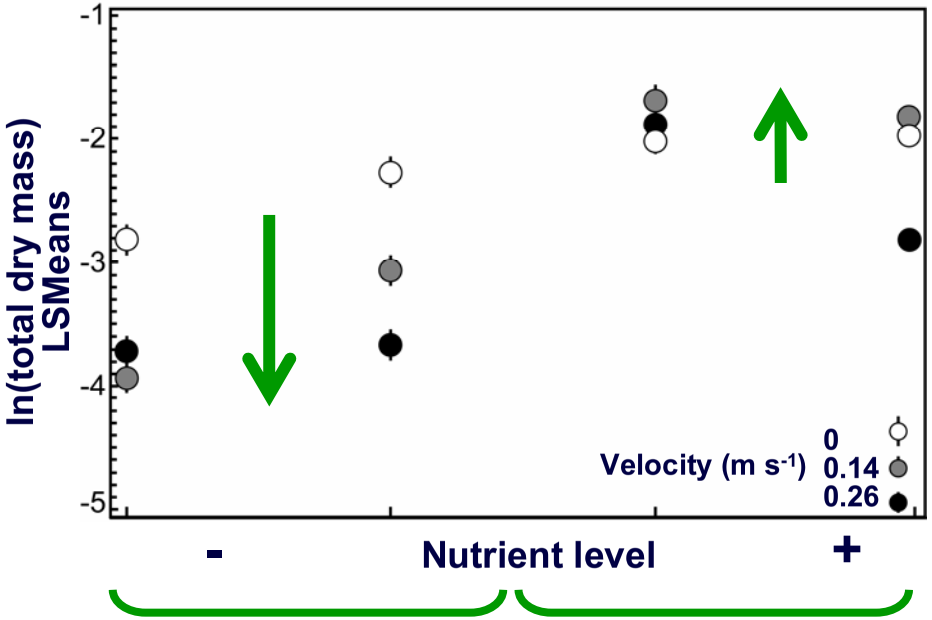




Résultats - 3/ Effets interactifs des stress hydraulique et trophique

La réponse au courant est-elle identique dans différentes conditions trophiques?

Masse sèche totale



Pas d'effet général de la vitesse

Effet Vitesse x trophie:

- negatif : faibles niveaux trophiques
- positif : forts niveaux trophiques

Forte interaction entre le stress hydraulique et le niveau trophique

➔ ? valeur adaptative des réponses observées dans différentes conditions trophiques

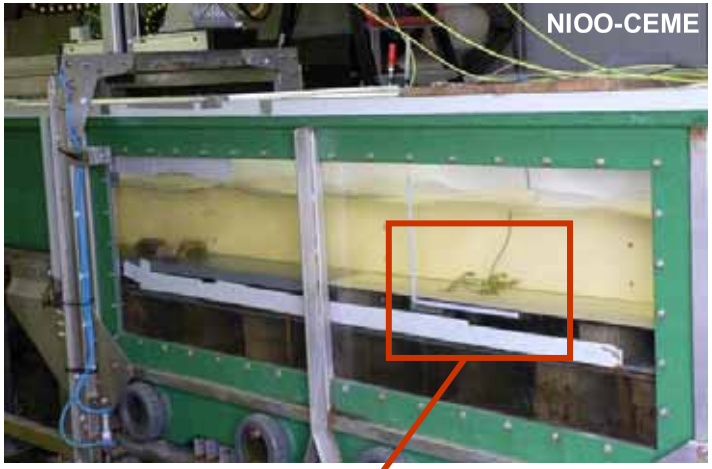
Puijalon et al., *Ann. Bot.*, 2007

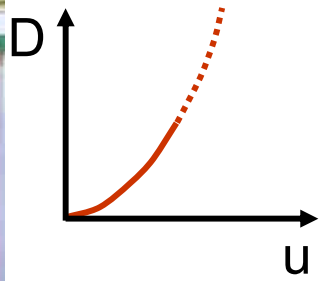
Introduction – 2/ Réponse des plantes aux perturbations hydrauliques

➔traits de résistance aux perturbations;

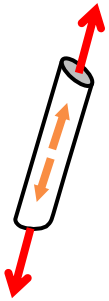
➔prédiction de la résistance des espèces aux perturbations hydrauliques

Méthodologie – 2/ Réponse des plantes aux perturbations hydrauliques





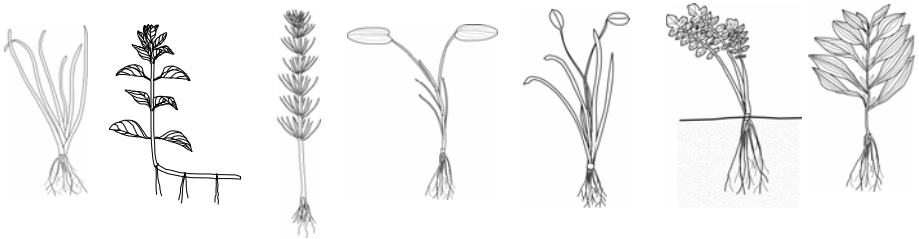
traînée



force de brisure

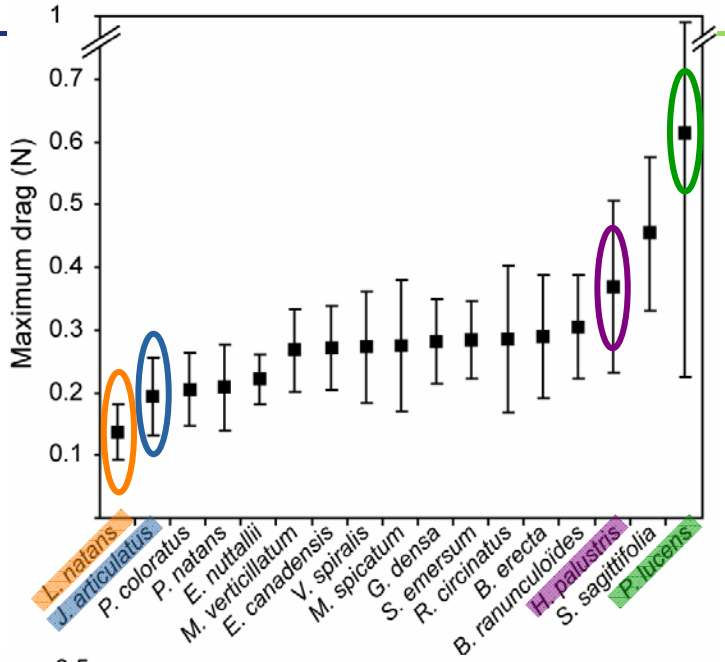
Facteurs de sécurité

$F_{brisure}/F_{traînée}$



- Relations morphologie⇔traînée et morphologie⇔force de brisure
- Typologie d'espèces à partir des facteurs de sécurité
- Prédiction de la vitesse maximale supportée par les espèces

Résultats – 2/ Réponse des plantes aux perturbations hydrauliques



17 espèces

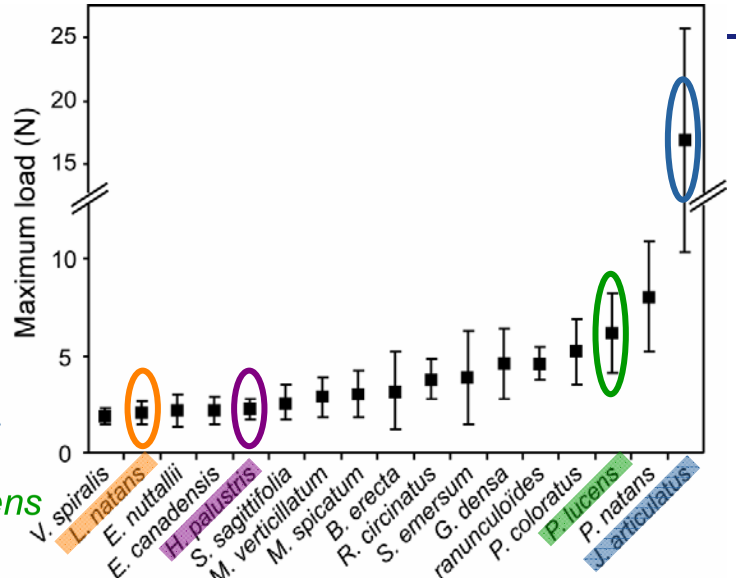
0.8ms^{-1}

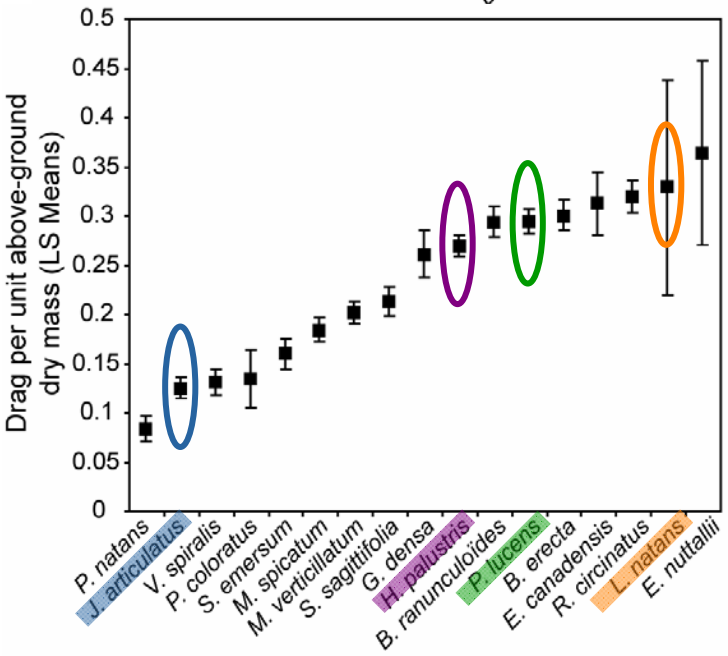
Luronium natans

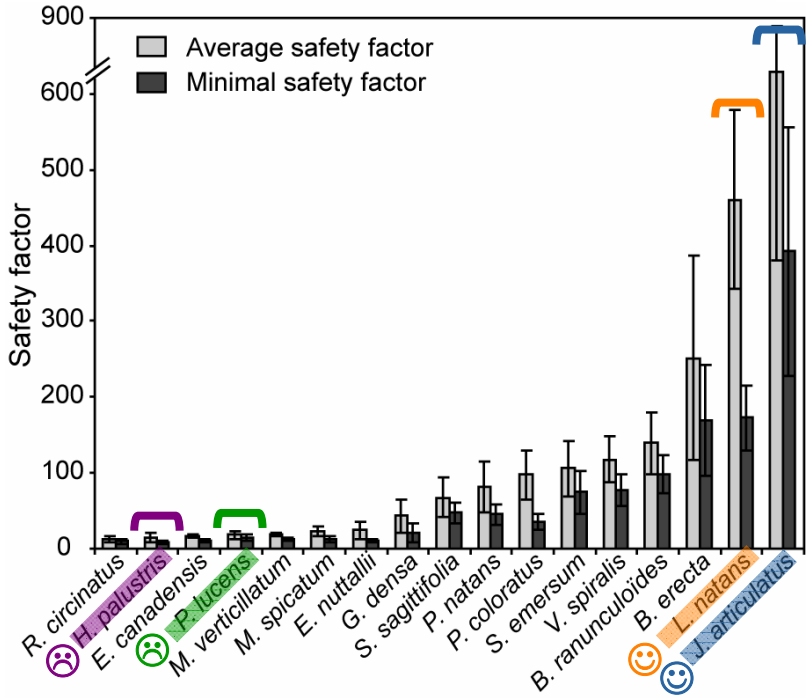
Hottonia palustris

Juncus articulatus

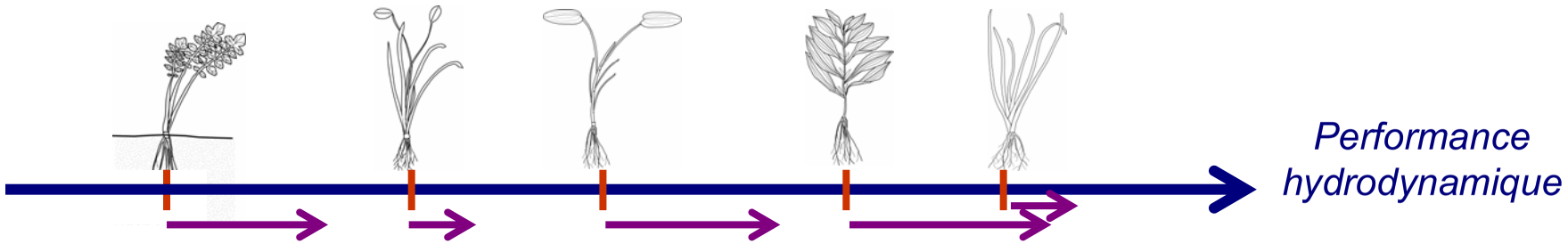
Potamogeton lucens







Conclusion – Réponse des végétaux aquatiques aux contraintes hydrauliques



1/ Performance moyenne de l'espèce

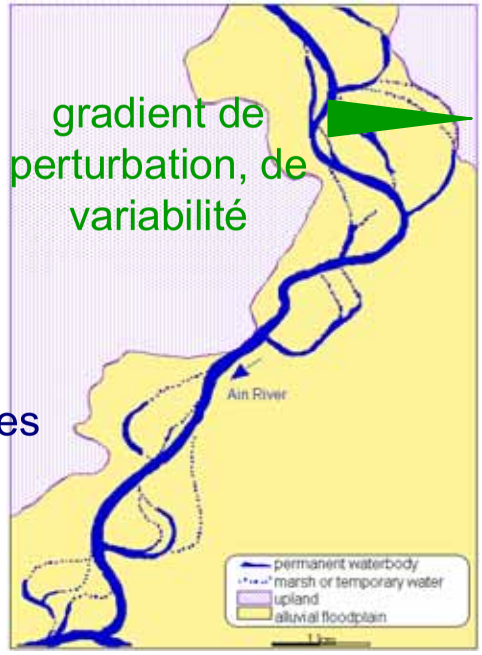
2/ Capacité d'adaptation: plasticité phénotypique

Stratégies adaptatives intégrant la plasticité phénotypique:

quels sont les poids relatifs de la valeur moyenne d'un trait et de sa plasticité dans les stratégies adaptatives?

Lien avec la distribution des espèces (→ *G. Bornette*)

les capacités de réponses des végétaux aux contraintes hydrauliques sont-elles un paramètres structurant des communautés végétales aquatiques?



Merci!

Collaborations:

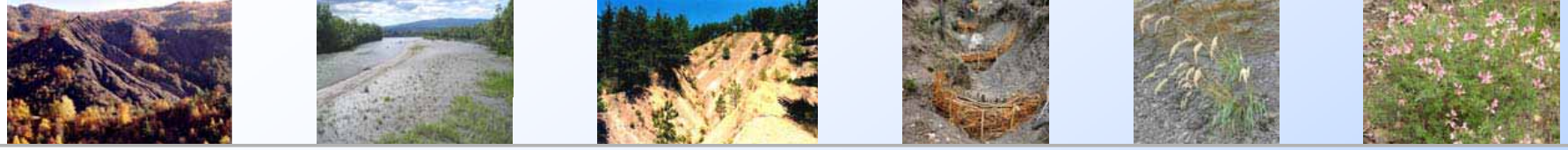
G. Bornette, J.-P. Léna, P. Sagnes (UMR 5023)

J.-Y Champagne, N. Rivière (INSA-Lyon)

T.J. Bouma (NIOO-CEME)

J. van Groenendael (Nijmegen University)

N.P.R. Anten (Utrecht University)



Prévoir la résistance des plantes aux contraintes érosives dans les milieux érodés de montagne à l'aide des traits fonctionnels

Mélanie BURYLO

Cemagref

Cluster Environnement – 28 janvier 2008

Introduction

Érosion hydrique des milieux de montagne

→ **Nombreux milieux érodés:**

Pistes de ski/milieux pastoraux

Bassins versants torrentiels

Berges de rivières torrentielles

Plantes soumises à de nombreuses contraintes physiques

→ **Besoin de pouvoir prévoir la résistance des plantes à ces contraintes environnementales**

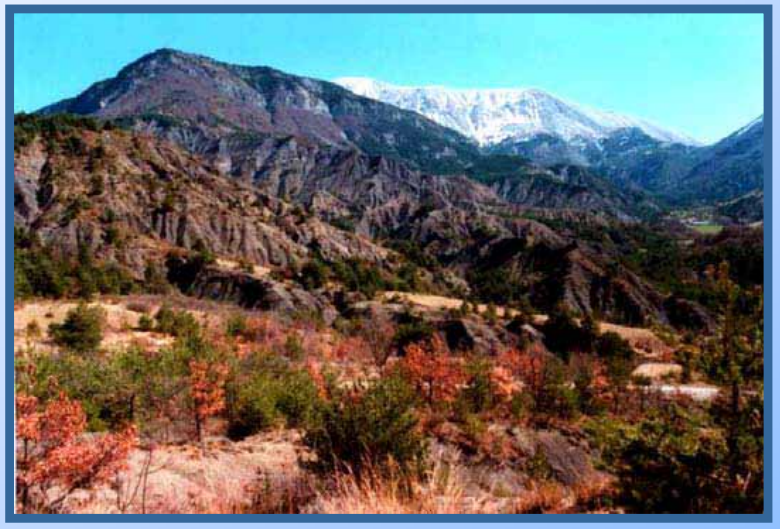
Introduction

Érosion hydrique des milieux de montagne

→ **Nombreux milieux érodés:**

Bassins versants torrentiels

Pistes de ski/milieux pastoraux



Berges de rivières torrentielles

Plantes soumises à de nombreuses contraintes physiques

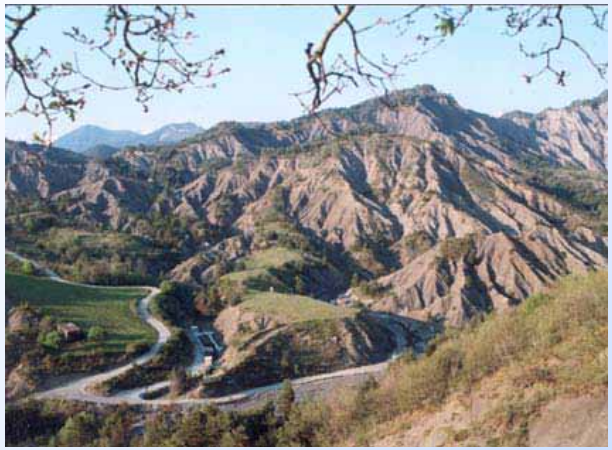
→ **Besoin de pouvoir prévoir la résistance des plantes à ces contraintes environnementales**

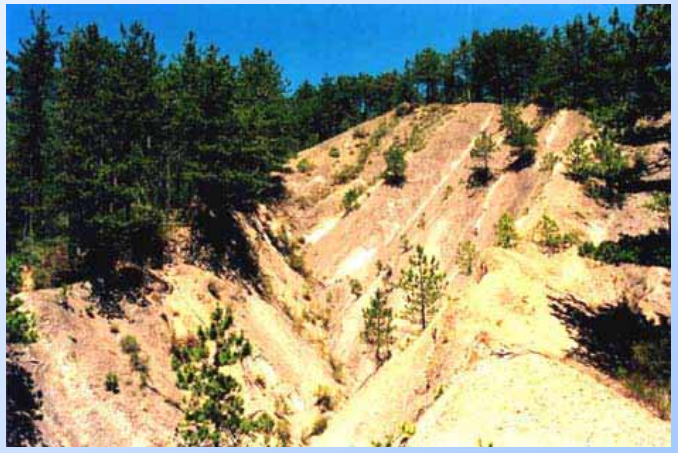
Contexte dans les bassins versants marneux

Érosion hydrique = ruissellement concentré + microglissements de terrain

Contexte dans les bassins versants marneux

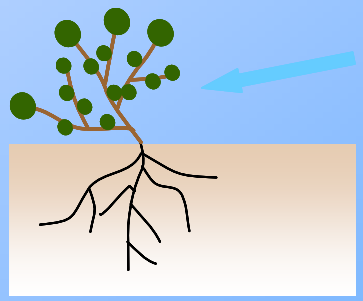
Érosion hydrique = ruissellement concentré + microglissements de terrain

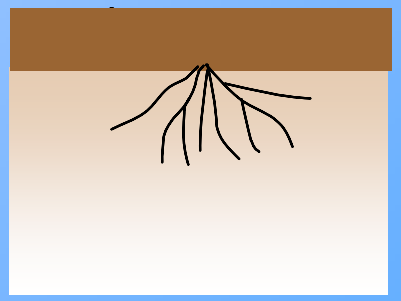




Contraintes pour les plantes:

- risque de déracinement
- risque d'ensevelissement





Démarche

But = prévoir la résistance des plantes à l'aide des traits fonctionnels

Trait fonctionnel = attribut facilement mesurable sur des populations d'espèces présentant une relation avec une fonction de la plante (Lavorel *et al.*, 2005)

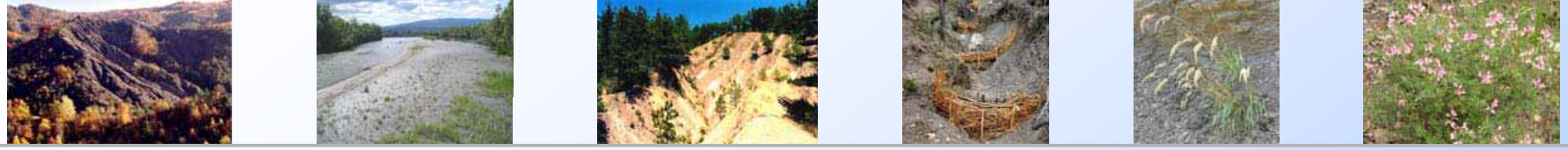
Questions :

Est-ce que des espèces ayant des performances distinctes diffèrent du point de vue de leurs traits ?

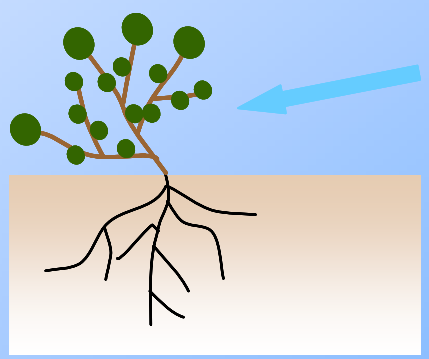
Quel est le trait, ou l'ensemble de traits, permettant de prévoir la réponse des plantes face aux contraintes extérieures ?

Démarche :

Coupler des mesures de traits à des mesures de la performance des plantes dans les premiers stades de leur développement



Résistance au déracinement



Matériels et méthodes

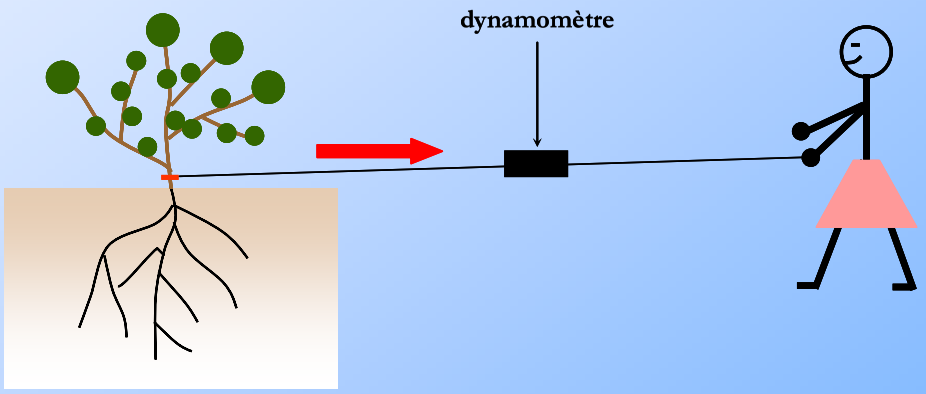
• 9 espèces échantillonnées

(Pin noir, Chêne pubescent, Bugrane ligneuse, Bugrane coqsigrue, Buis, Genévrier, Genêt cendré, Stéhéline douteuse et Anthyllide vulnéraire)

• **Mesure de la performance**
= tests de déracinement

Force en N + mesure du diamètre basal (mm)

⇒ Résistance moyenne de chaque espèce en N/mm²



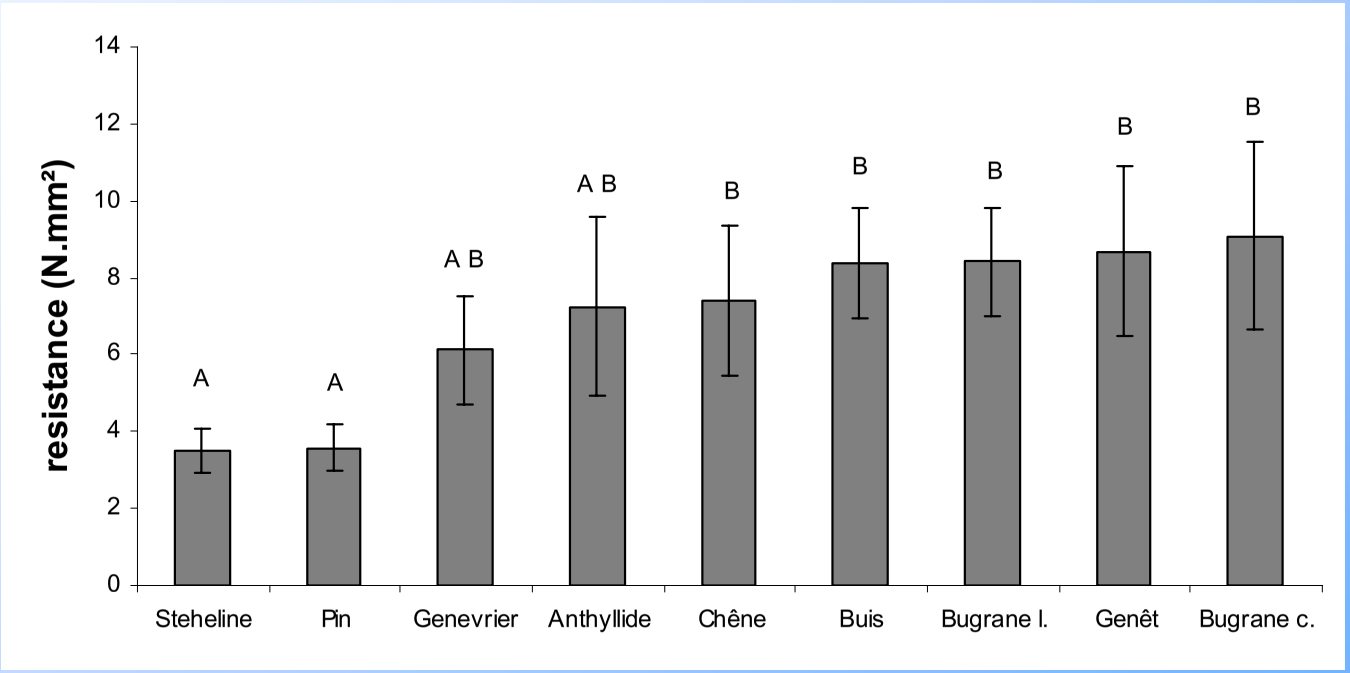
• Prélèvement de 7 à 12 individus par espèce pour mesures de traits

Longueur Spécifique des Racines (SRL en m/g), Densité des Tissus Racinaires (RTD en mg/mm^3), Root to Shoot ratio (R/S), % de racines fines (%RF<0,4 mm), Longueur de la racine principale sur diamètre basal (LR_1/D), Hauteur (H), Densité Racinaire (DR1 en mm/mm^3 et DR2 en mg/mm^3), Biomasse relative de la racine principale (MS R_1/tot)

Résultats

Comparaison de la performance des plantes

ANOVA sur les valeurs de résistance : $p < 0,001$

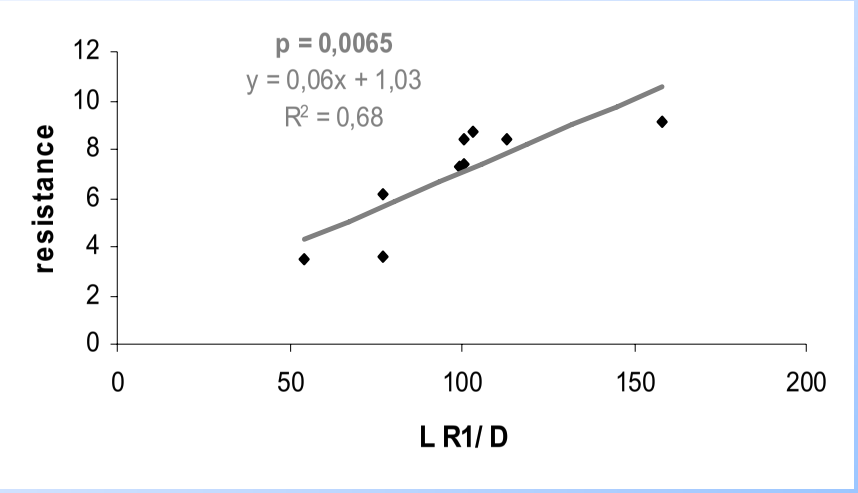


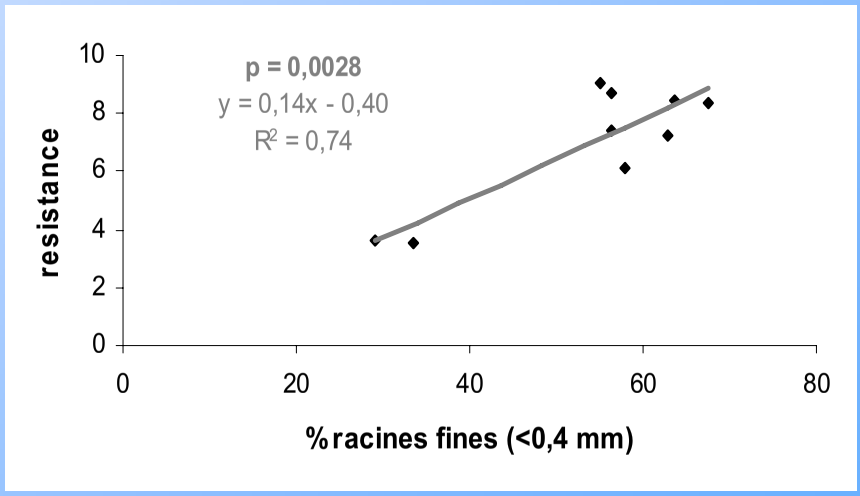
Résultats

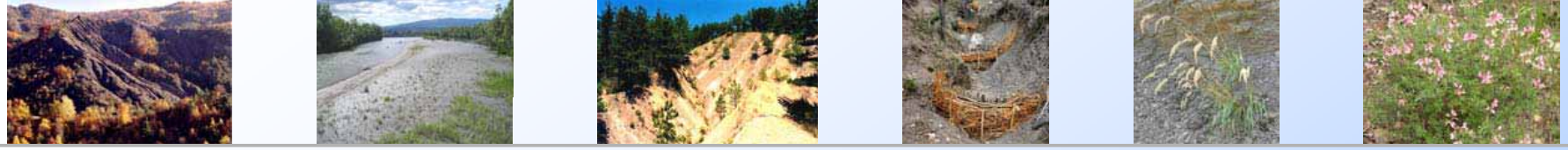
Prévision de la résistance au déracinement

Régression entre résistance moyenne et valeurs de traits moyennes de chaque espèce

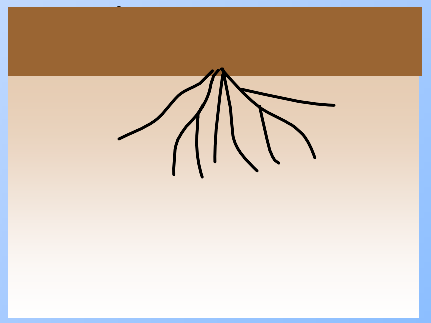
2 traits sont significativement corrélés à la résistance : LR_1/D et %RF<0,4 mm







Résistance à l’ensevelissement

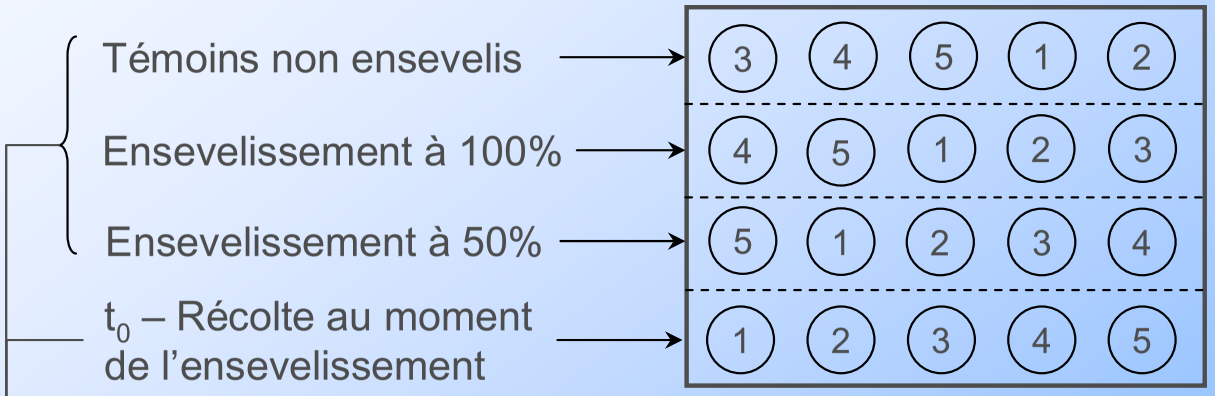


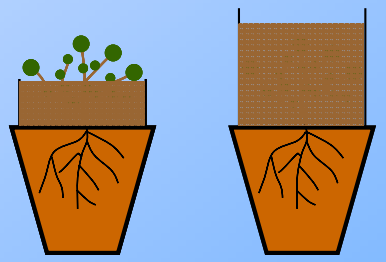
Matériels et méthodes

- 5 espèces étudiées: germination en chambre de culture puis mise en pots

(Pin noir, Acacia, Erable champêtre, Bugrane ligneuse, Argousier)

- 4 « traitements » appliqués et 10 répétitions => 10 blocs de 4 lignes





- **Mesure de la performance:** croissance en hauteur au cours du temps, biomasse fraîche aérienne et racinaire
- Traits mesurés: contenu en sucres solubles dans les tiges et les racines

Résultats

Comparaison de la performance des plantes

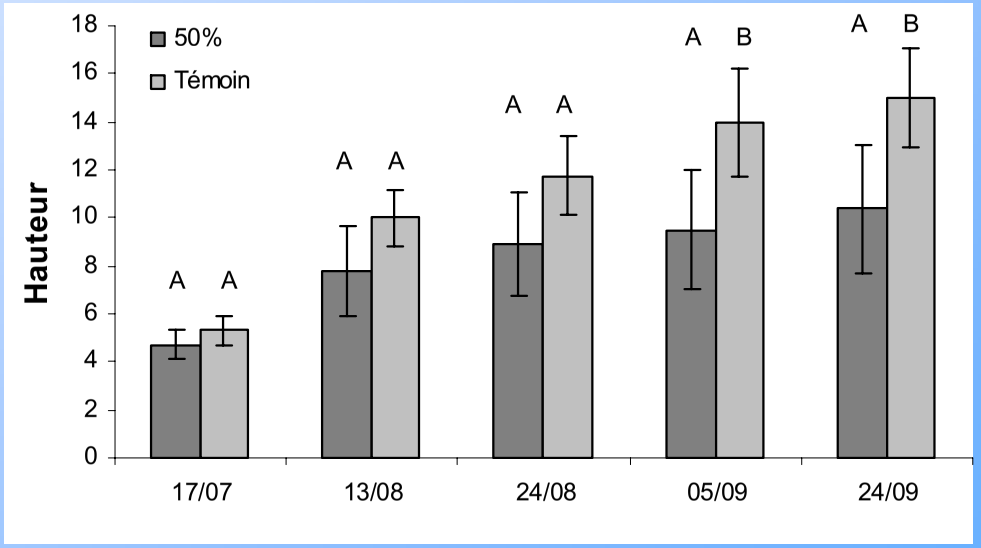
• 1 seule espèce (Erable champêtre) survit à l'ensevelissement total (taux de survie = 40 %)

• **Croissance en hauteur :** Anova à mesures répétées

- Croissance inchangée chez 3 espèces (Erable champêtre, Pin Noir et Acacia)

- Croissance ralentie chez 1 espèce (Argousier)

- Tendance à un ralentissement de la croissance chez la Bugrane



Résultats

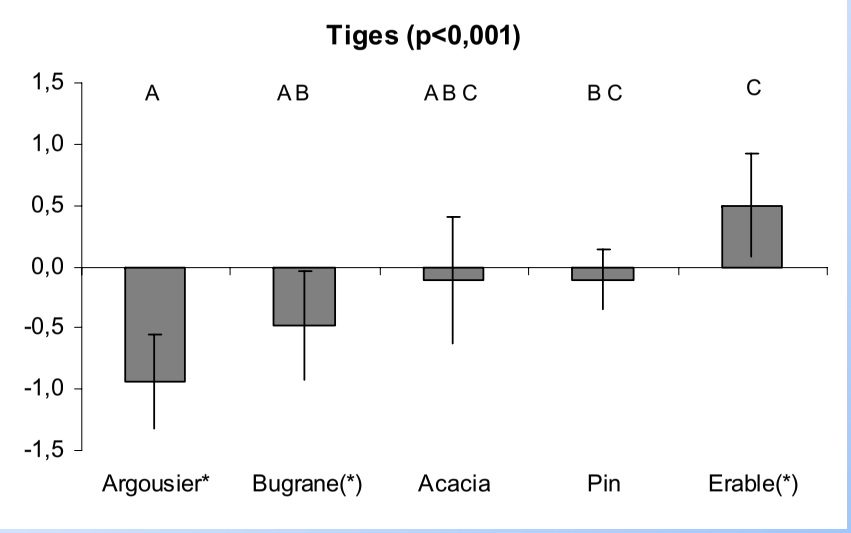
- **Evolution de la biomasse fraîche**

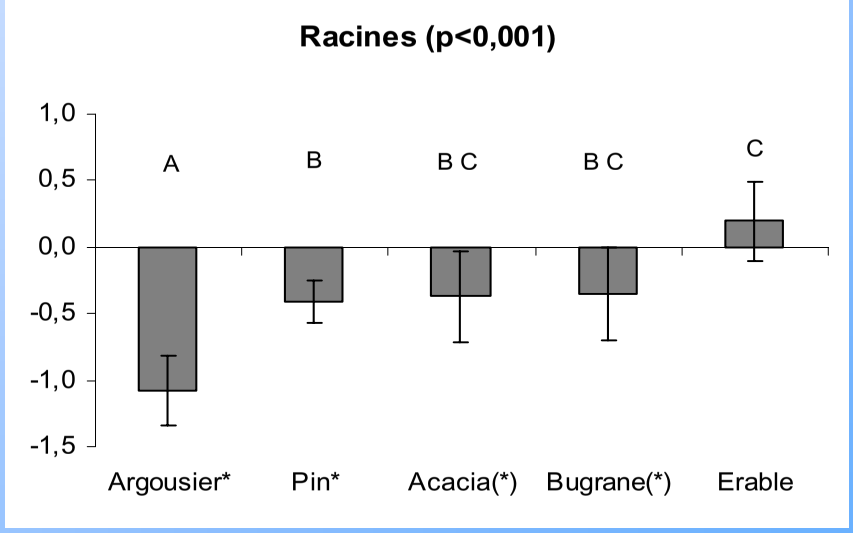
$$\text{Réponse} = \ln\left(\frac{\text{BF plte ensevelie}}{\text{BF plte témoin}}\right)$$

Si réponse > 1 : Stimulation

Si réponse = 0 : Pas de réponse

Si réponse < 1 : Ralentissement





* = moyenne différente de zéro au seuil de 0,05
(*) = moyenne différente de zéro au seuil de 0,1

Résultats

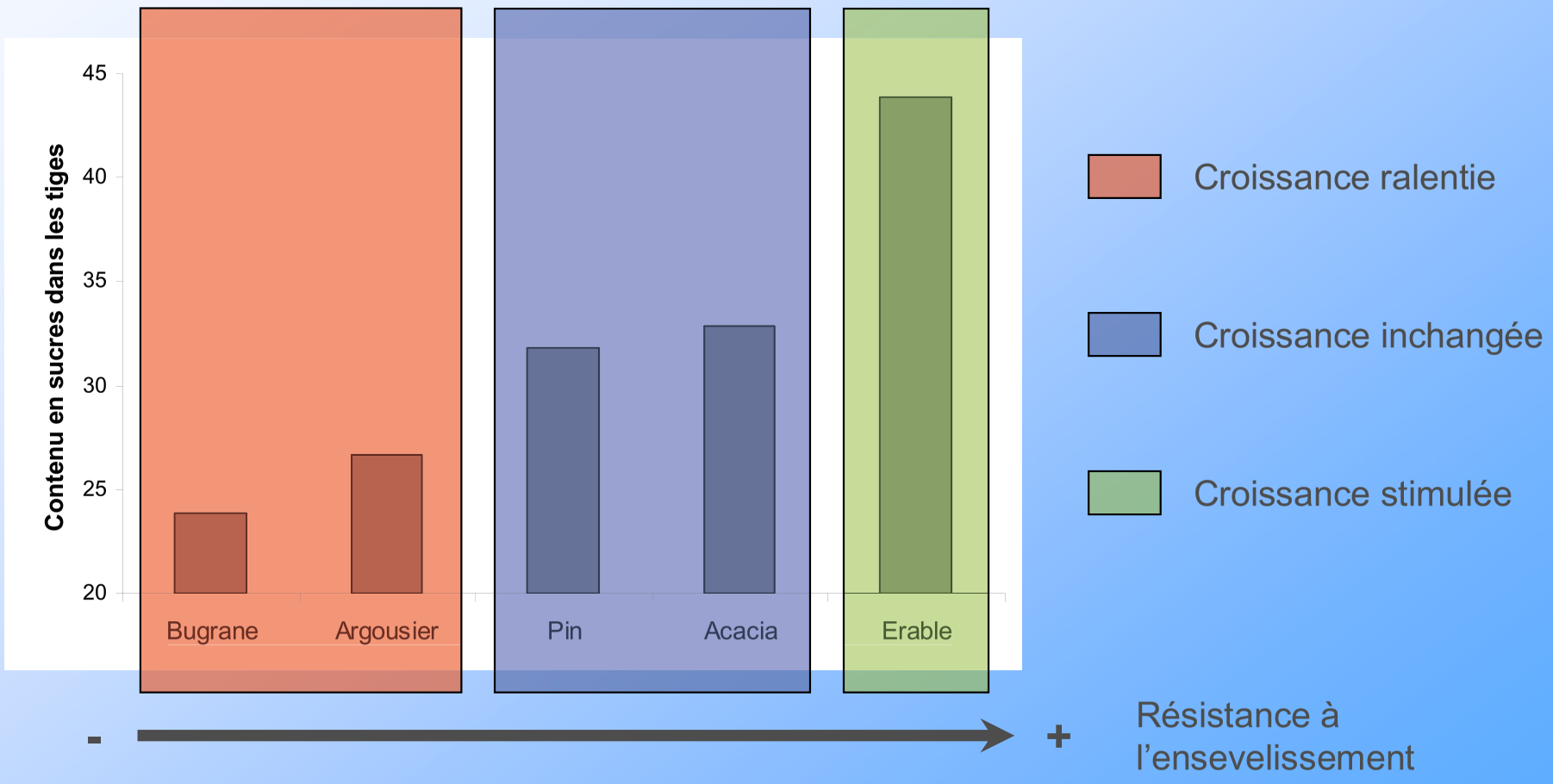
Comparaison de la performance des plantes – Résumé

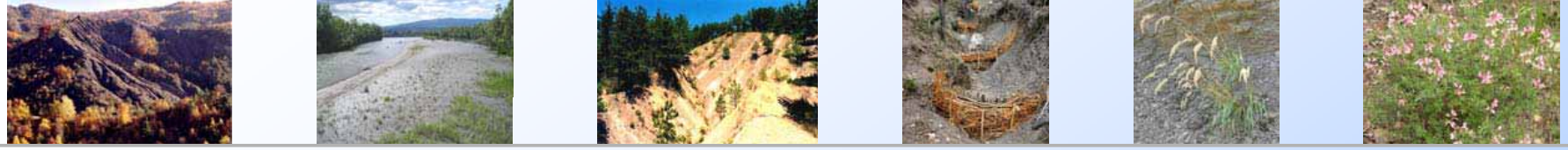
	Érable	Bugrane	Argousier	Pin	Acacia
Survie ensevelissement total	40 %	0	0	0	0
Hauteur	→	↘	↘	→	→
MF aérien	↗	↘	↘	→	→
MF racines	→	↘	↘	↘	↘

Résultats

Prévision de la résistance à l'ensevelissement

Relation entre le contenu en sucres solubles dans les tiges et la réponse à l'ensevelissement?





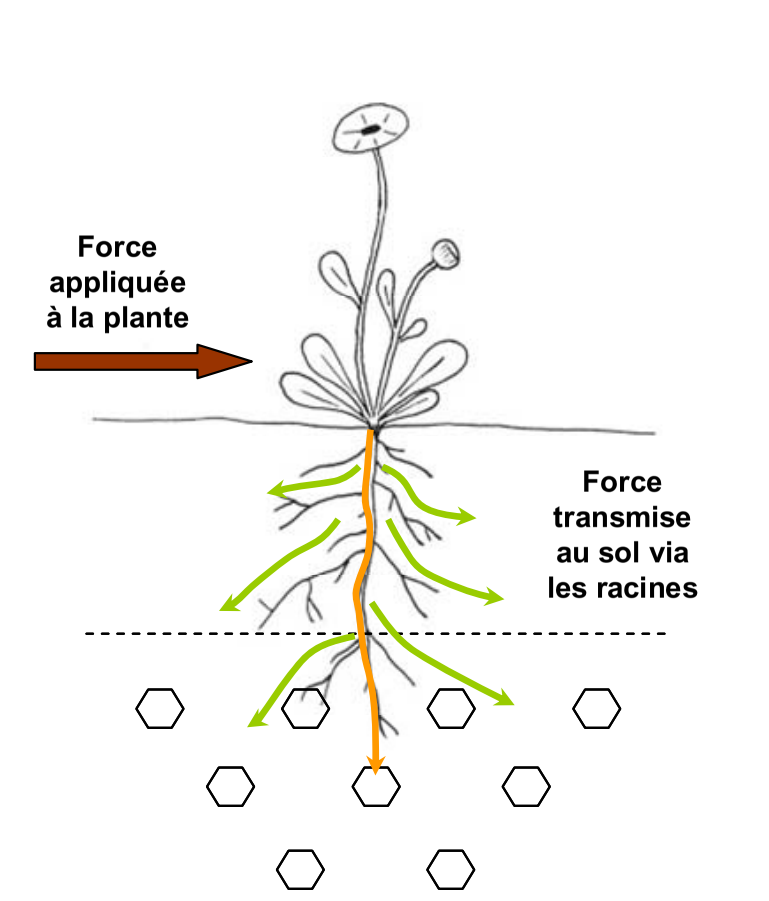
Discussion et conclusion

Résistance au déracinement

• Résistance corrélée à deux traits:

- LR_1/D => ancrage rapide de la plante en profondeur

- % de racines fines => ancrage latéral



• Conforme aux résultats disponibles dans la littérature

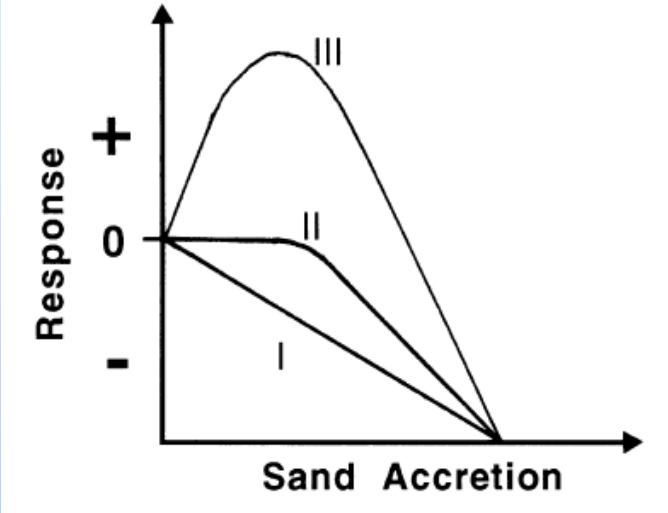
⇒ Lien avec la taille du système racinaire (Schutten *et al.*, 2005; Dupuy *et al.*, 2005)

⇒ Rôle des racines latérales (Bailey et al., 2002; Stokes *et al.*, 1996)

Résistance à l'ensevelissement

3 types de réponse à l'ensevelissement mis en évidence

Conforme aux résultats existants



D'après Maun, 1998

- Corrélée (tendance) au contenu en sucres solubles dans les tiges
- Confirmation de l'hypothèse d'une relation entre la quantité d'énergie stockée dans les organes de réserve et la résistance à l'ensevelissement

(Maun, 1998; Perumal and Maun, 2006)

Mesures toujours en cours…

Prévoir la résistance des plantes aux contraintes érosives

Implications techniques

• Portrait de l'espèce « idéale » pour résister aux contraintes érosives

Résistance au déracinement: Biomasse racinaire importante répartie entre un long pivot et beaucoup de racines latérales

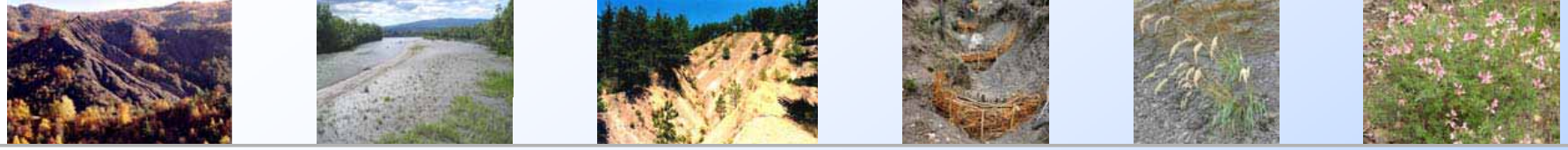
Ex.: Bugrane et Buis

• Critère supplémentaire dans le choix des espèces à planter

Implications scientifiques

• Utiliser ces résultats pour une modélisation de l'évolution de la végétation au cours du temps dans les ravines restaurées

• Préciser les seuils de la balance dynamique végétale/dynamique érosive (biorhéxistasie)



Merci de votre attention …






Références bibliographiques citées

Bailey, P.H.J., Currey, J.D., & Fitter, A.H. (2002) The role of root system architecture and root hairs in promoting anchorage against uprooting forces in Allium cepa and root mutants of Arabidopsis thaliana. *Journal of Experimental Botany*, **53**, 333-340.

Dupuy, L., Fourcaud, T., & Stokes, A. (2005) A numerical investigation into factors affecting the anchorage of roots in tension. *European Journal of Soil Science*, **56**, 319-327.

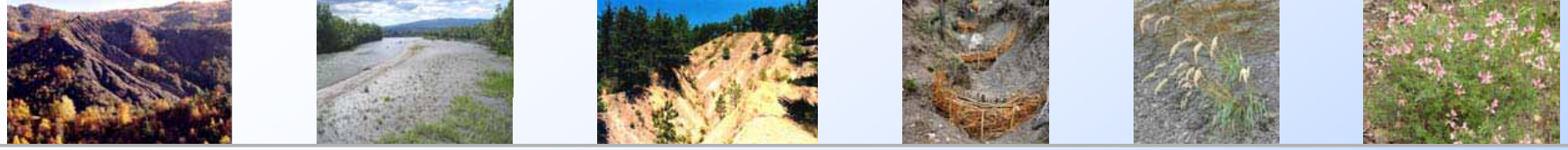
Lavorel, S., S. Diaz, J.H.C. Cornelissen, E. Garnier, *et al*. (2005) Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail?. *in* L. F. P. D. P. J. Canadell, editor. Terrestrial Ecosystems in a Changing World. Springer-Verlag (in press).

Maun, M.A. (1998) Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany*, **76**, 713-738.

Perumal, V.J. & Maun, M.A. (2006) Ecophysiological response of dune species to experimental burial under field and controlled conditions. *Plant Ecology*, **184**, 89-104.

Schutten, J., Dainty, J., & Davy, A.J. (2005) Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. *Journal of Ecology*, **93**, 556-571.

Stokes, A., Ball, J., Fitter, A.H., Brain, P., & Coutts, M.P. (1996) An Experimental Investigation of the Resistance of Model Root Systems to Uprooting. *Annals of Botany*, **78**, 415-421.



Prévoir la résistance des plantes aux contraintes érosives dans les milieux érodés de montagne à l'aide des traits fonctionnels

Mélanie BURYLO

Cemagref

Cluster Environnement – 28 janvier 2008

Impacts de la dynamique sédimentaire sur la végétation terrestre en plaine alluviale, variabilité spatiale et interaction d'échelles

Simon Dufour
Aix Marseille Université, CEREGE CNRS UMR 6635

H. Piégay (CNRS EVS)
J. Stella (SUNY, Syracuse)
M. Hayden et J. Battles (Berkeley University)

Introduction

Impact de la dynamique fluviale sur la végétation riveraine

- Evolution contemporaine des paysages fluviaux
- Connexion hydro-sédimentaire, effet sur la structure des communautés

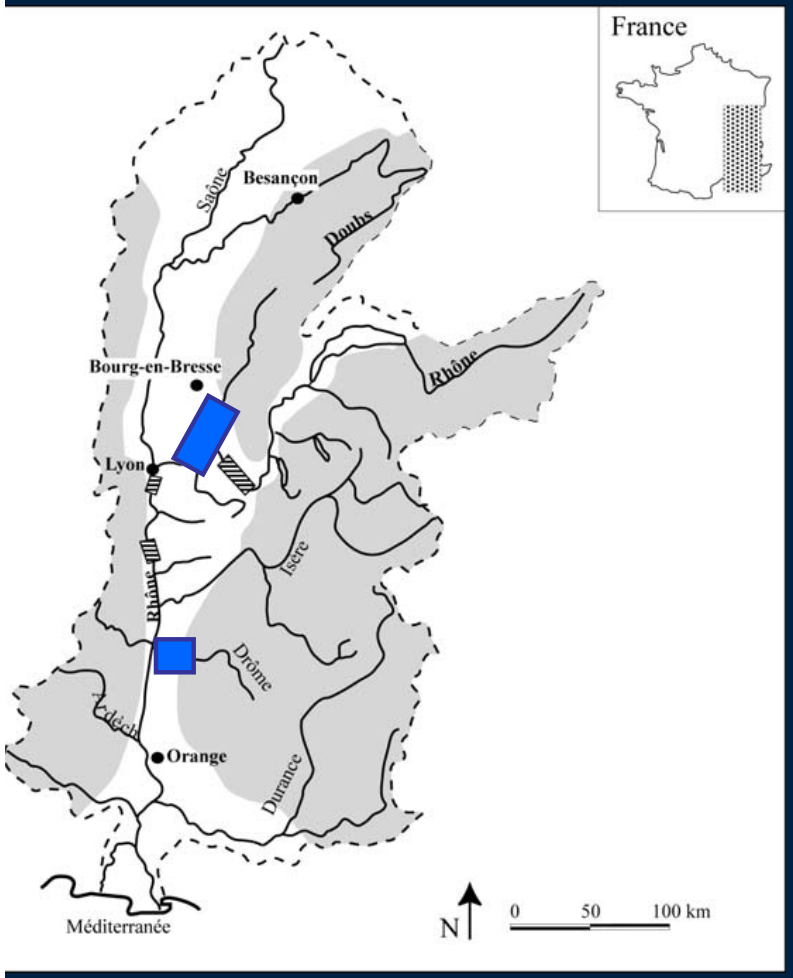
Au temps "t" => différences de conditions écologiques (perturbation, alimentation en eau…) en fonction de sa position

1. Position est liée à l'ajustement de la géométrie du chenal
2. Impact sur les communautés riveraines

Introduction

2 stades successionnels et 2 contextes différents :

Sur l'Ain : effet de l'incision



Sur la Drôme : effet de l'endiguement

Clichés : Dufour, CNRS et JM Faton

Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

Végétation

Quadrats de 2 x 2 m

Relevés floristiques

Mesure des diamètres des arbres

nombre de quadrats	Mobilité verticale	
	incision	exhaussement
	freq. faible	freq. élevée
Distance au chenal > 40 m int. faible	20	20
Distance au chenal < 40 m int. élevée	16	24

Hydrologie, sédimentation

Topographie (altitude des sites)

Suivi des hauteurs d'eau

Sédimentation

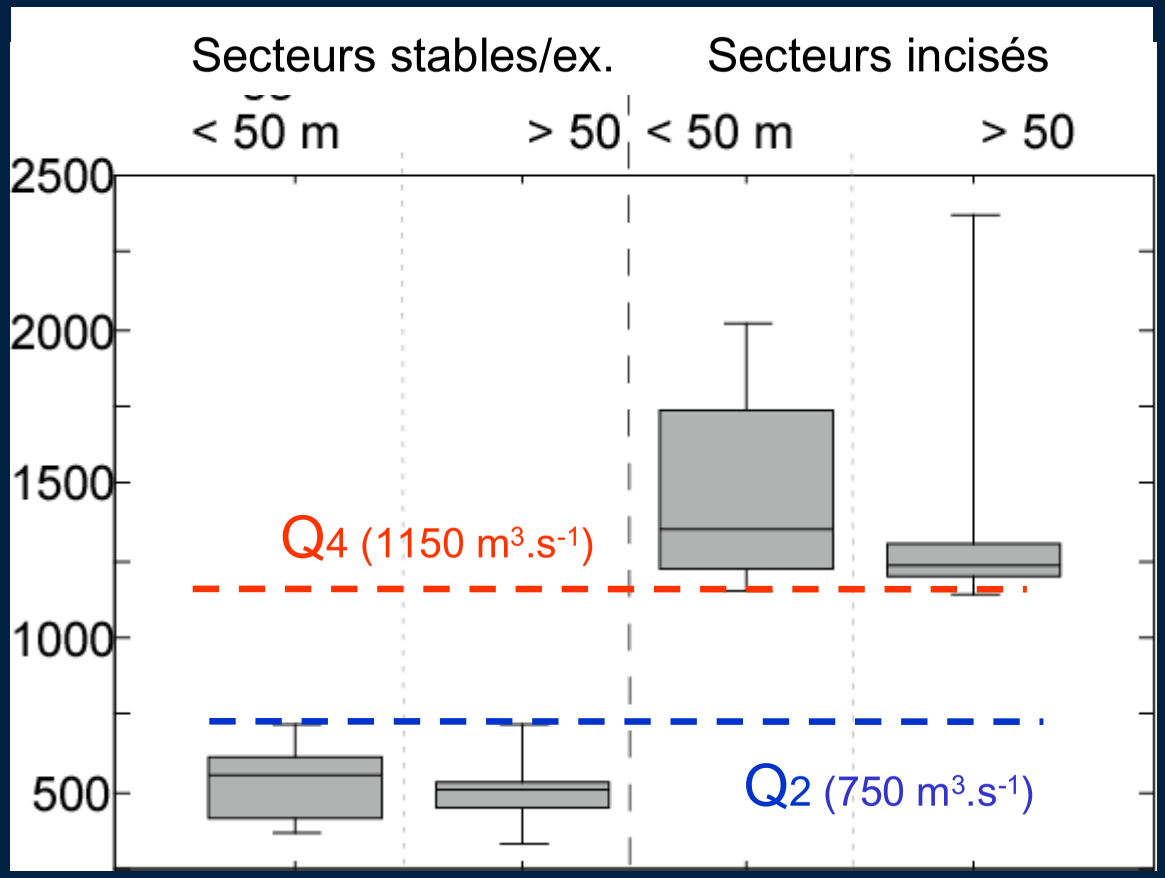
Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

La mobilité verticale du lit

=> modifie l'altitude relative des formes…

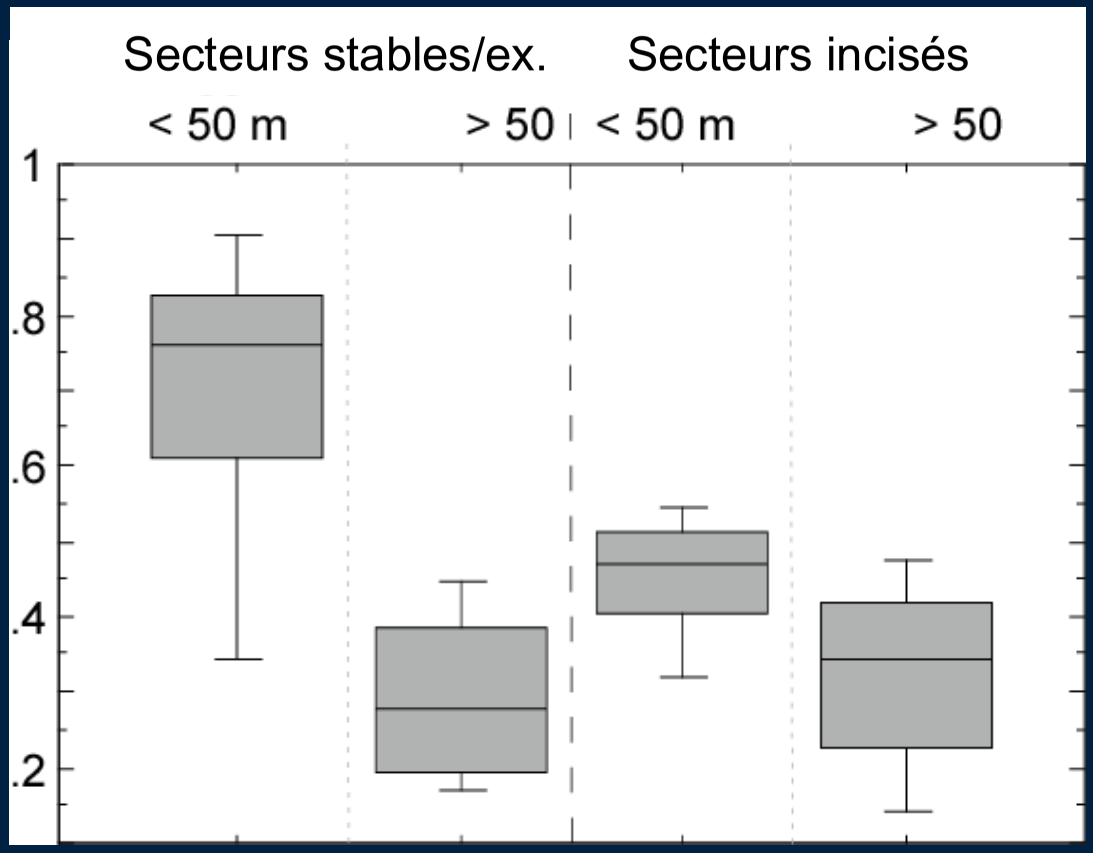
=> …et donc leur fréquence de connexion

Q connexion ($m^3.s^{-1}$)

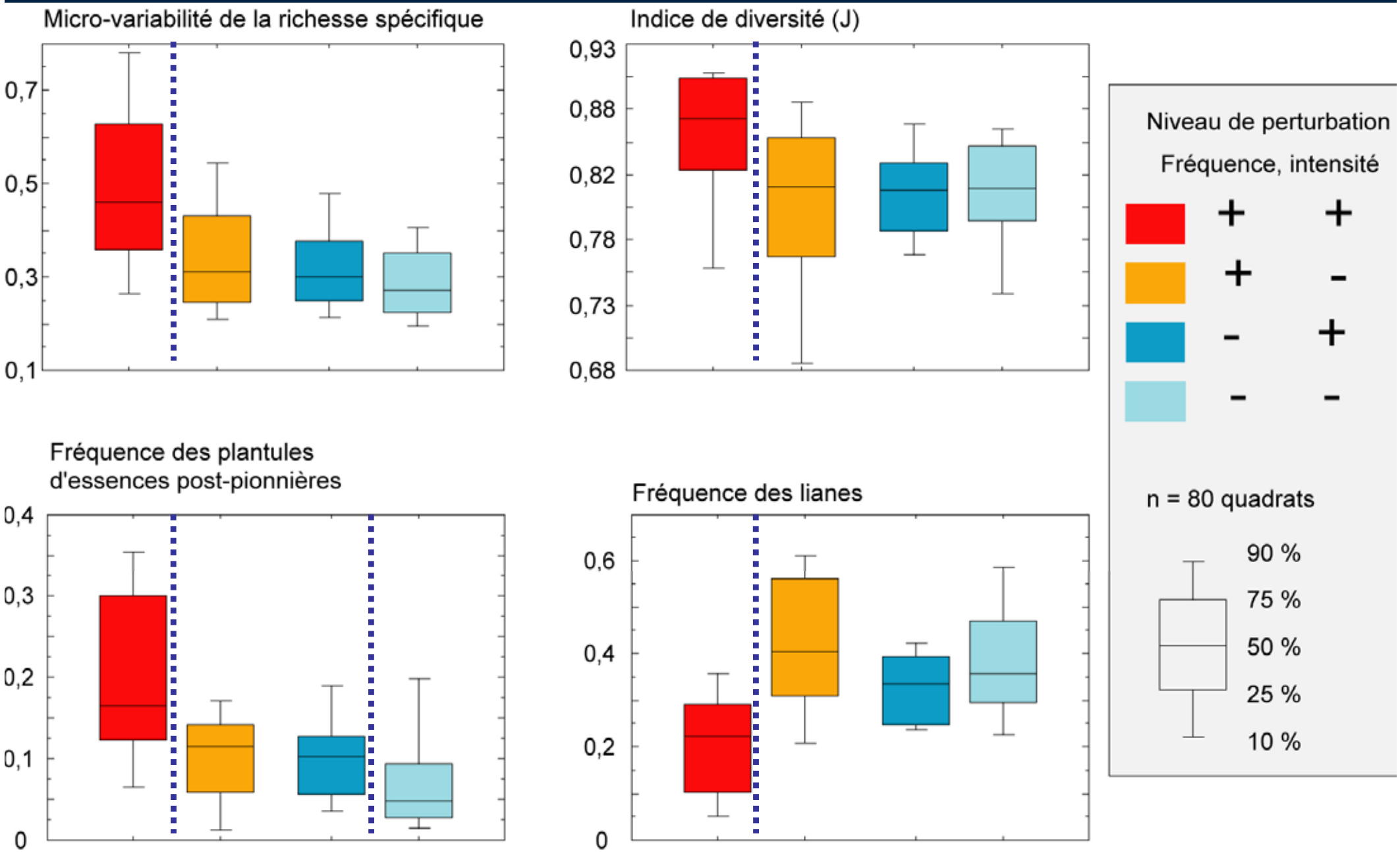


Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

Taille des sédiments apportés pas les crues (% de sables)

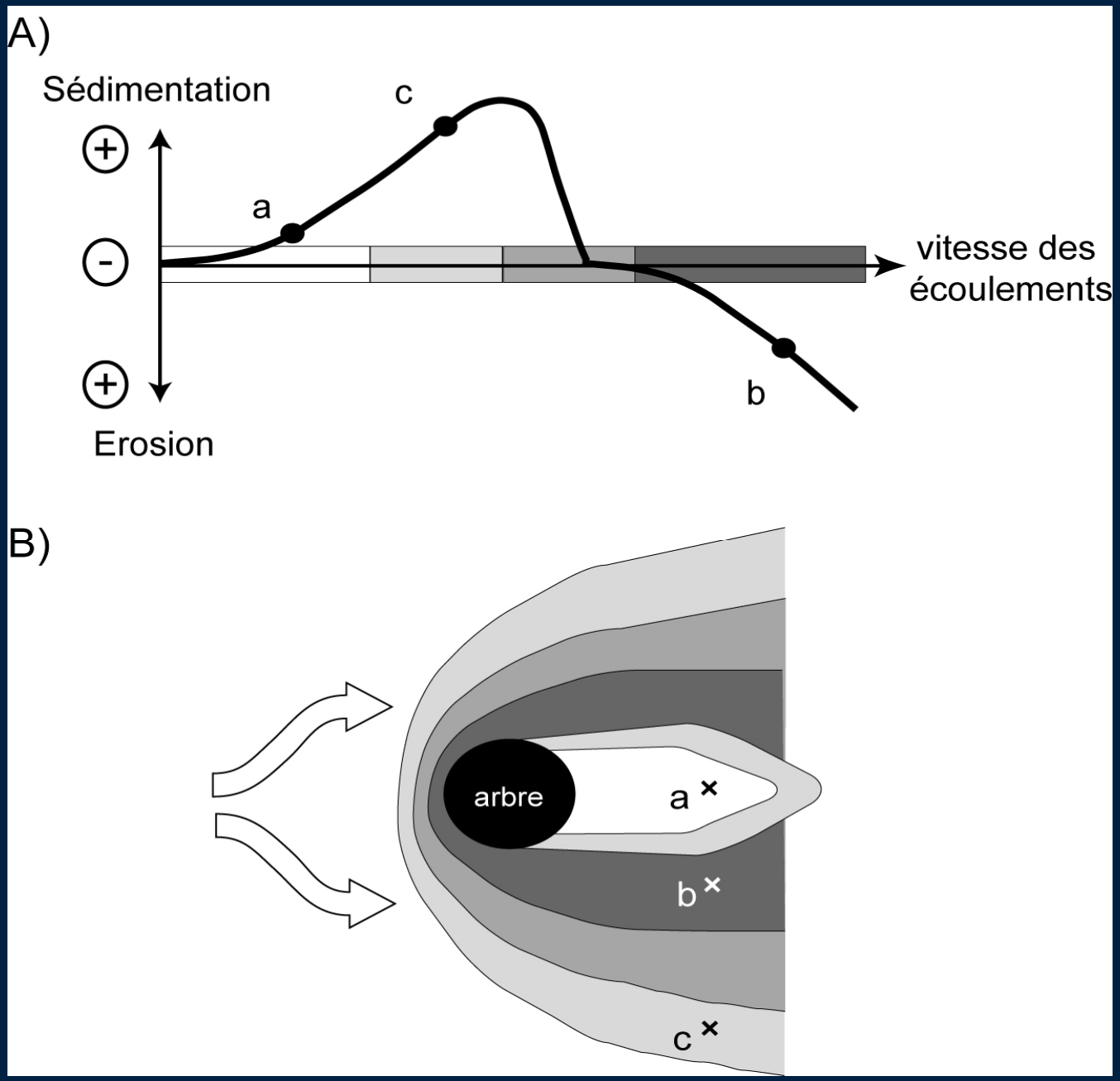


Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)



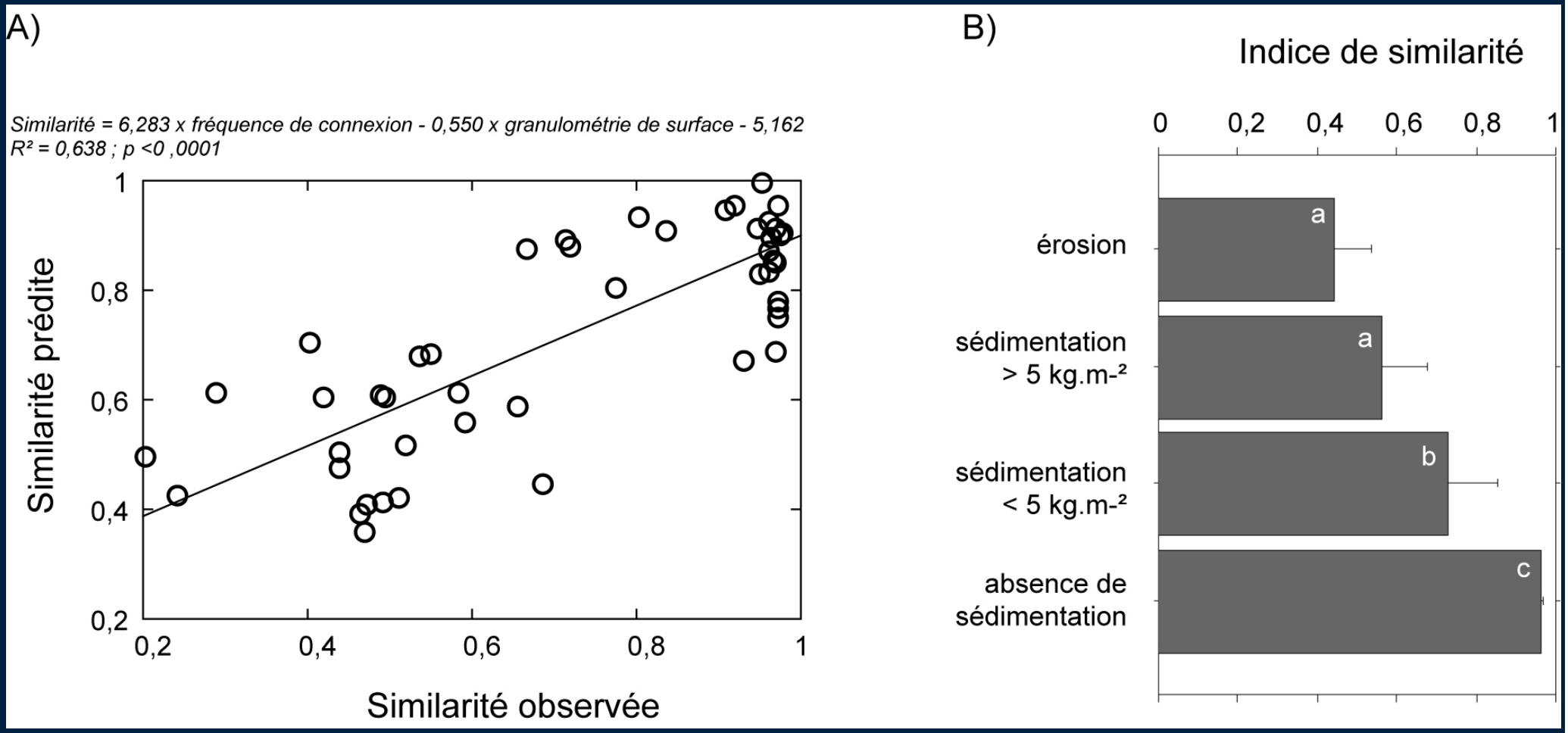
Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

Forte variabilité spatiale des conditions dans les sites les plus perturbés



Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

Effet d'un événement de crue



Sur la Drôme : effet de l'endiguement (Dufour et al., 2007)

Secteur endigué

Secteur en tresses

Cliché CNRS

Embankment

Hydraulic conditions at reach scale

Hydrological connection (water level)

Channel geometry (patch elevation)

Sedimentation (grain size, thickness)

Patch geometry (size)

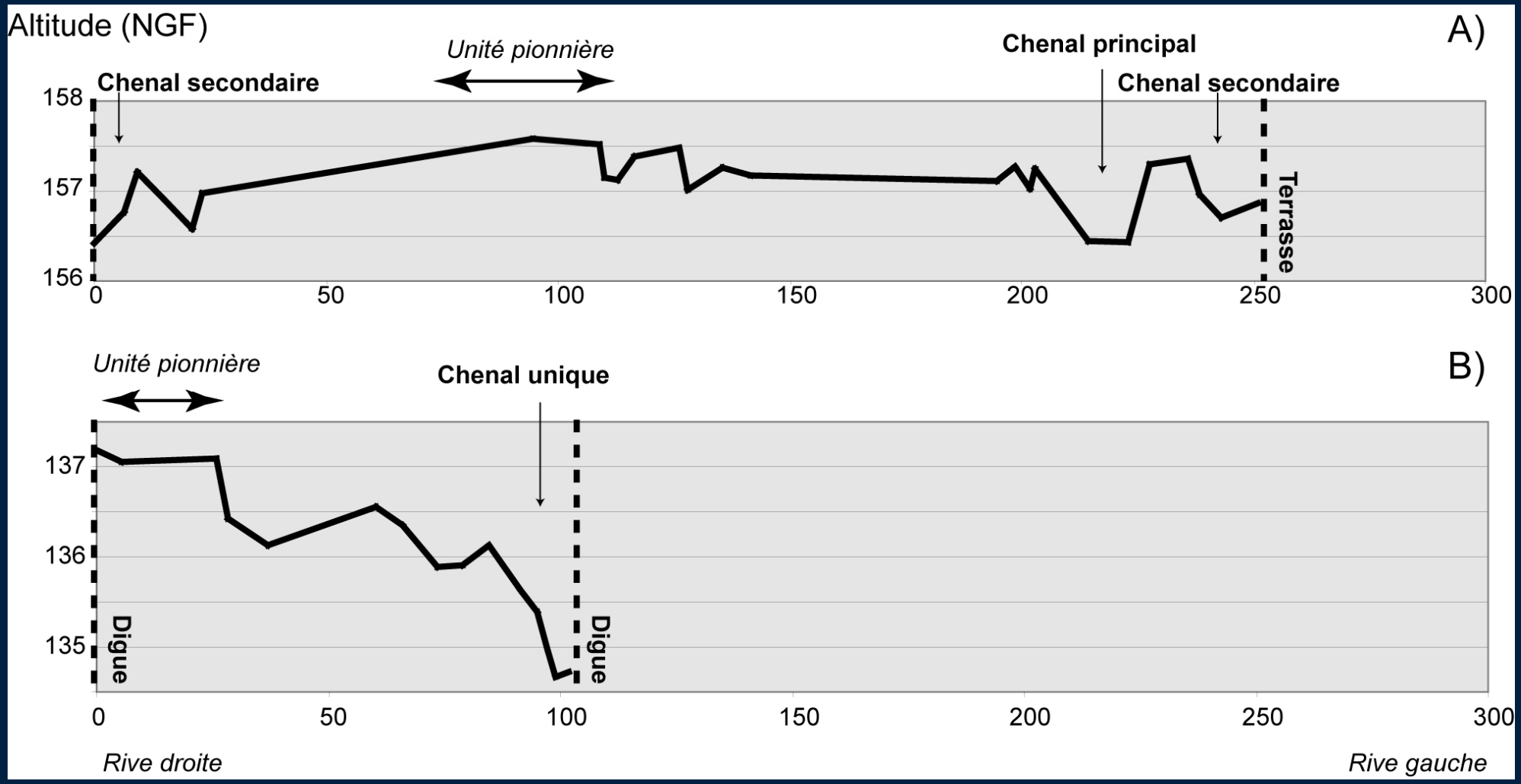
Water availability

Disturbance intensity

Within patch variability (light, disturbance, water...)

Pioneer vegetation (composition, diversity, growth)

Sur la Drôme : effet de l'endiguement (Dufour et al., 2007)



Sur la Drôme : effet de l'endiguement (Dufour et al., 2007)

Perturbation, alimentation en eau

Tronçon endigué

Embankment → *Hydraulic conditions at reach scale*	Hydrological connection (water level)	À débit équivalent, hauteur d'eau plus importante (35 %)
	Channel geometry (patch elevation)	Unités pionnières plus hautes (+ 50 %)
	Sedimentation (grain size, thickness)	Taux de sédimentation plus faible (- 166 %) granulométrie plus grossière (+ 10 %)
	Patch geometry (size)	Iles plus petits (- 200 %)

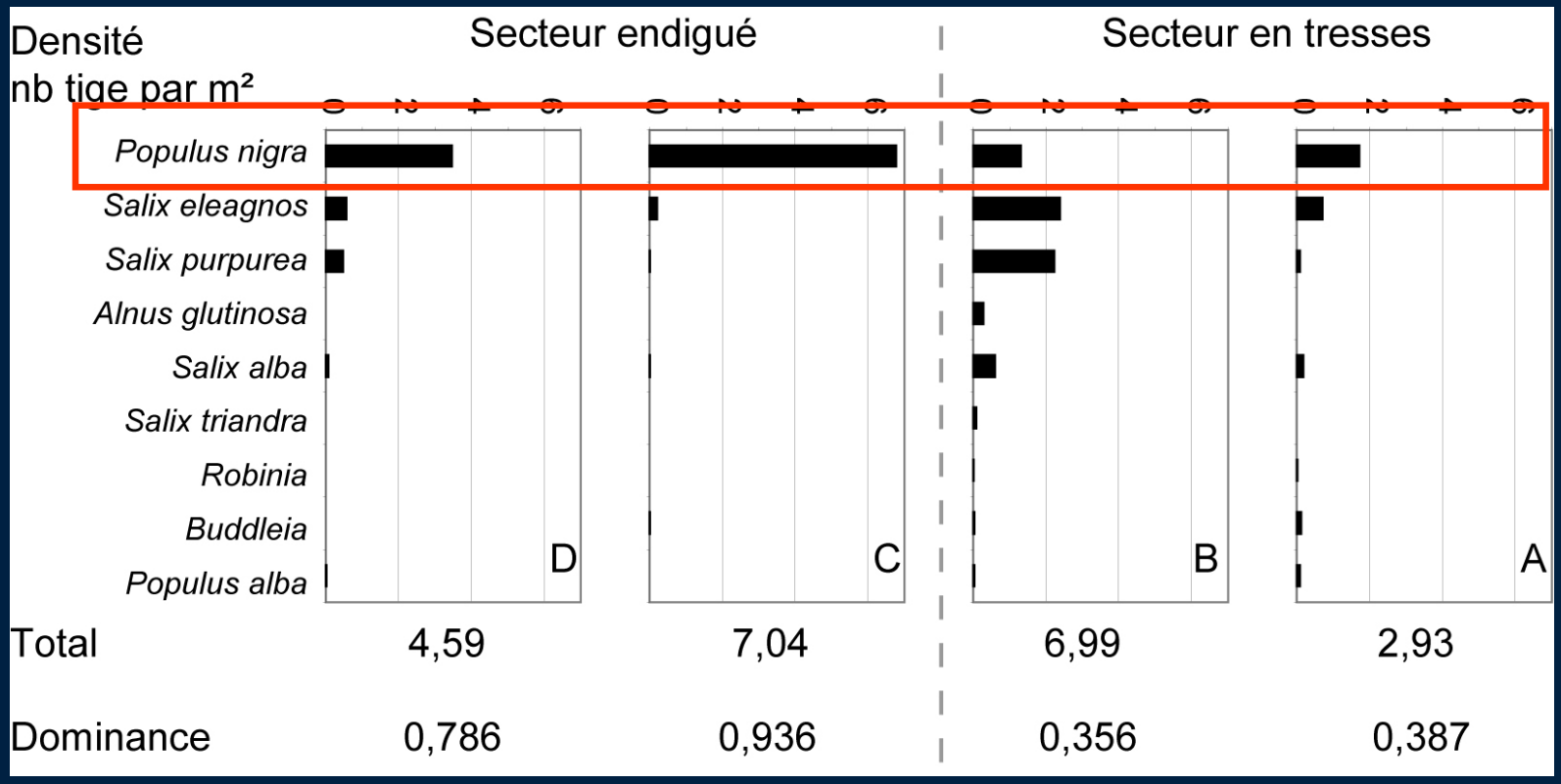
Effet taille / variabilité

Sur la Drôme : effet de l'endiguement (Dufour et al., 2007)

Perturbation, alimentation en eau

Tronçon endigué

- Diminution de la density et de la croissance des *Salix spp.*
- Plus fort recrutement de *Populus nigra,* plus forte densité (+ 200 %) et croissance (+ 80 %)

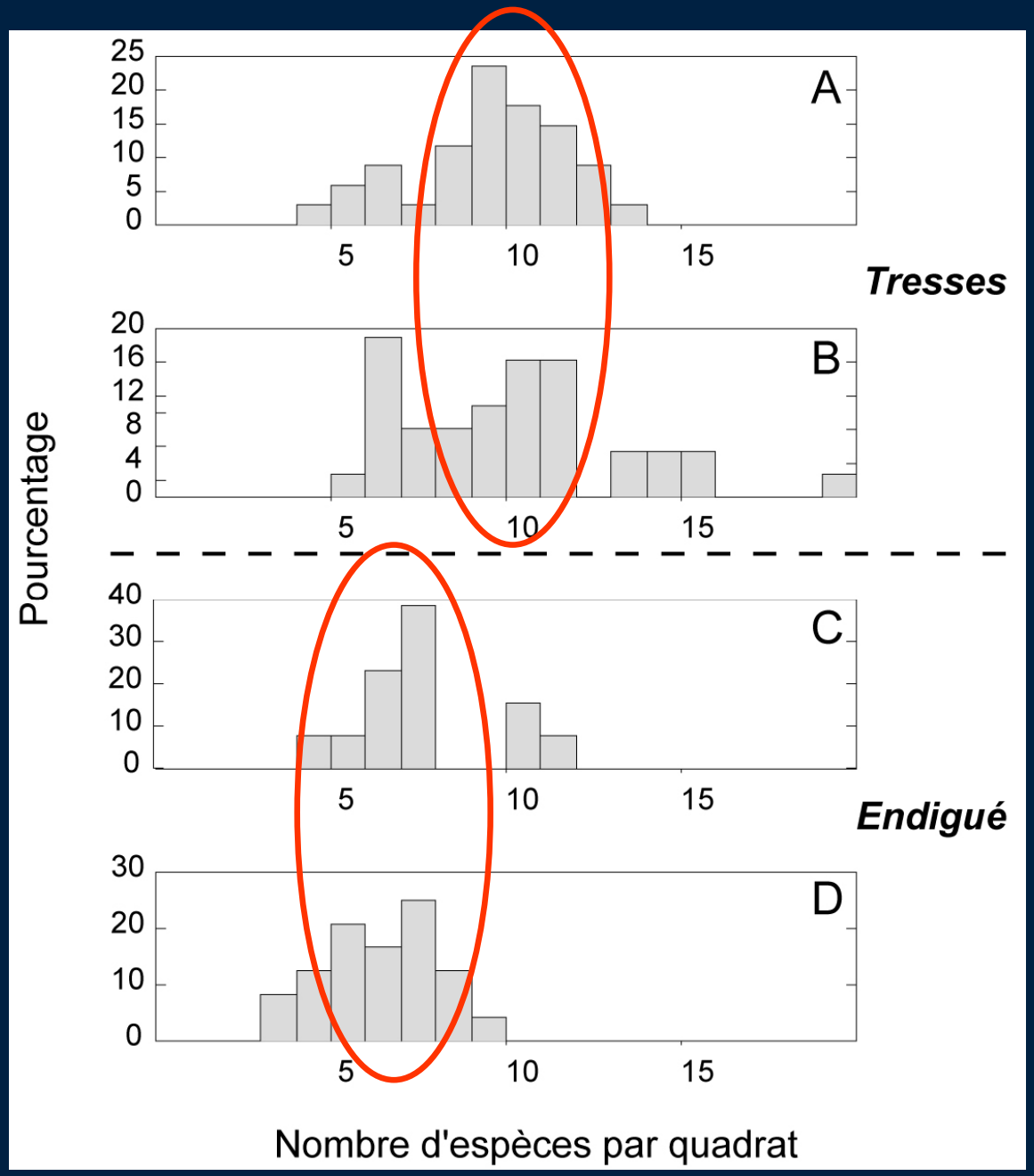


Sur la Drôme : effet de l'endiguement (Dufour et al., 2007)

Effet taille / variabilité

Tronçon endigué

- Variabilité intra-patch plus faible des conditions physiques et floristiques
- Richesse spécifique et diversité plus faible (- 50 %)



Conclusions (1/3)

- Niveau de connexion hydrologique mais aussi sédimentaire des formes fluviales colonisées
- Variabilité intraforme

Conclusions (2/3)

- Evolution de ce niveau de connexion en réponse à l'évolution de tronçon
- Patron spatial variable dans le temps

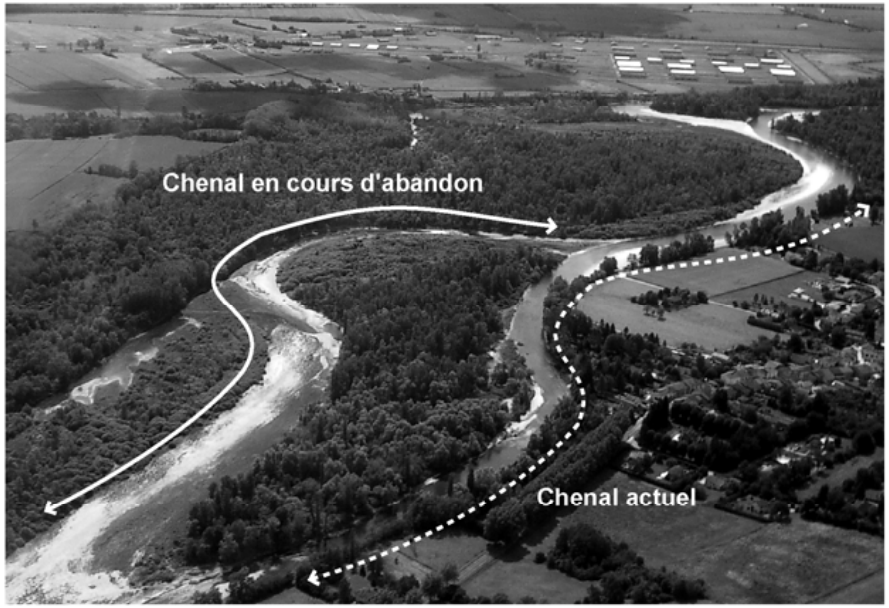
Conclusions (3/3)

- Impact sur le recrutement et la composition de la strate haute
- Quantification au niveau de l'espèce (notion de seuil, de résistance)
- Dans les milieux pionniers => lien avec la structure génétique, rôle du bois
- Intégrer les rétroactions

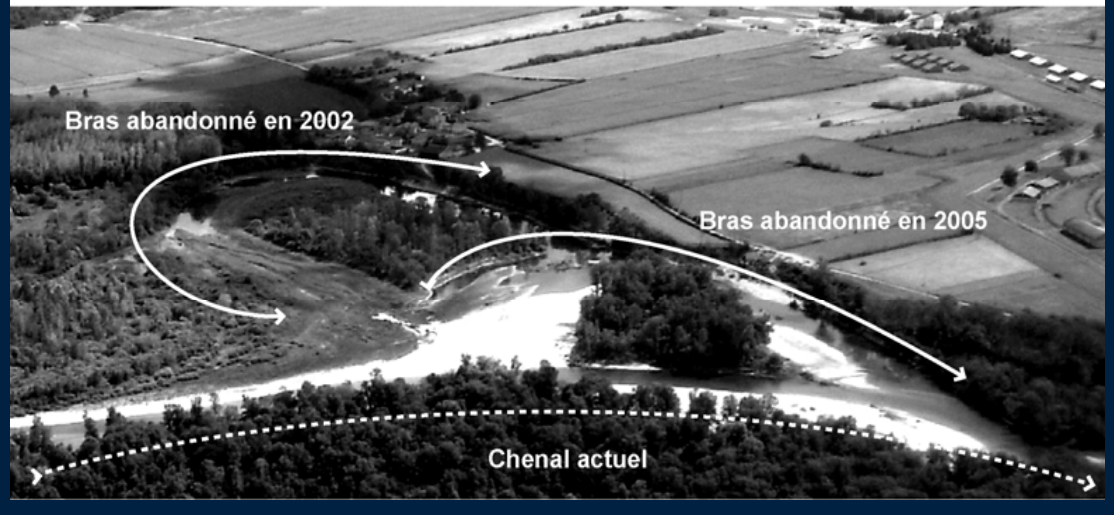
- Comparaison des bords de bras morts entre differents contextes (notamment sédimentaires) et avec d'autres milieux


Perspectives

A) A l'aval du pont de Gévrieux



B) Au droit de Martinaz



Perspectives

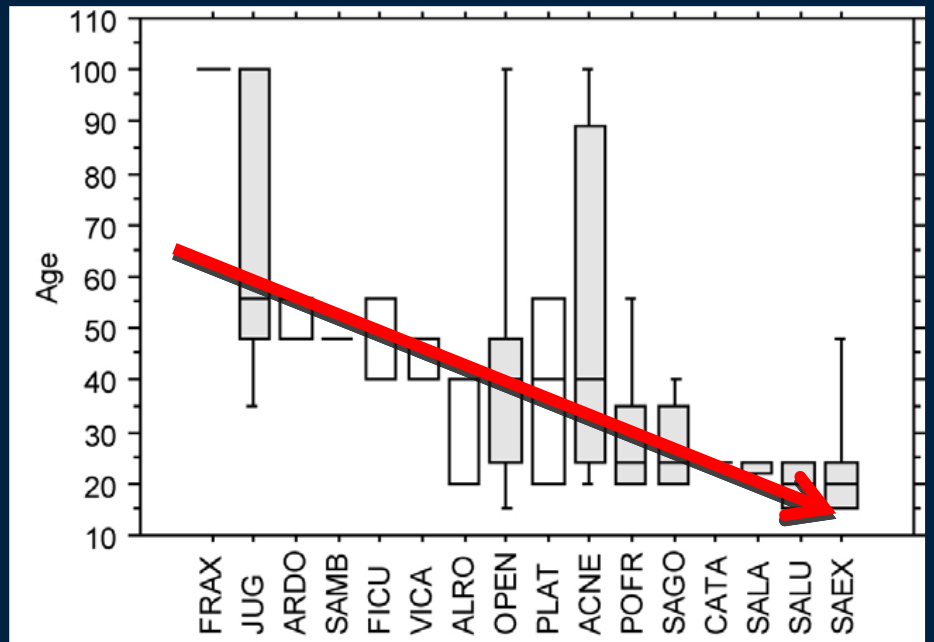
Marges des anciens chenaux :
strate basse (composition, diversité, traits biologiques…) ⇔ *âge du bras, position spatial, nature strate haute…*

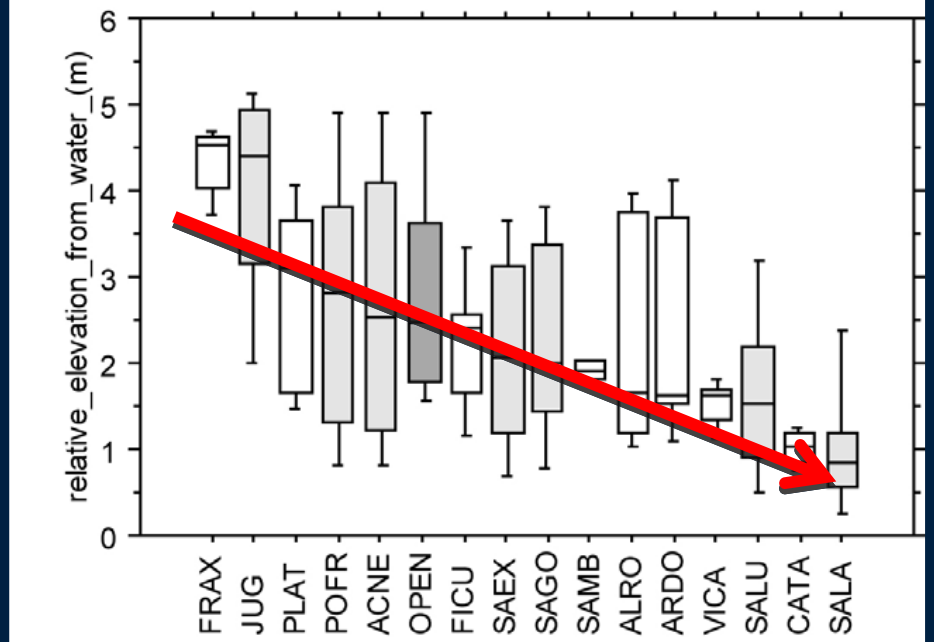
- 9 bras morts 15 à + 100 ans
- 3 transects (amont, médian, aval)
- Topographie, fréquence de connexion,
- Sédimentation
- nature de canopée
- strate basse : 10 quadrats (= 270),

recouvrement des espèces

Perspectives

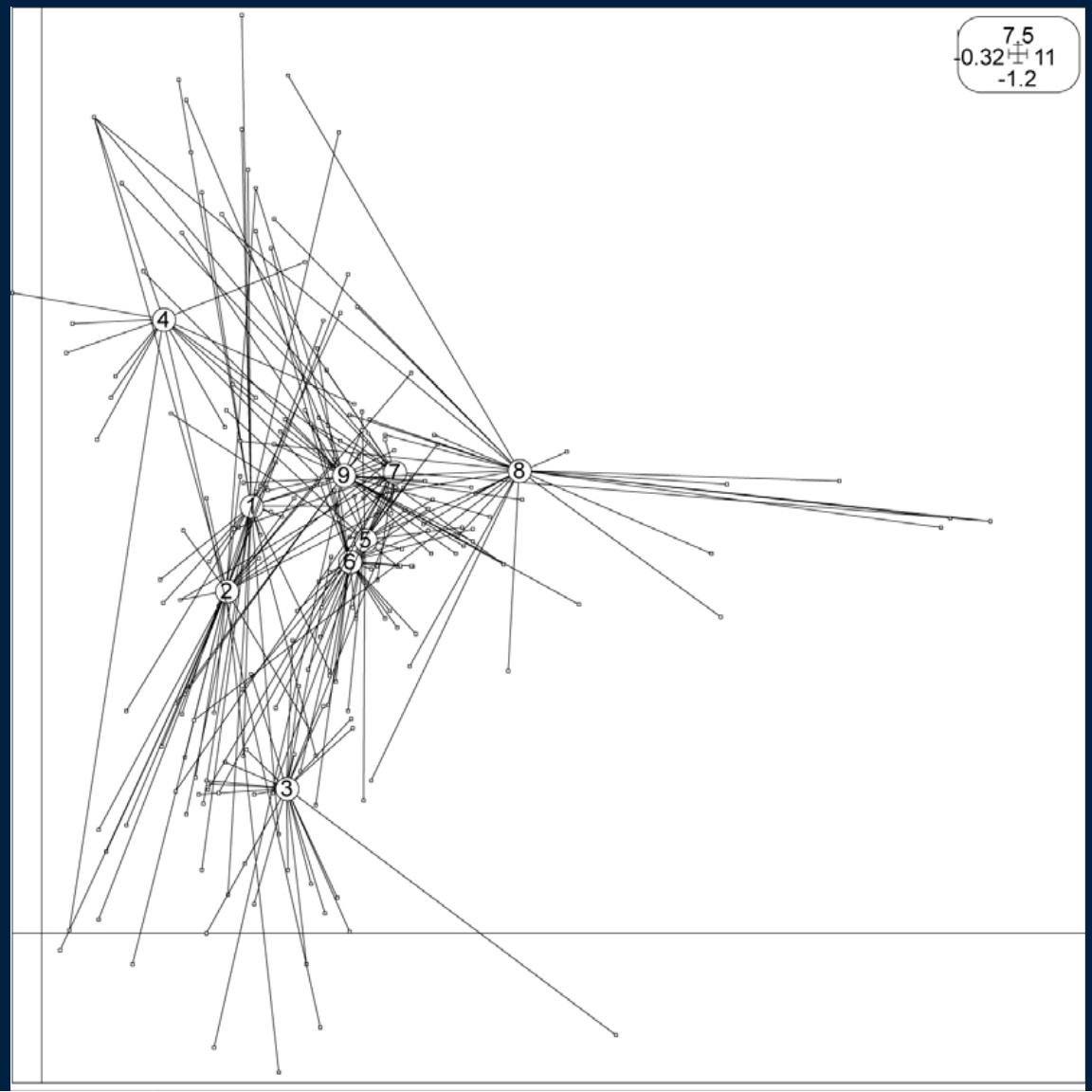
Structuration des espèces de la canopée





Perspectives

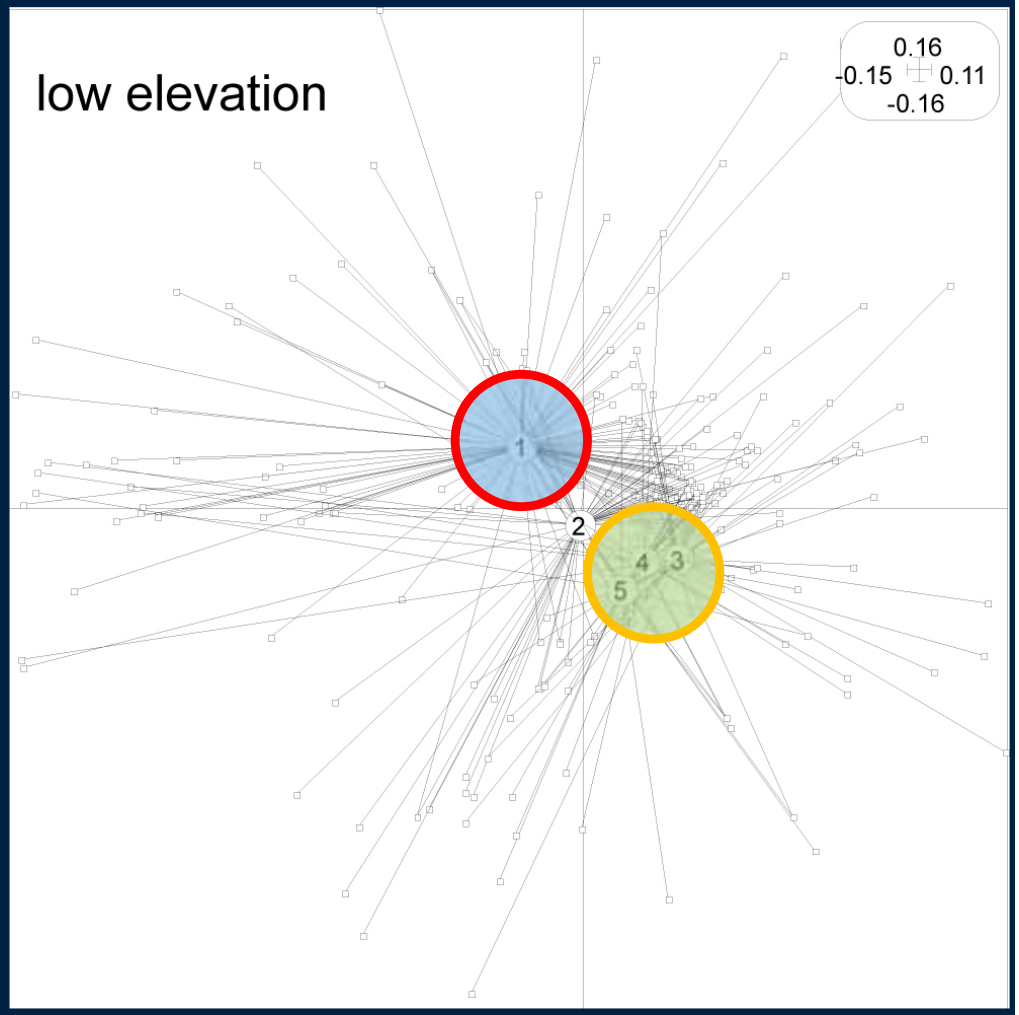
Structuration des espèces de la strate basse



Absence de structure liée à l'âge
(Analyse DCA, Axes 1 et 2)

Perspectives

Faible structure liée à la position topographique
(Analyse DCA, Axes 1 et 2)



Perspectives

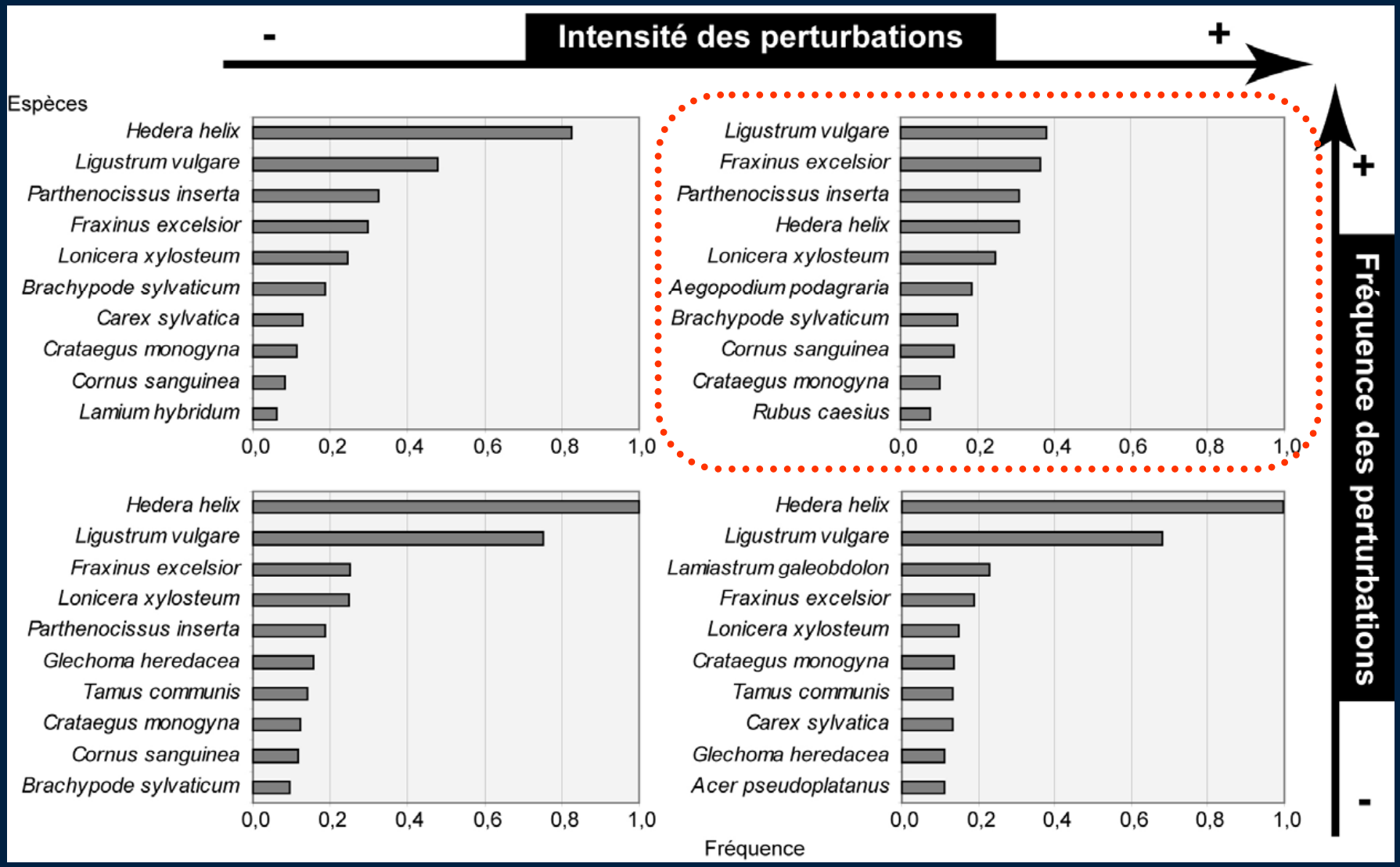
Marges des anciens chenaux :
Etablissement et croissance du peuplier (,sites de régénération, production de graines)

- Baisse des possibilité de régénération sur les bancs
- Protection de berges, modification des conditions hydrologiques
- Est-ce identique les marges des anciens chenaux?

Merci de votre attention

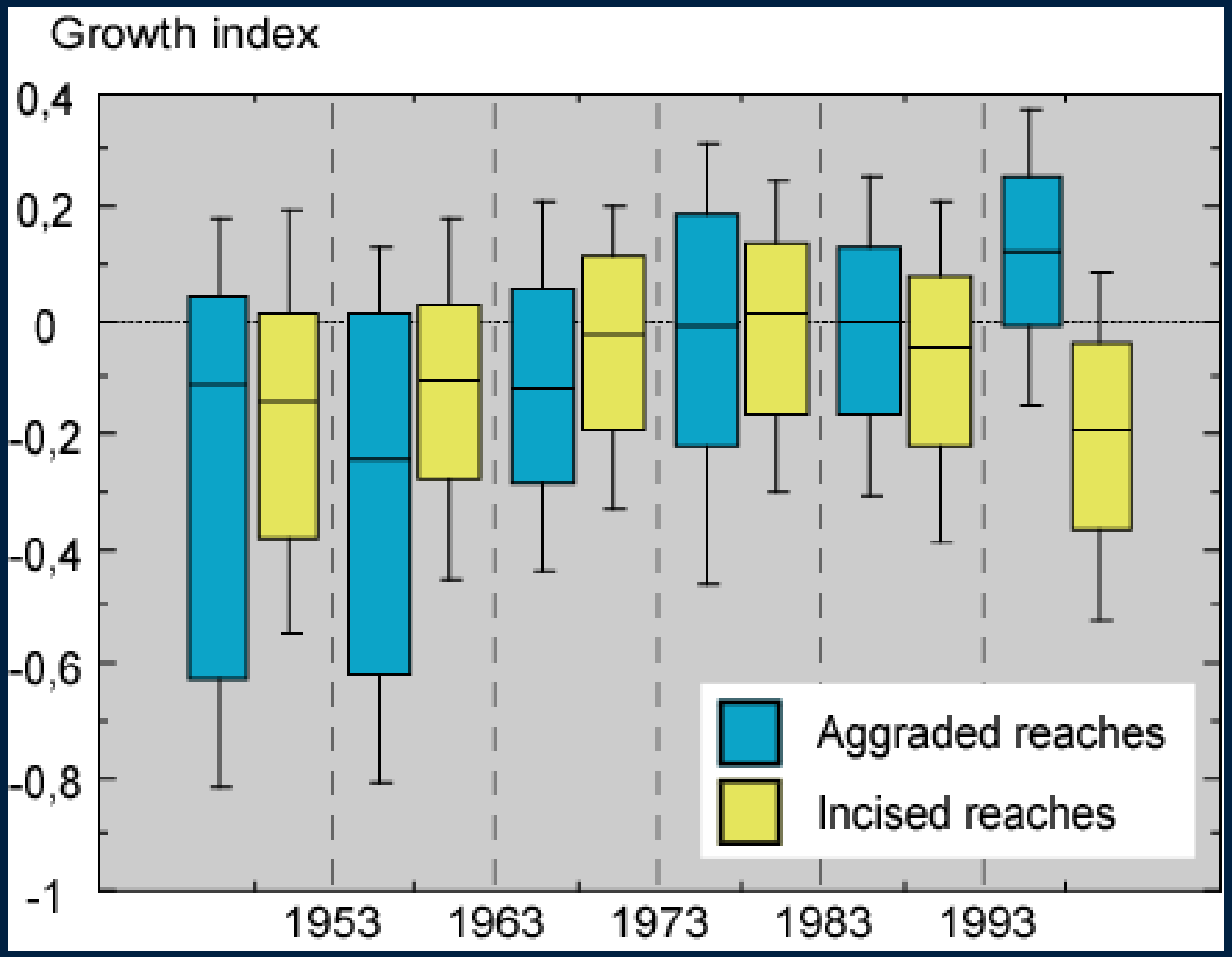
Financements : ONF, CNRS , Agence de l'Eau RMC, université de Lyon

Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

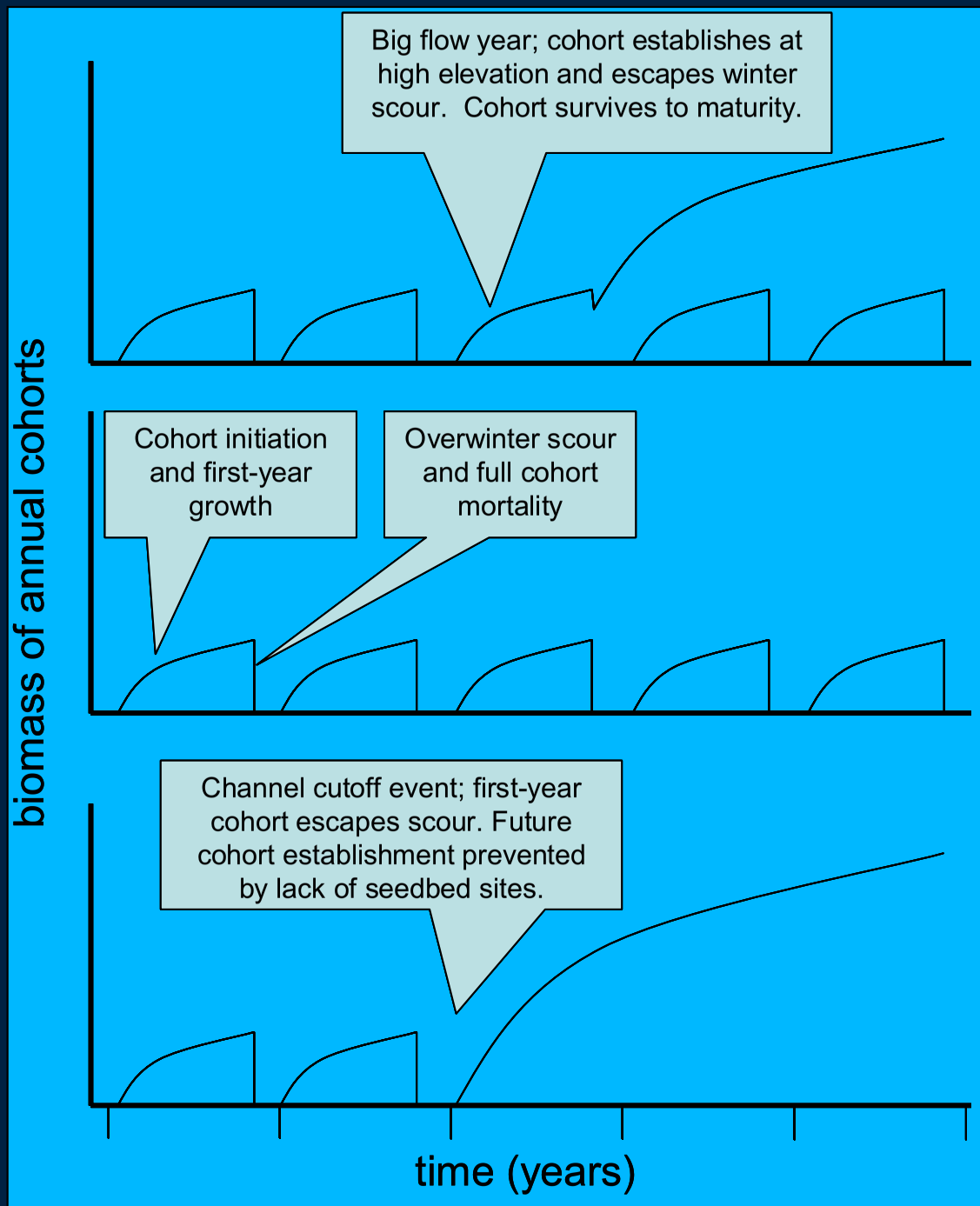


Sur l'Ain : effet de l'incision (Dufour et Piégay, sous presses ; Dufour et Piégay, in prep)

Effet sur la croissance du Frêne



Perspectives



Serial Cohort Recruitment
- typical of natural rivers or regulated ones with periodic spring floods
- seedlings initiate at active channel margin
- channel migration protects cohorts over time
- 'recruitment box' dynamics

Failed recruitment
- typical of regulated rivers with no high flows in spring
- seedlings initiate at low elevation at the active channel margin
- scour/inundation from winter flows results in full mortality

'Last Chance' Recruitment
- typical of rivers with periodic avulsion
- seedlings initiate at low elevation at the former channel margin
- scour disturbance regime is eliminated, so seedling survive
- vigorous vegetative growth at former channel margin
- lack of bare seedbeds prevent initiation in future years

Séminaire Cluster environnement Thème 4
Interactions végétation contraintes physiques
Saint-Martin-d'Hères, 28-29 janvier 2008

Réponses géomorphologiques aux modifications de la couverture végétale dans les systèmes fluviaux de montagne

Frédéric Liébault
Cemagref Grenoble
UR ETNA (Erosion torrentielle, neige et avalanches)

Impact géomorphologique du déboisement

La Drôme à Saillans en 1883 (Landon 1999)

Erosion accélérée sur les versants

Aggradation des lits fluviaux

Amplification du tressage

Waiapu, Nouvelle Zélande

Incision des rivières alpines

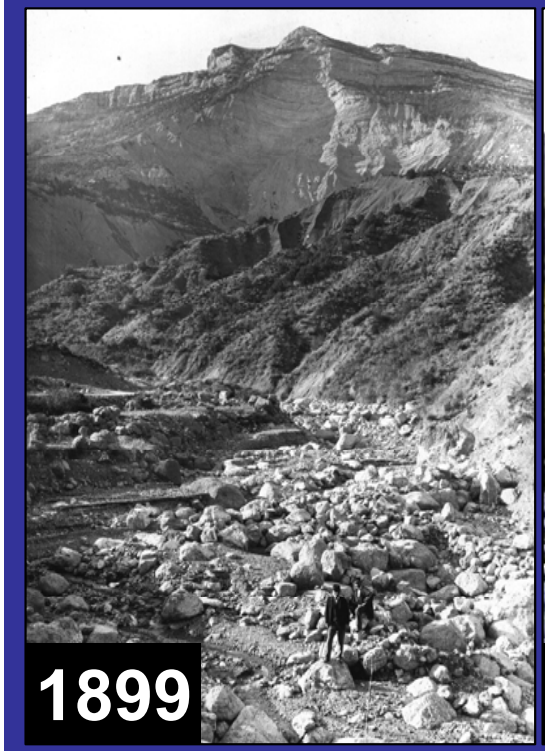
Exhumation du substratum

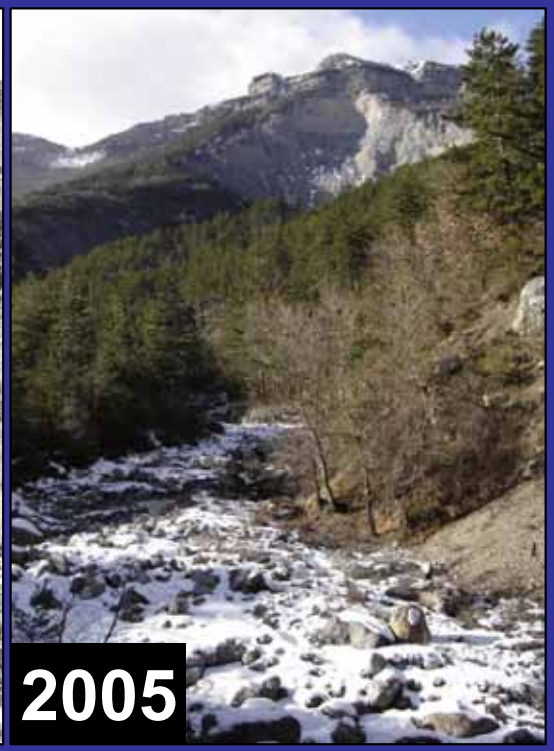
Affouillement des seuils

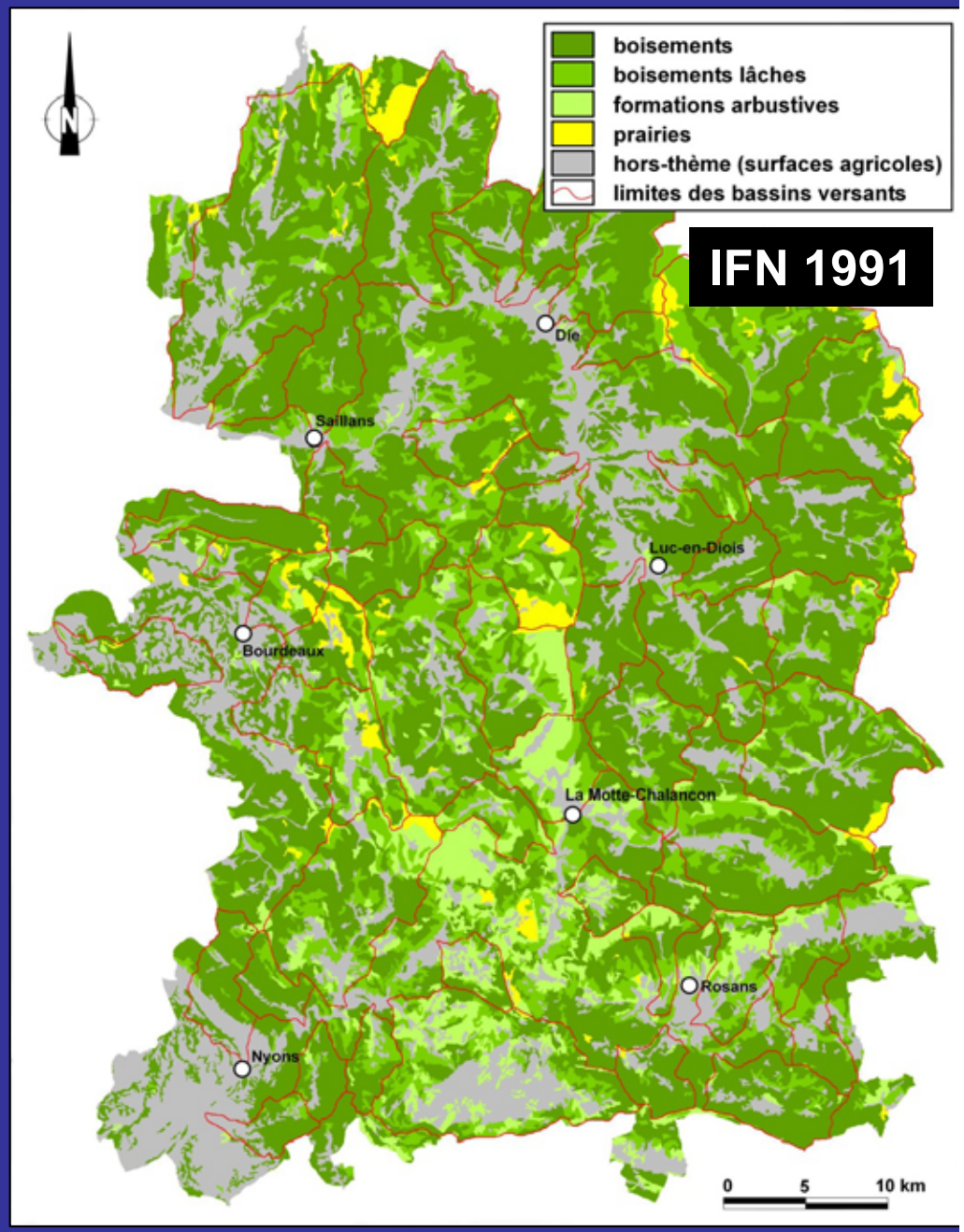
Déstabilisation des ponts

Dépérissement des forêts riveraines

La reconquête forestière: quel impact géomorphologique?



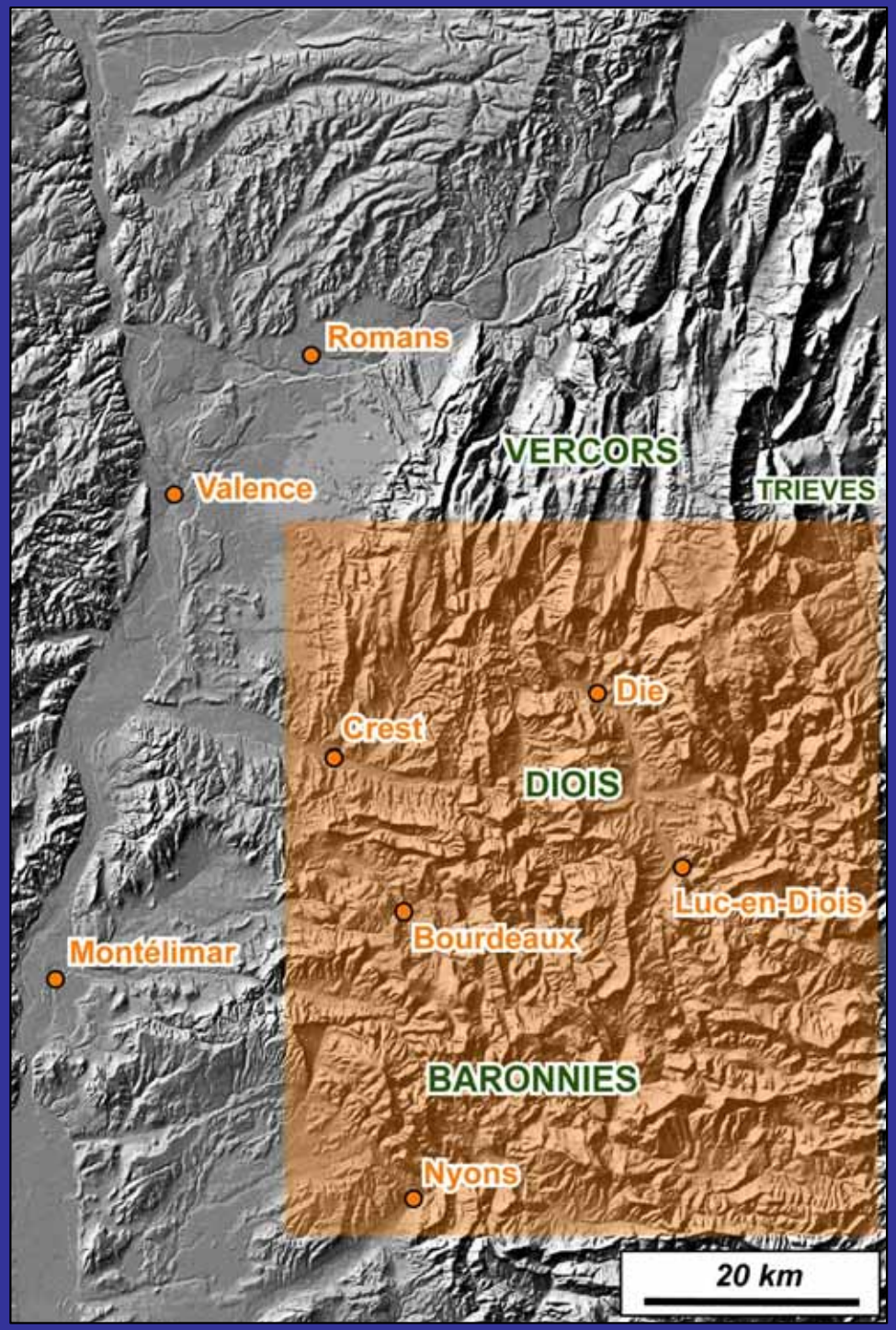


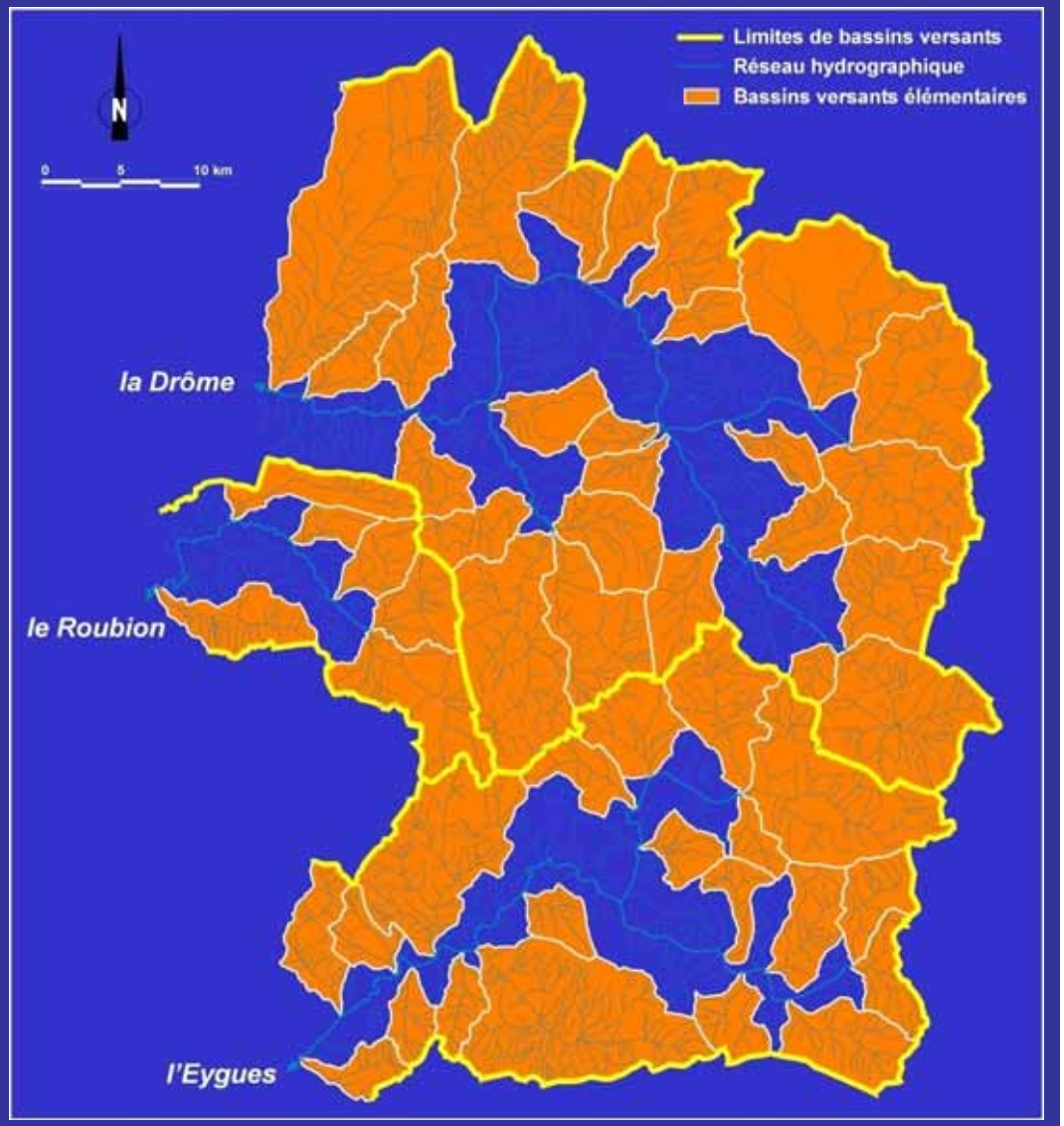


Reboisements RTM et correction torrentielle

Reconquête forestière spontanée (déprise rurale): 80% des gains forestiers dans les montagnes drômoises depuis 1830

La torrentialité dans les montagnes drômoises

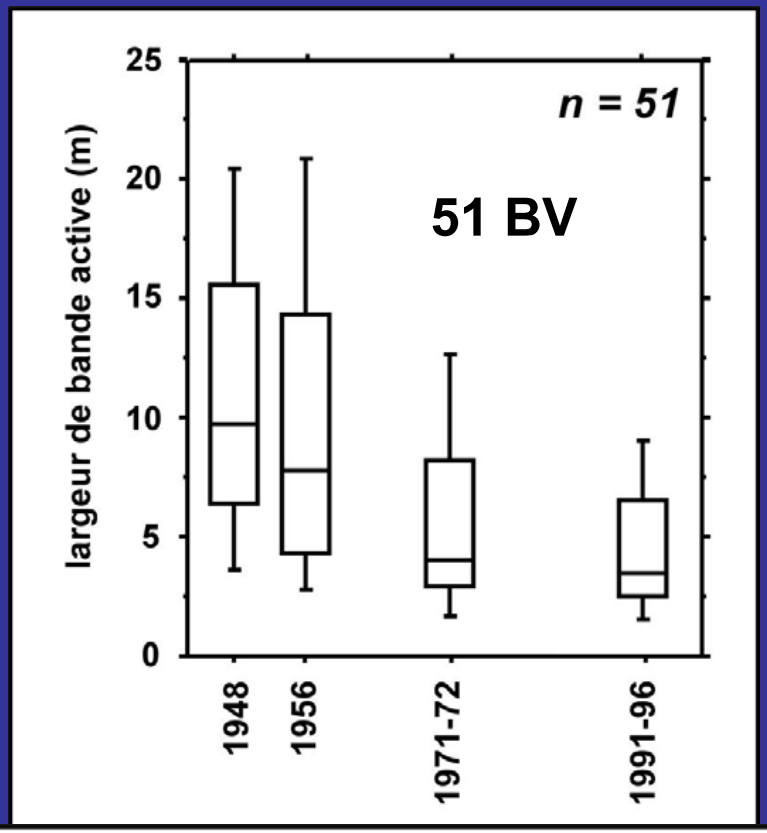


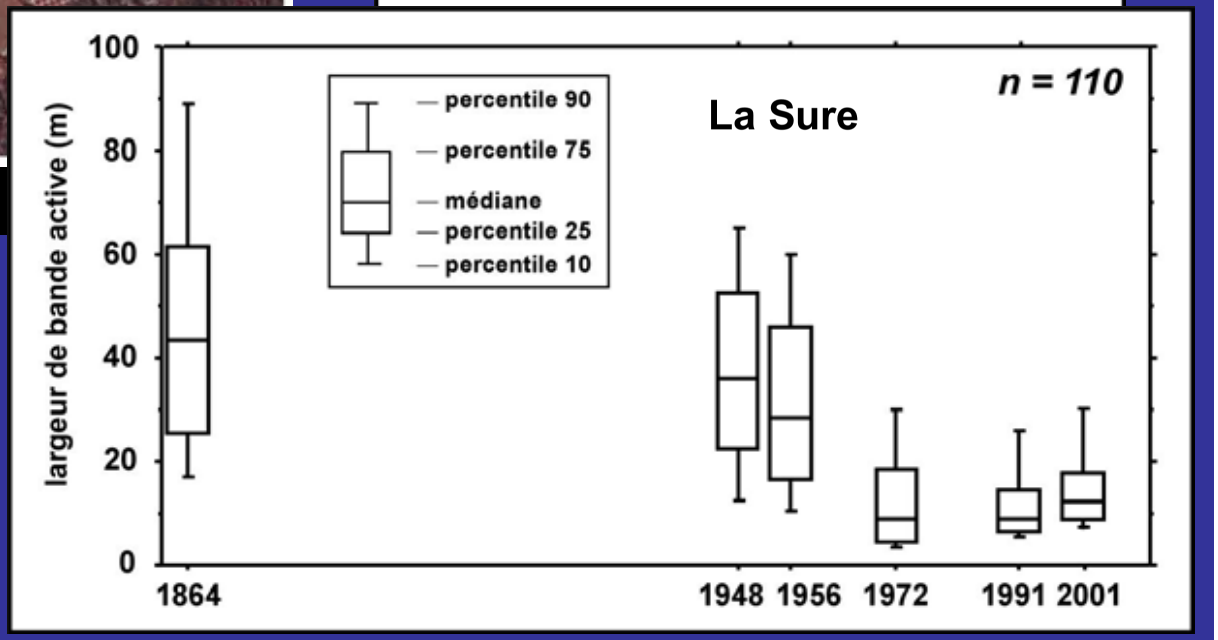


Sites d'étude: 51 bassins versants torrentiels

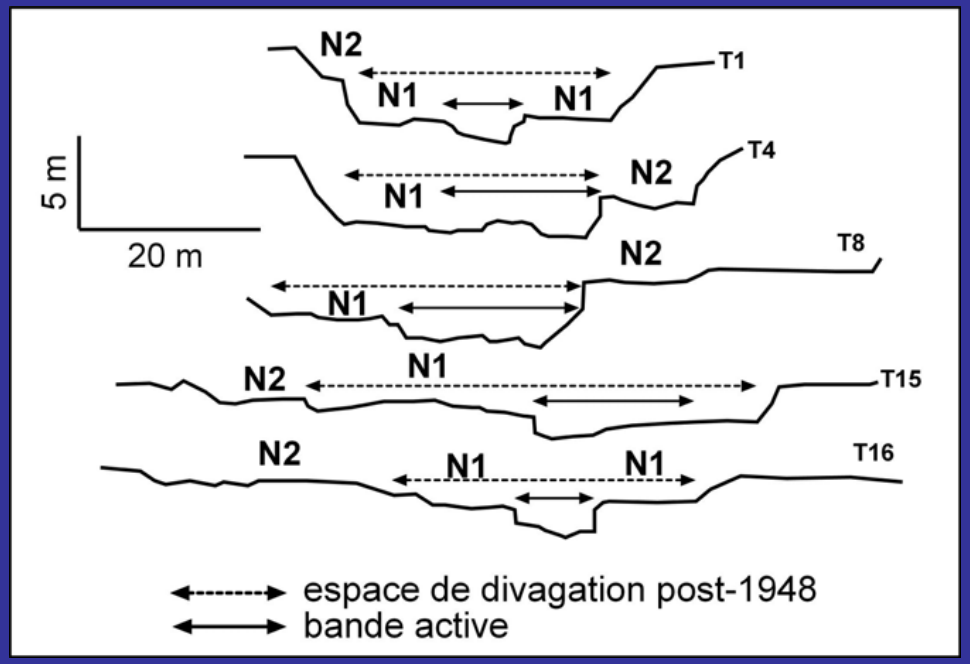
Analyse morphologique diachronique sur photos aériennes

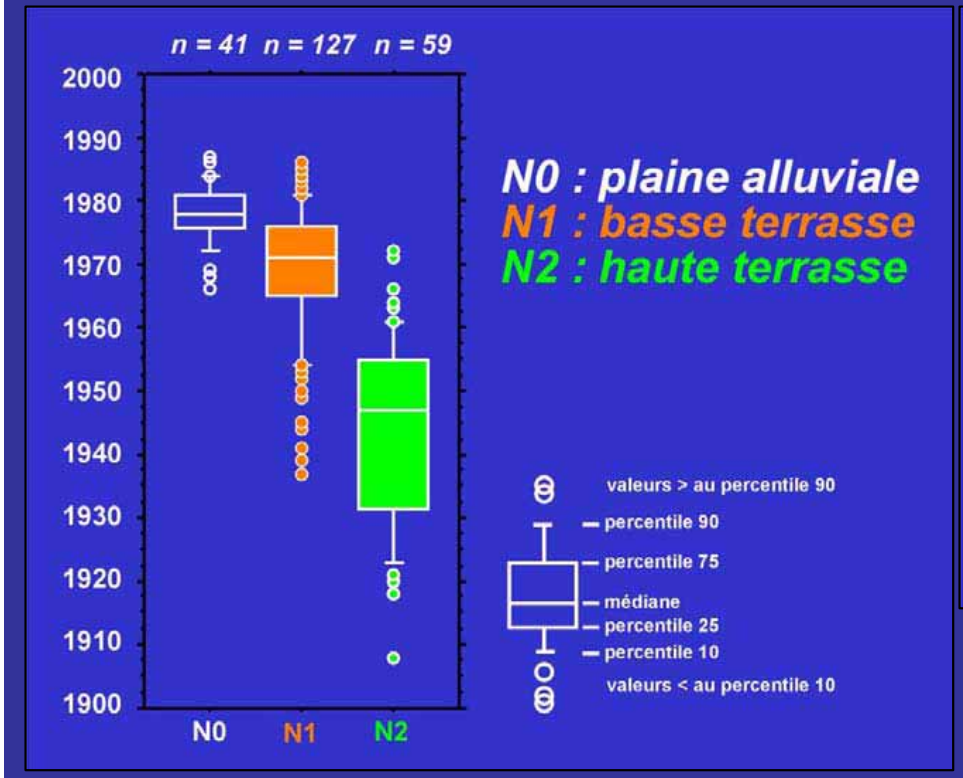
Torrent de la Béoux

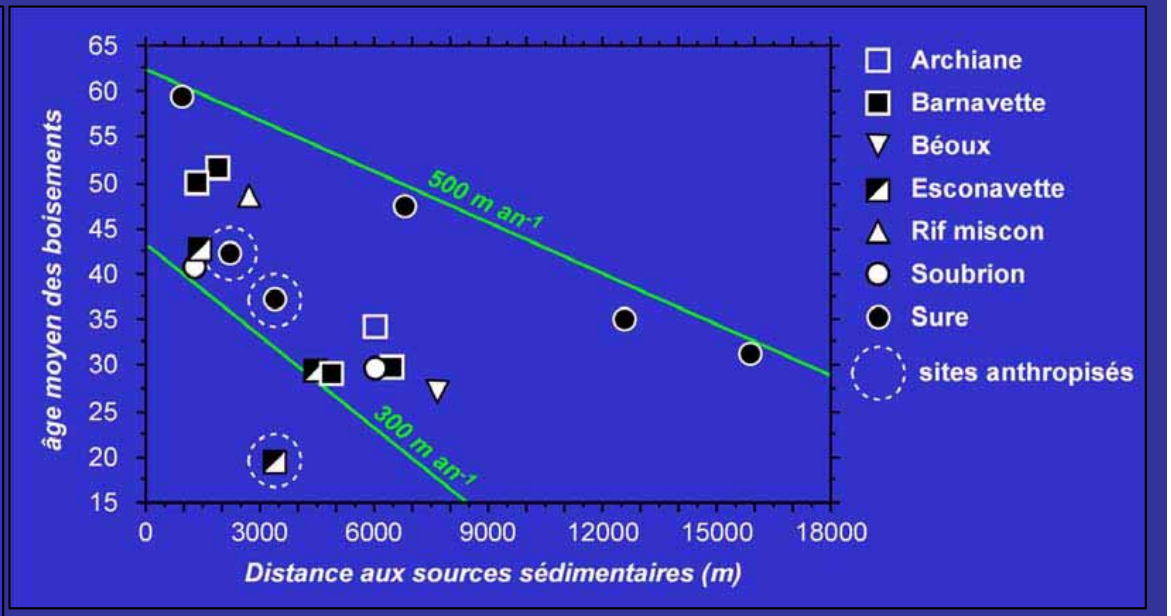




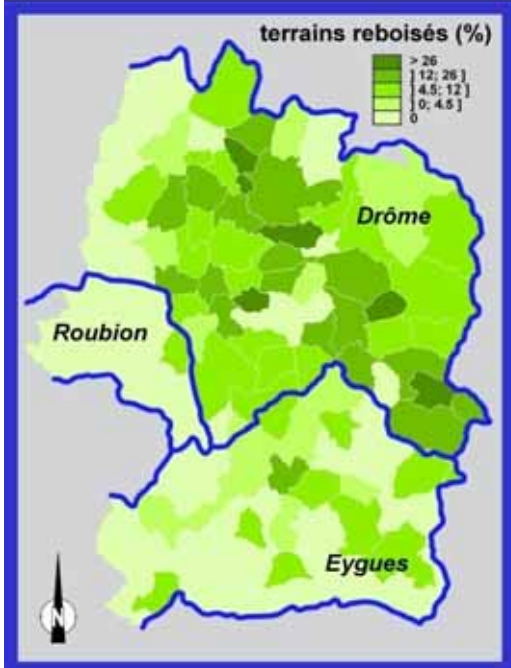
Datation des basses terrasses par dendrochronologie

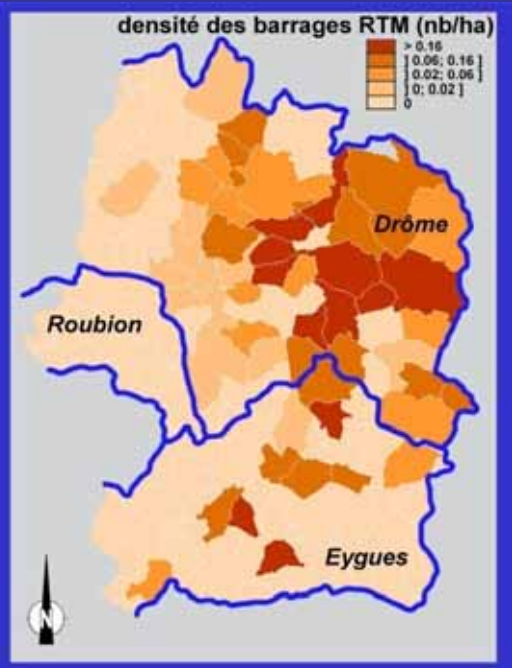




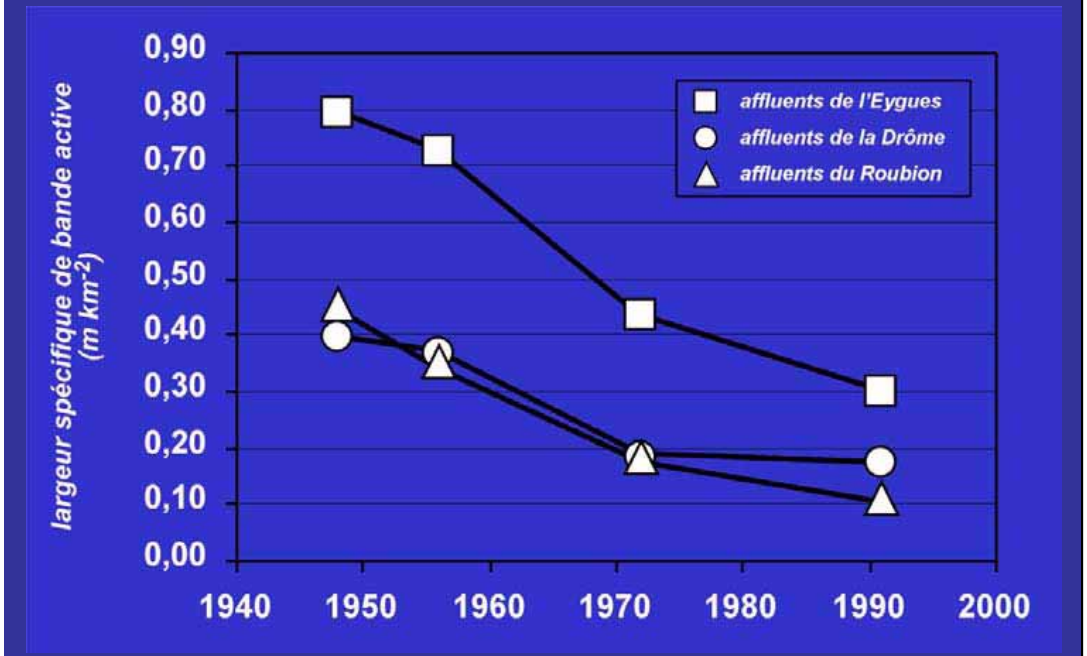


La correction torrentielle

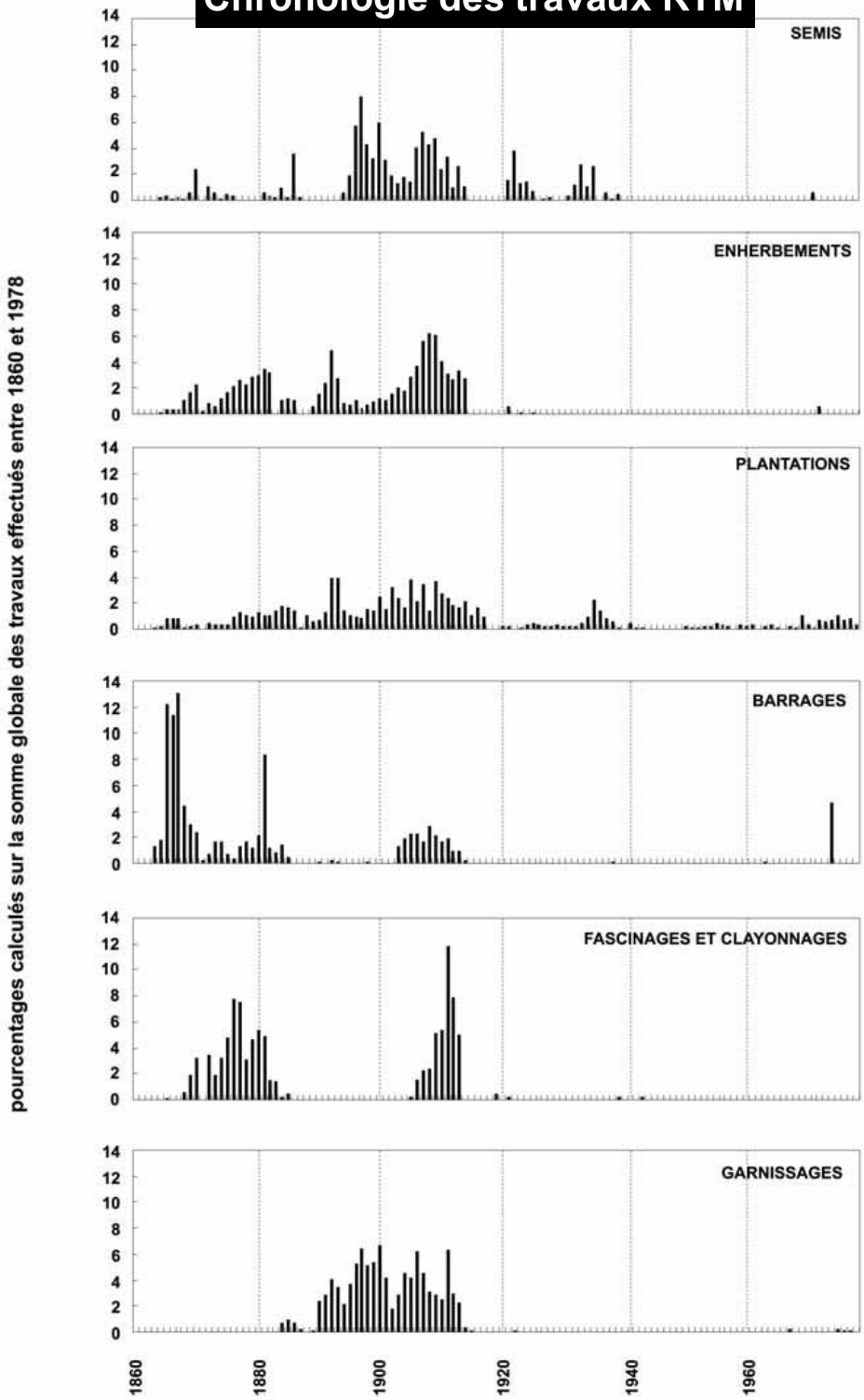




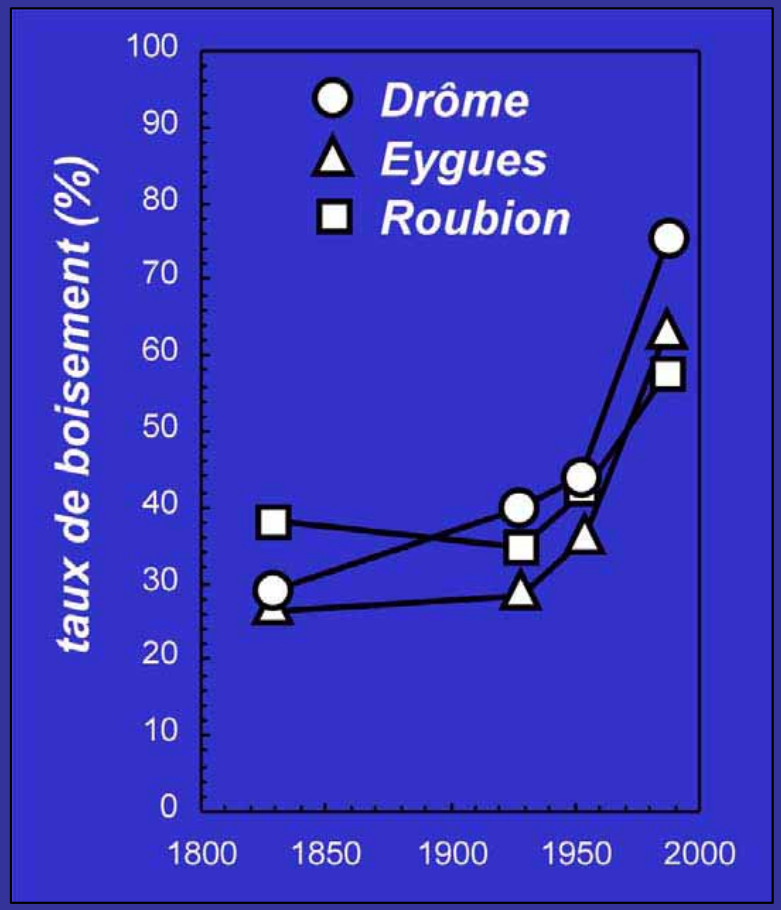
Distribution spatiale



Chronologie des travaux RTM

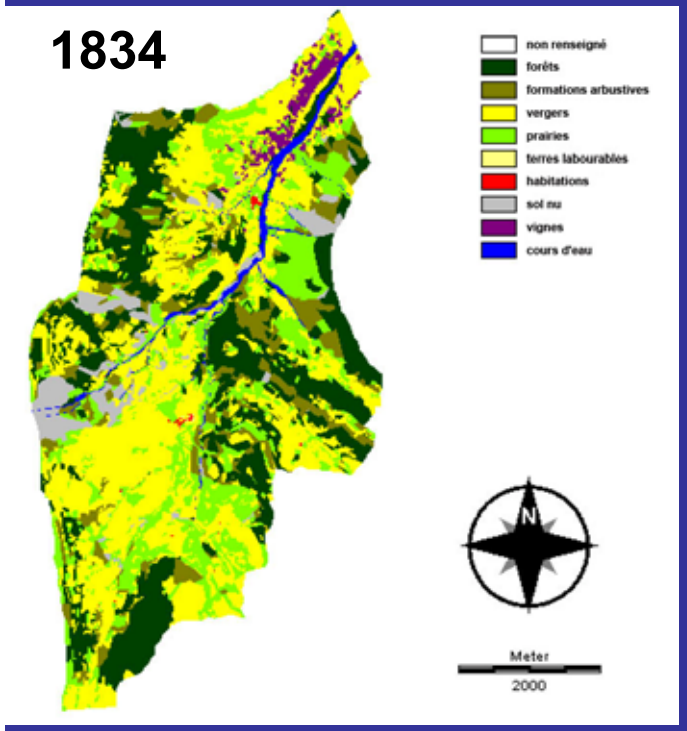


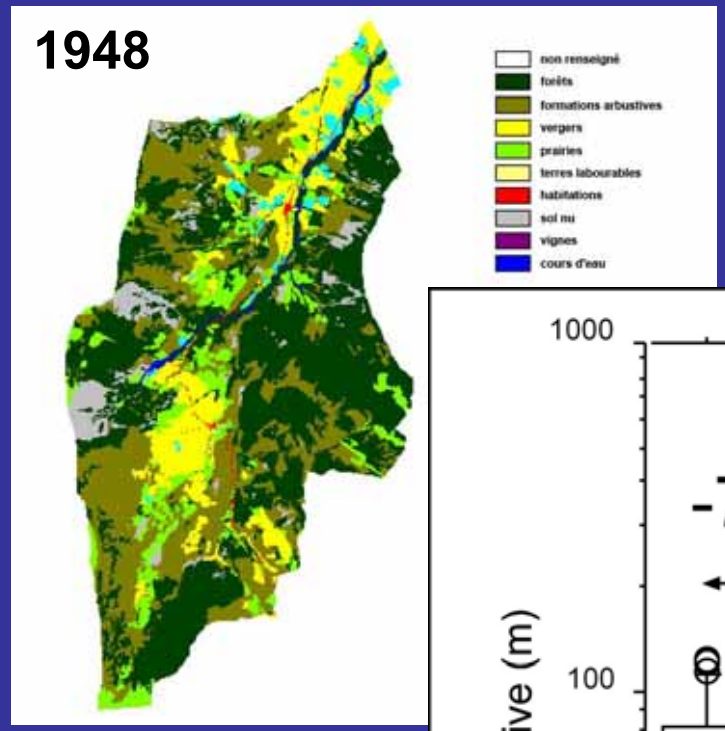
La reconquête forestière spontanée

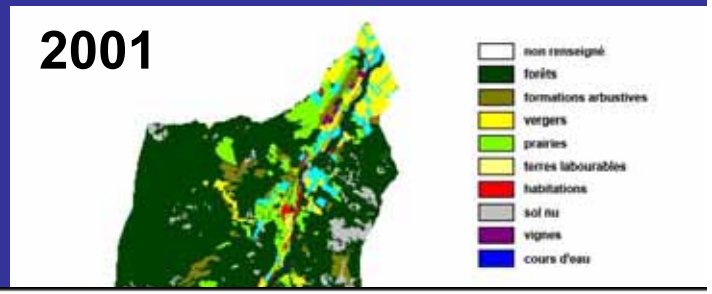


Les gorges de Pommerol (Baronnies)

Reforestation et érosion, Torrent de la Béoux (Vandendael 2007)







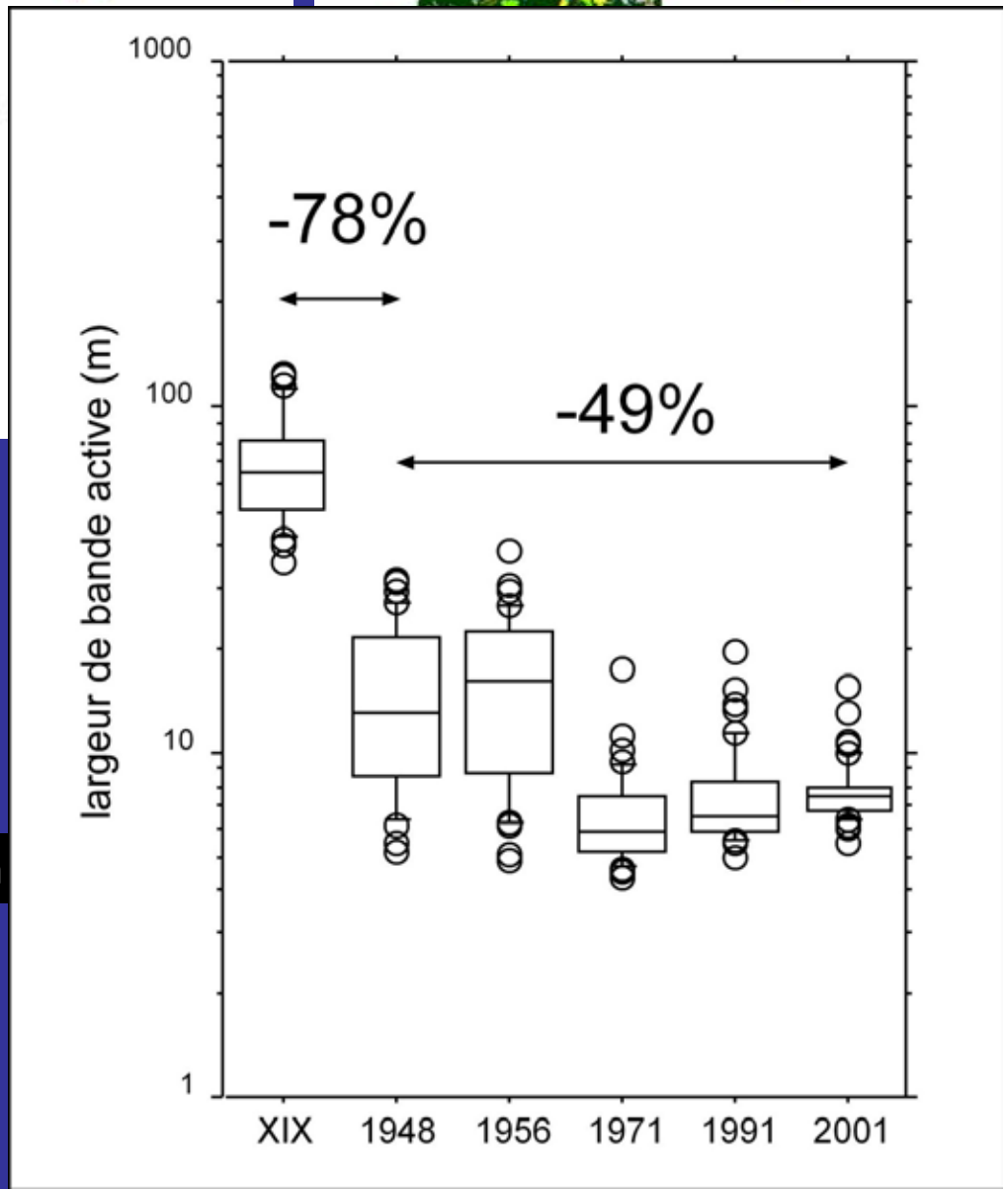
Evaluation de l'exportation solide d'après le modèle WATEM-SEDEM:

1834: 11800 t/an

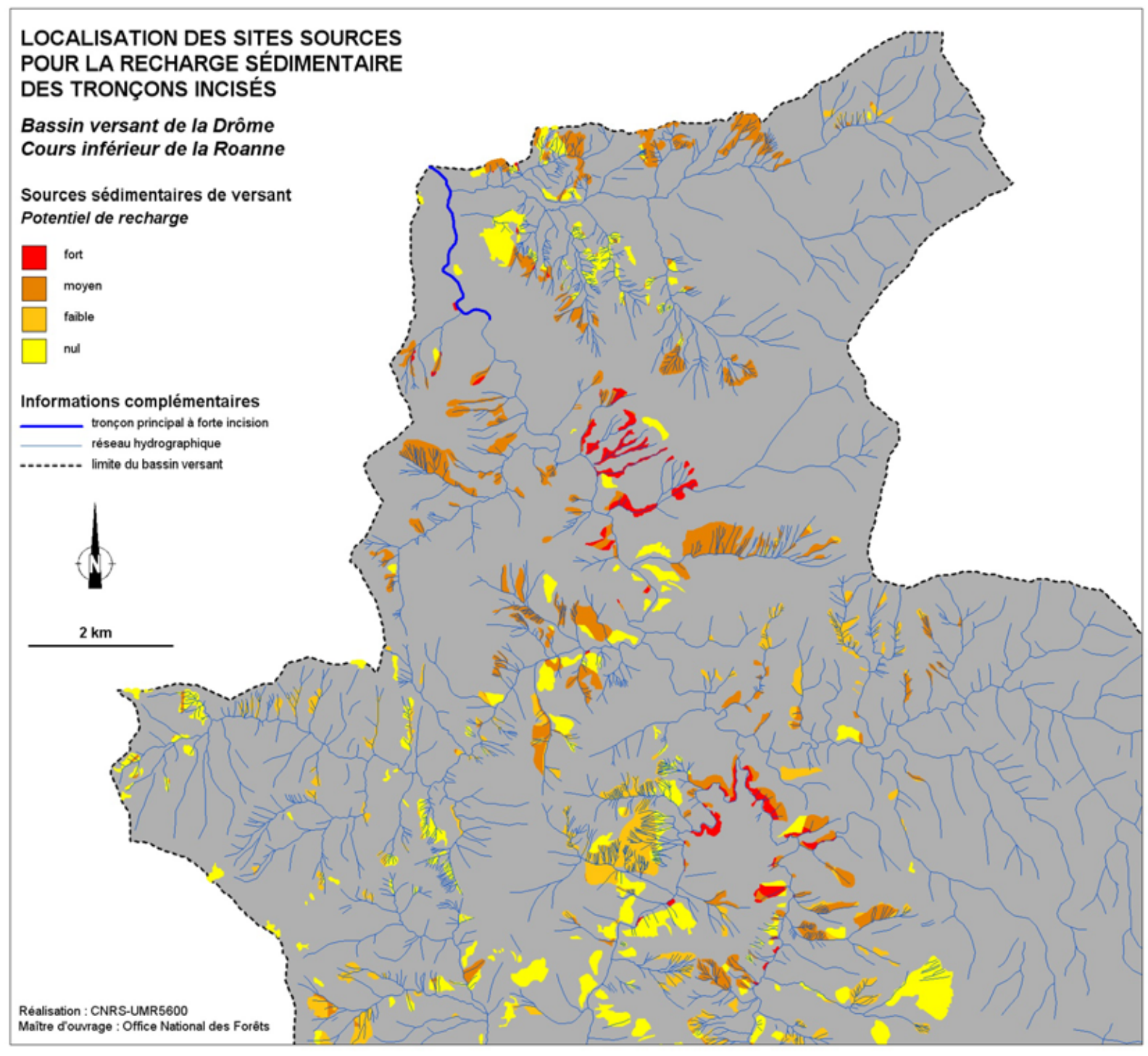
1948: 5450 t/an (baisse de 54%)

2001: 4190 t/an (baisse de 23%)

Van

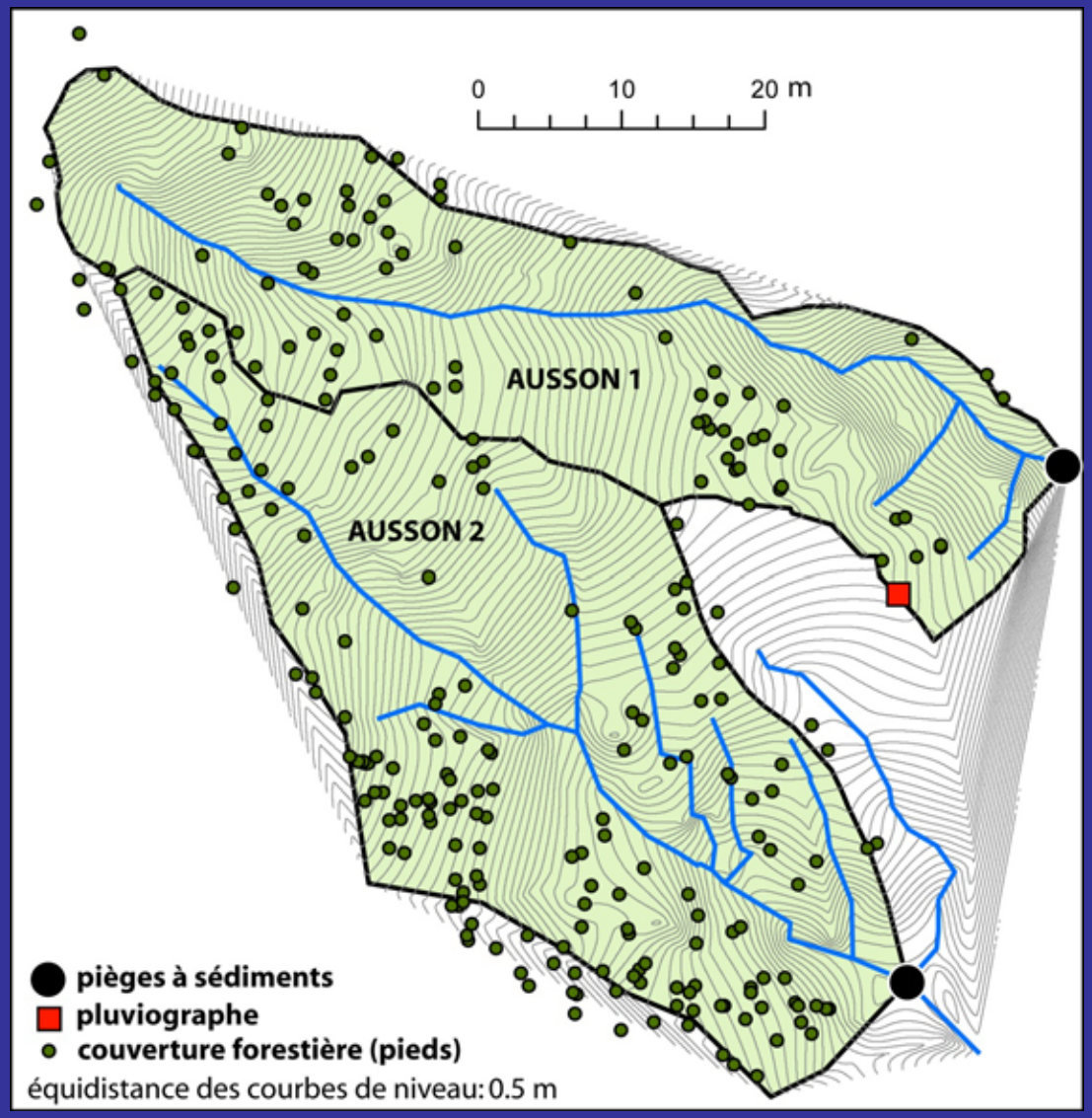


Le soutien de la recharge sédimentaire



Site expérimental d'Ausson

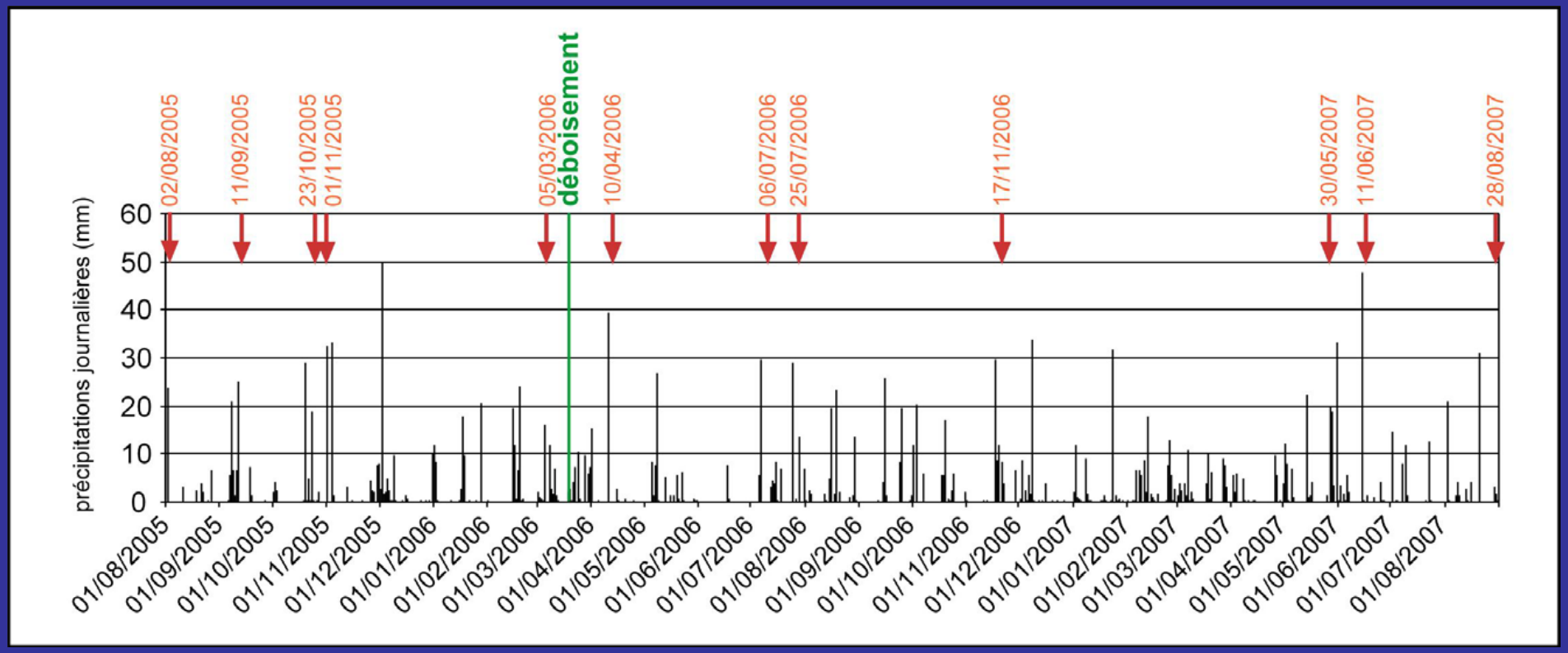
- Forêt domaniale RTM de Justin
- Ravines boisées en terrain marno-calcaire
- Densités forestières
  A1:1028 pieds/ha
  A2: 2242 pieds/ha



Site expérimental d'Ausson: dispositif de mesure

- Pièges à sédiments en métal déployé (fraction grossière du transport solide à l'exutoire)
- Déversoirs rectangulaires en mince paroi (débits de pointes)
- Pluviographes à auget basculeur (hyétogrammes)

Site expérimental d'Ausson: résultats



Productions sédimentaires mesurées pour la période pré-déboisement:

Ausson 1: 6917 kg/ha

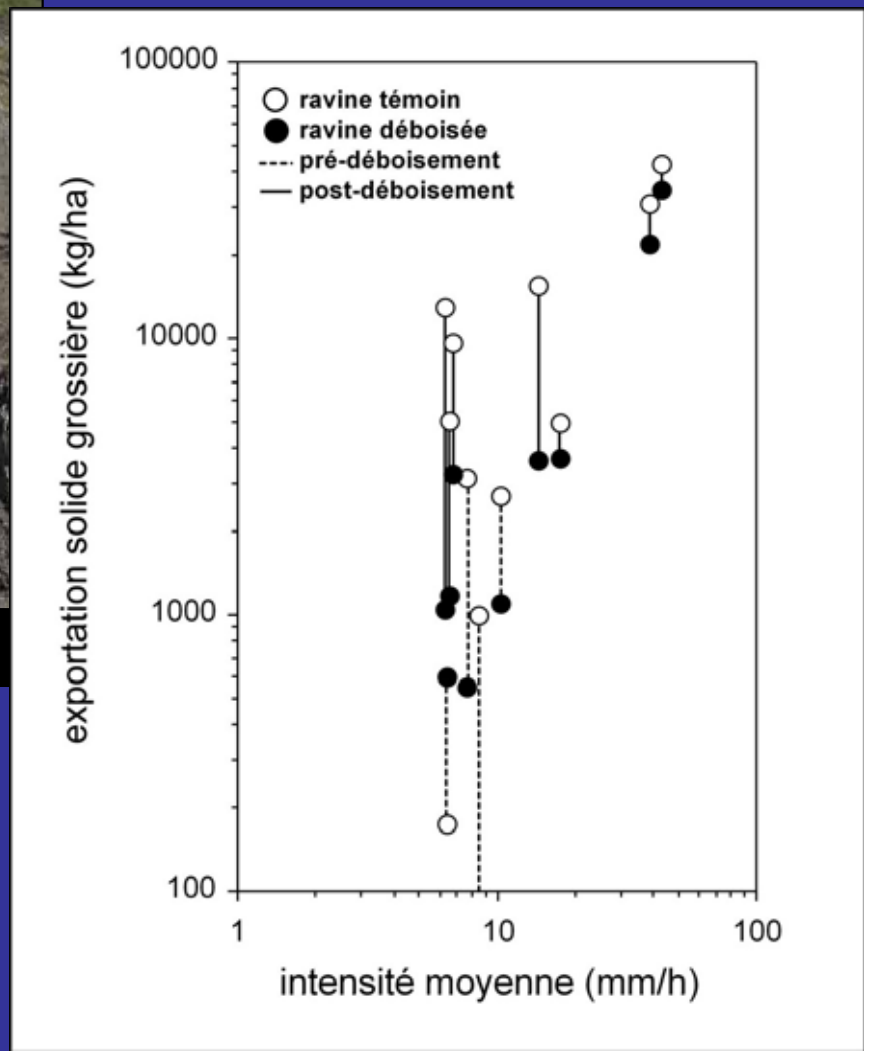
Ausson 2: 2225 kg/ha

la ravine la moins boisée produit 3 fois plus de charge grossière

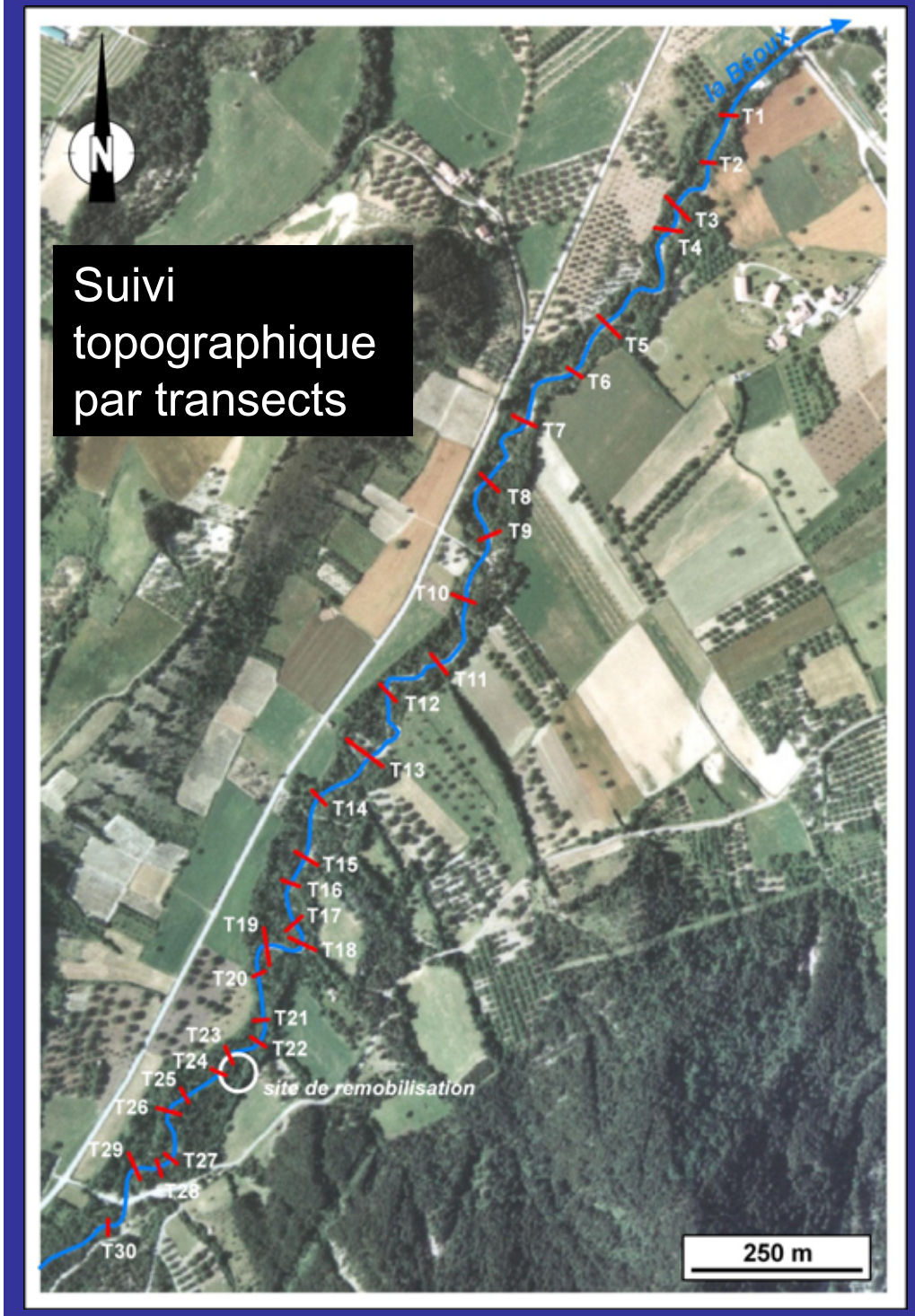
Site expérimental d'Ausson: résultats

Période post-déboisement:
Le différentiel d'érosion A1/A2 est passé de 3,1 à 1,8 avant et après déboisement

La ravine A2 a été déboisée en intégralité en mars 2006



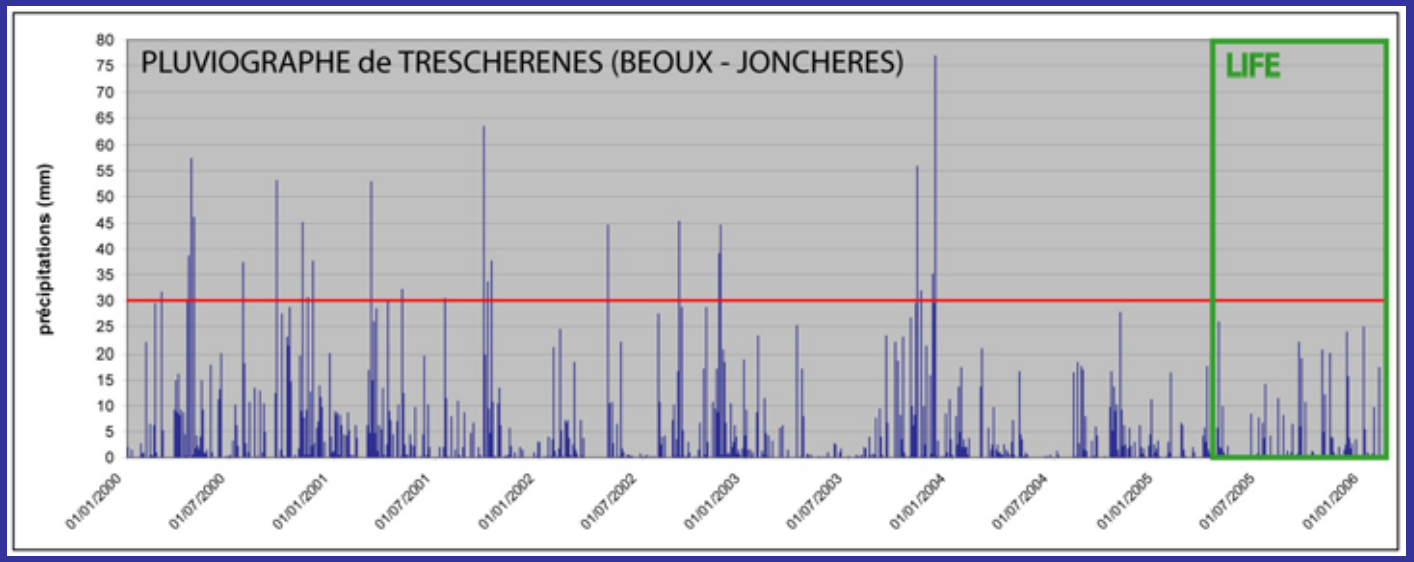
Site expérimental de la Béoux

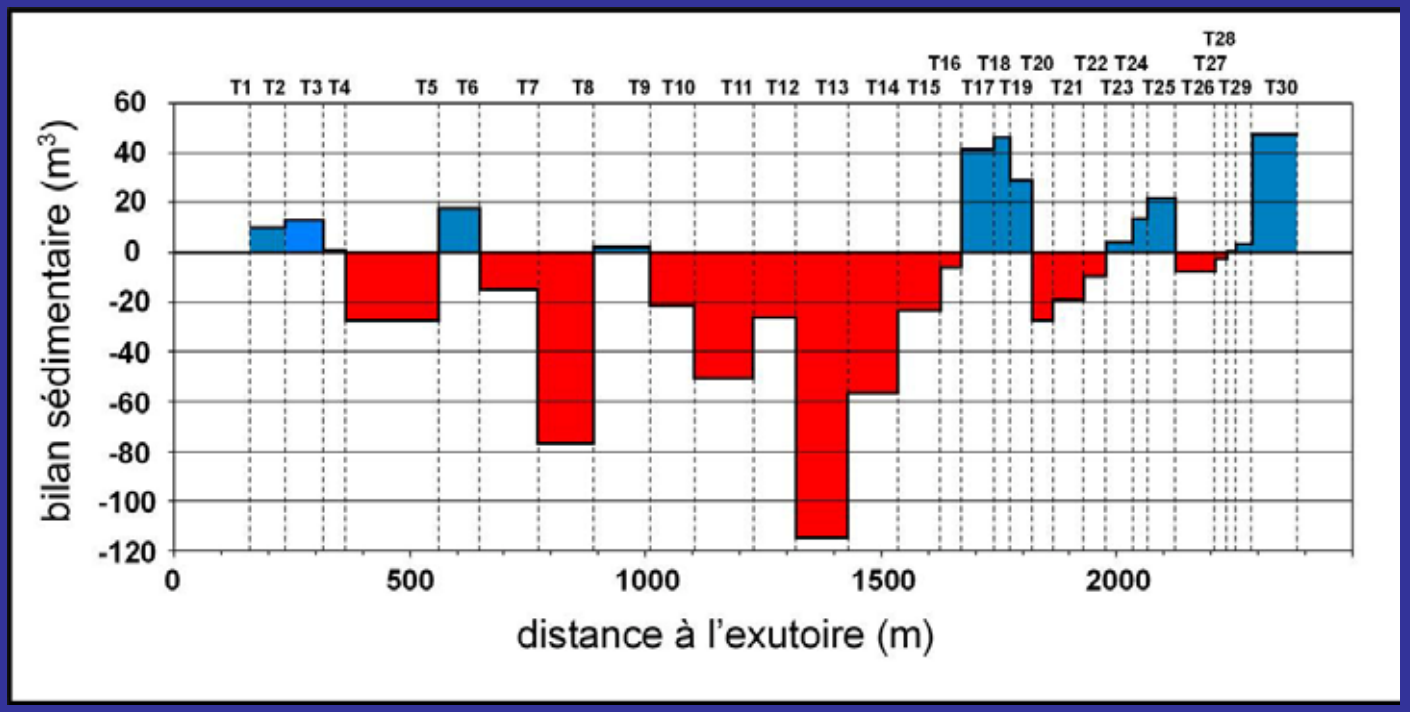


Après déboisement (avril 2005)

Traçage: tranchées de granite

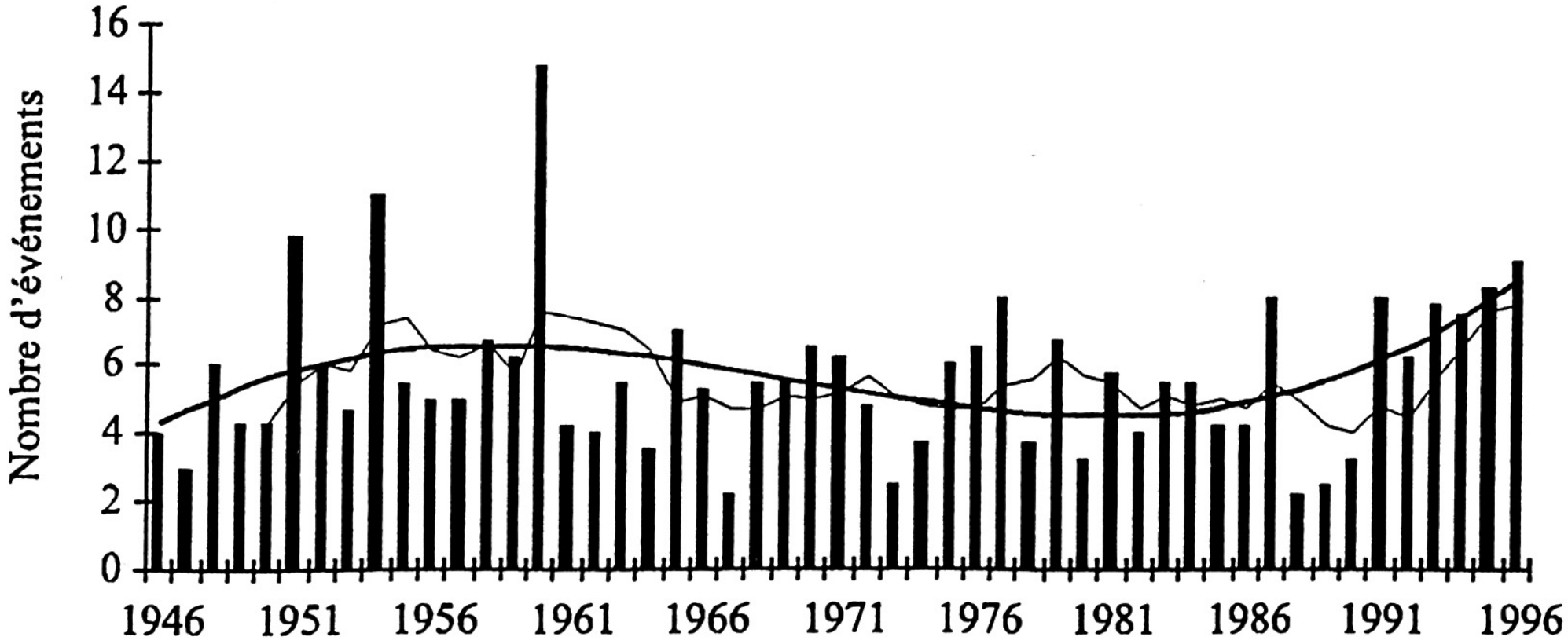
Site expérimental de la Béoux





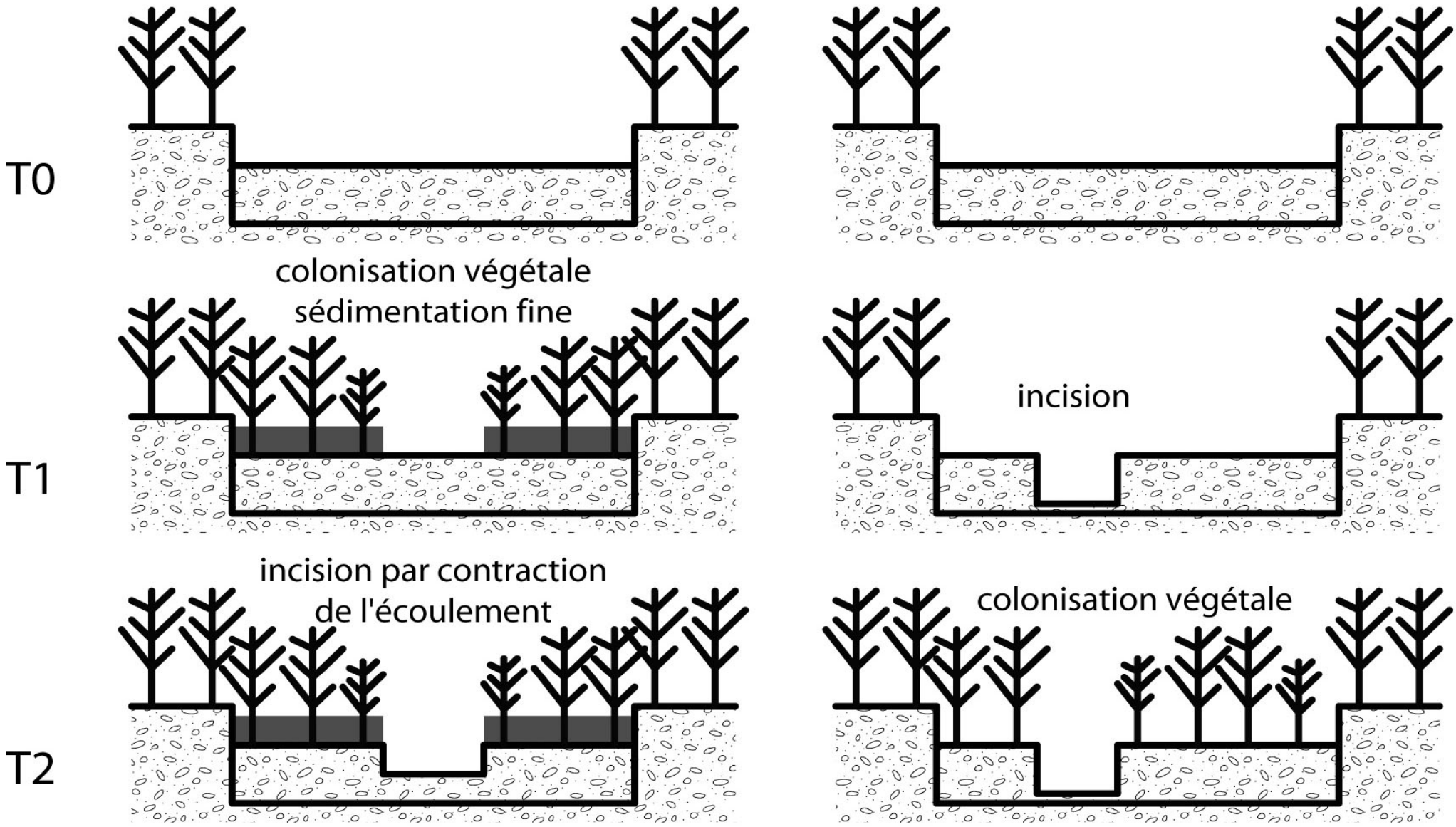
Bilan sédimentaire global 2005-2007: -312 m^3

Le changement climatique



Evolution de la fréquence des fortes précipitations (> 30 mm) du Haut Diois (Landon, 1999); moyenne mobile sur 5 ans et courbe de tendance

La rétraction de la bande active: quels mécanismes ?



rétraction par construction de plaine alluviale

rétraction par formation de terrasses

Couplages végétation, transports solide et écoulements

dans le lit des rivières

- **au départ : des questions d'ingénieur**
- **à l'arrivée : la multiplication des questions qui montre le rôle majeur de la végétation**

Philippe Belleudy

équipe RIVER - Erosion, Rivière, Contaminants
Laboratoire d'Etudes de Transferts en Hydrologie et Environnement (CNRS, INPG, IRD, UJF)
Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble

http://www.lthe.hmg.inpg.fr/~belleudy
philippe.belleudy@ujf-grenoble.fr

Couplages végétation, transports solide et écoulements

1. **Restaurer, protéger, entretenir : la Loire à Givry-Fourchambault**
2. **L'équilibre morphologique : quel équilibre ? rythme et respiration**
3. **Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?**
4. **Le Crue, le Bûcheron et le bon Génie**

écoulements, transport solide et ***végétation***

1. Restaurer, protéger, entretenir : La Loire à Givry-Fourchambault

1. Restaurer, protéger, entretenir :

Objectifs

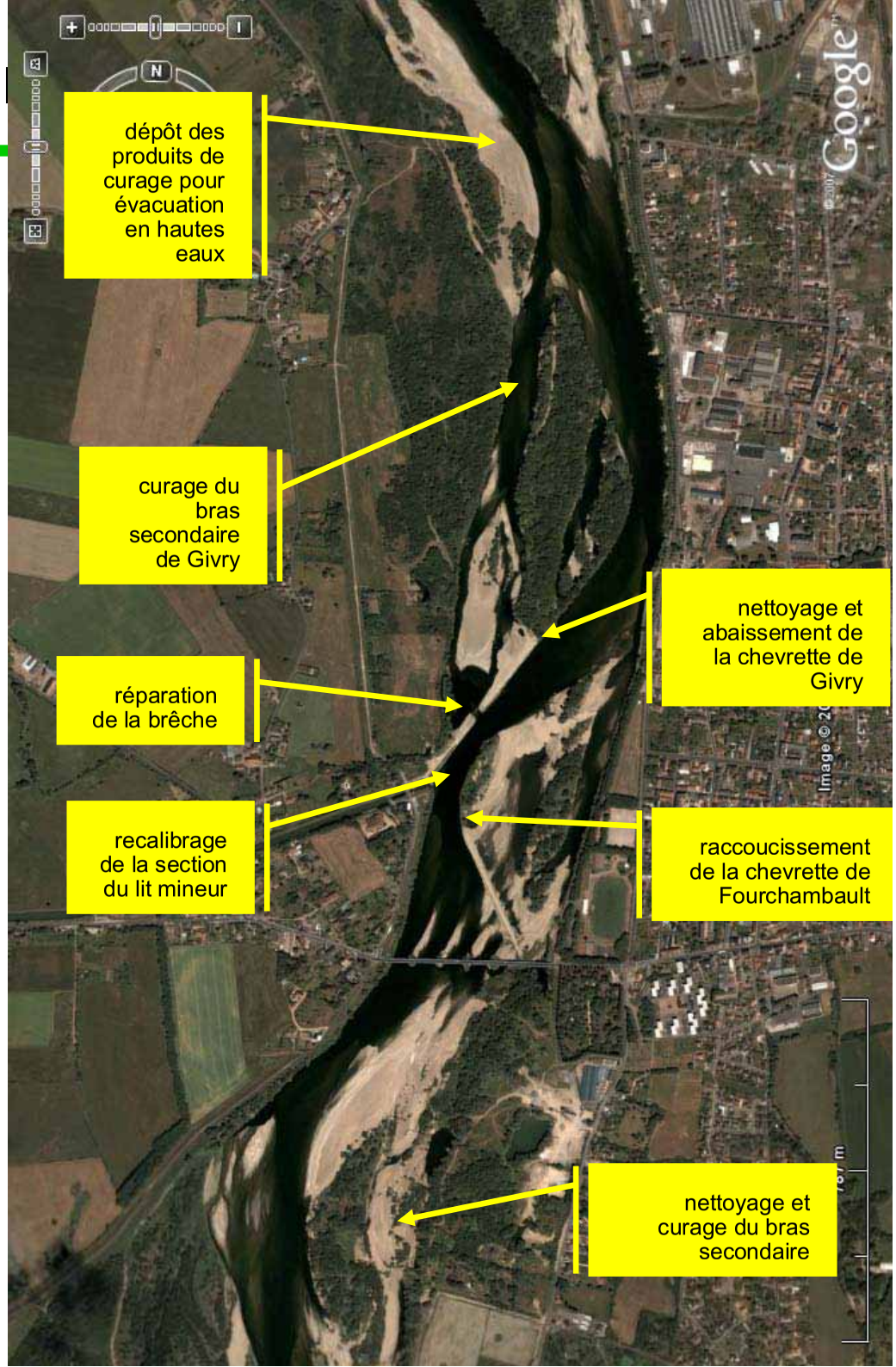
- baisser localement les niveaux en crue et restaurer la capacité d'écoulement
- soutenir les niveaux en étiage
- restaurer la qualité écologique, respecter et valoriser un patrimoine
- minimiser les dépenses d'entretien

principe des actions

- restaurer les zones d'écoulement secondaires
- équilibrer les apports solides et liquides
- amorcer l'auto curage

les questions pour la suite

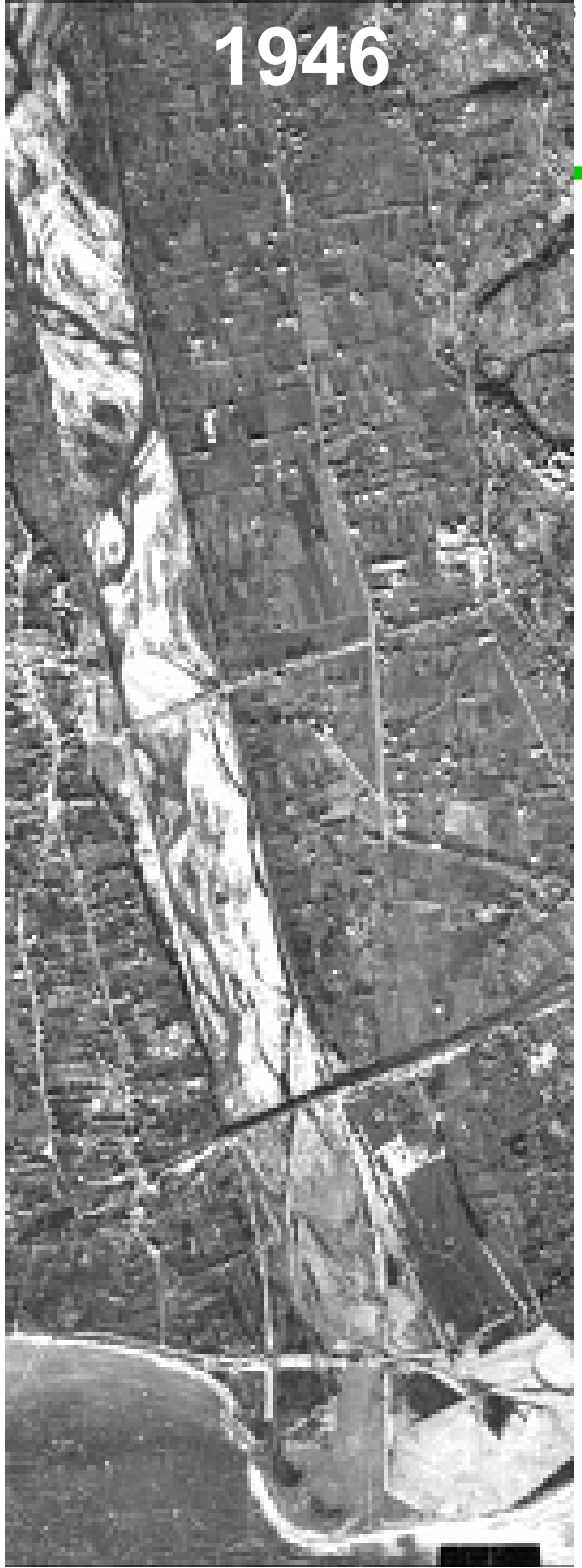
- l'auto-entretien est-il assuré ?
- surveillance et suivi (voir Isère….)



2. L'équilibre morphologique

- **un équilibre dynamique entre les apports (w&s) et la capacité de transport**
  - la balance …
- **toute modification entraîne une réaction et un retour vers l'équilibre (ou vers un autre équilibre)**

doc. archives départementales

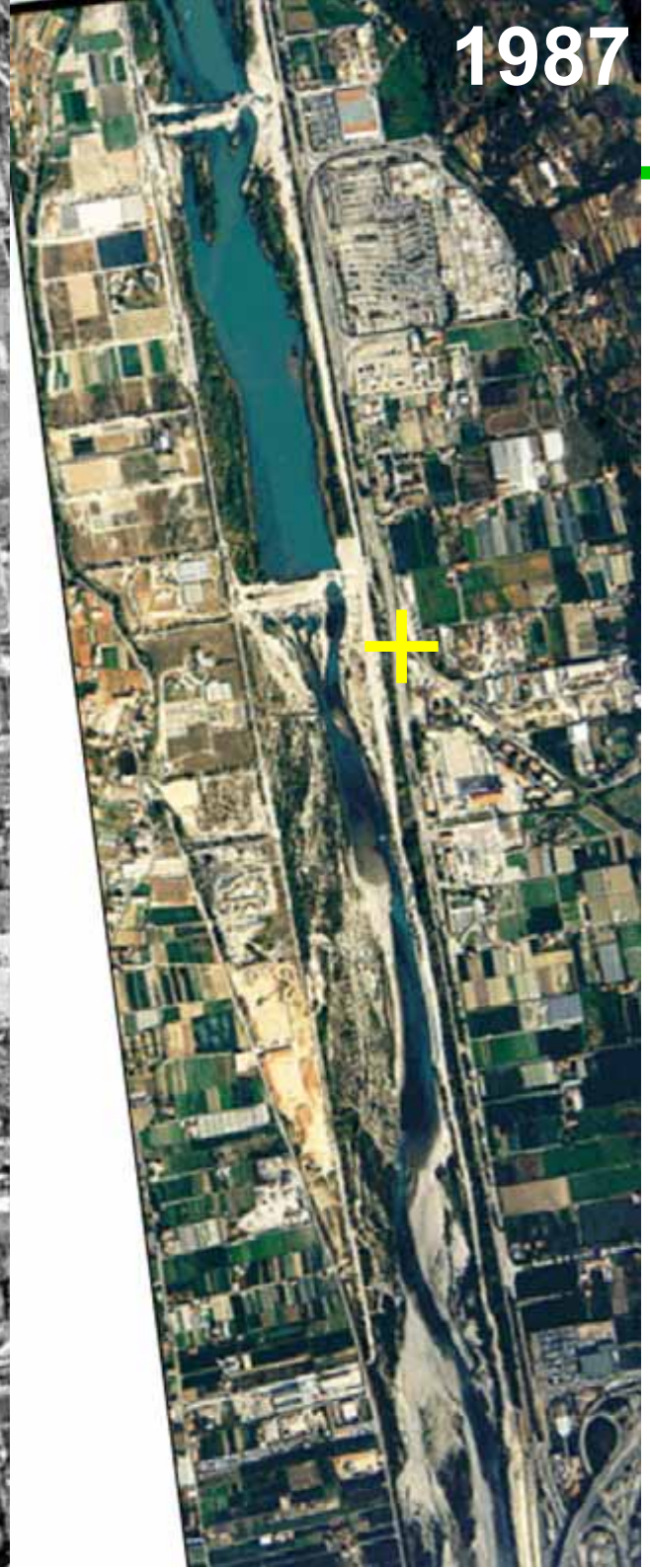


le Var

des apports sédimentaires puissants

- **1967 : exploitation « forcenée » :**

➔ lit unique



le Var

des apports sédimentaires puissants

- 1967 : exploitation « forcenée » :

➔ lit unique

- 1970 : cascade de seuils de protection

➔ une rivière « de plaine » en amont, un lit atrophié à l'aval

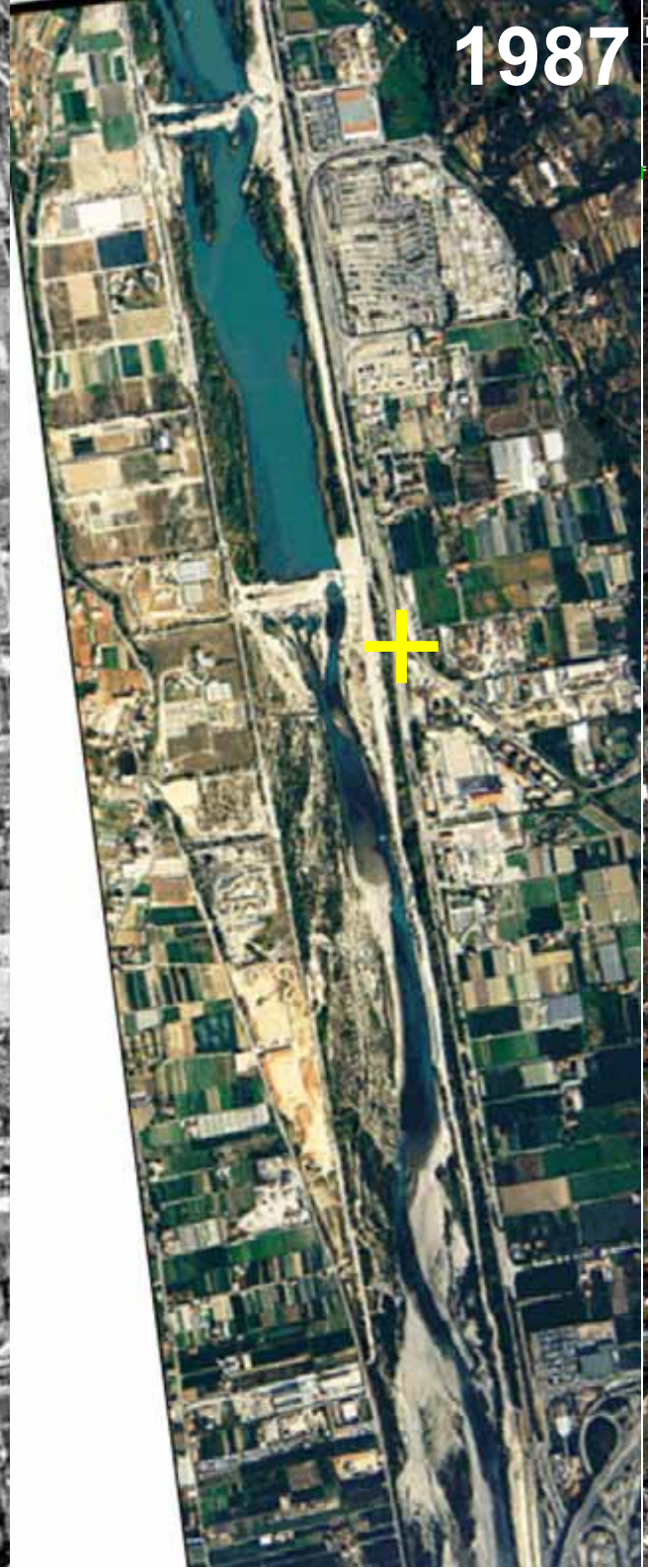
- 1995 : crue centennale

➔ destruction des seuils aval

➔ retour vers un lit tressé


ca.2000
1987
1967


1967


1987


2008

2. L'équilibre morphologique

- un équilibre dynamique entre les apports (w&s) et la capacité de transport
- toute modification entraîne une réaction et un retour vers l'équilibre (ou vers un autre équilibre)
- comment qualifier la qualité de la rivière ?

2. L'équilibre morphologique

rythmes et respiration : le rôle des extrêmes

au pont du Gard (sept.2002) (doc. Cl.Burtin, http://www.inondations-gard.com)

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

fins et gros / charriage et suspension / wash-load et bed-load

Isère

- un constat : lit actif et bancs

Lumbin (doc. Raoul Blanchard, 1945)

Rhin supérieur (doc.Martin Jaeggi)

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

fins et gros / charriage et suspension / wash-load et bed-load

Isère

- un constat : lit actif et bancs

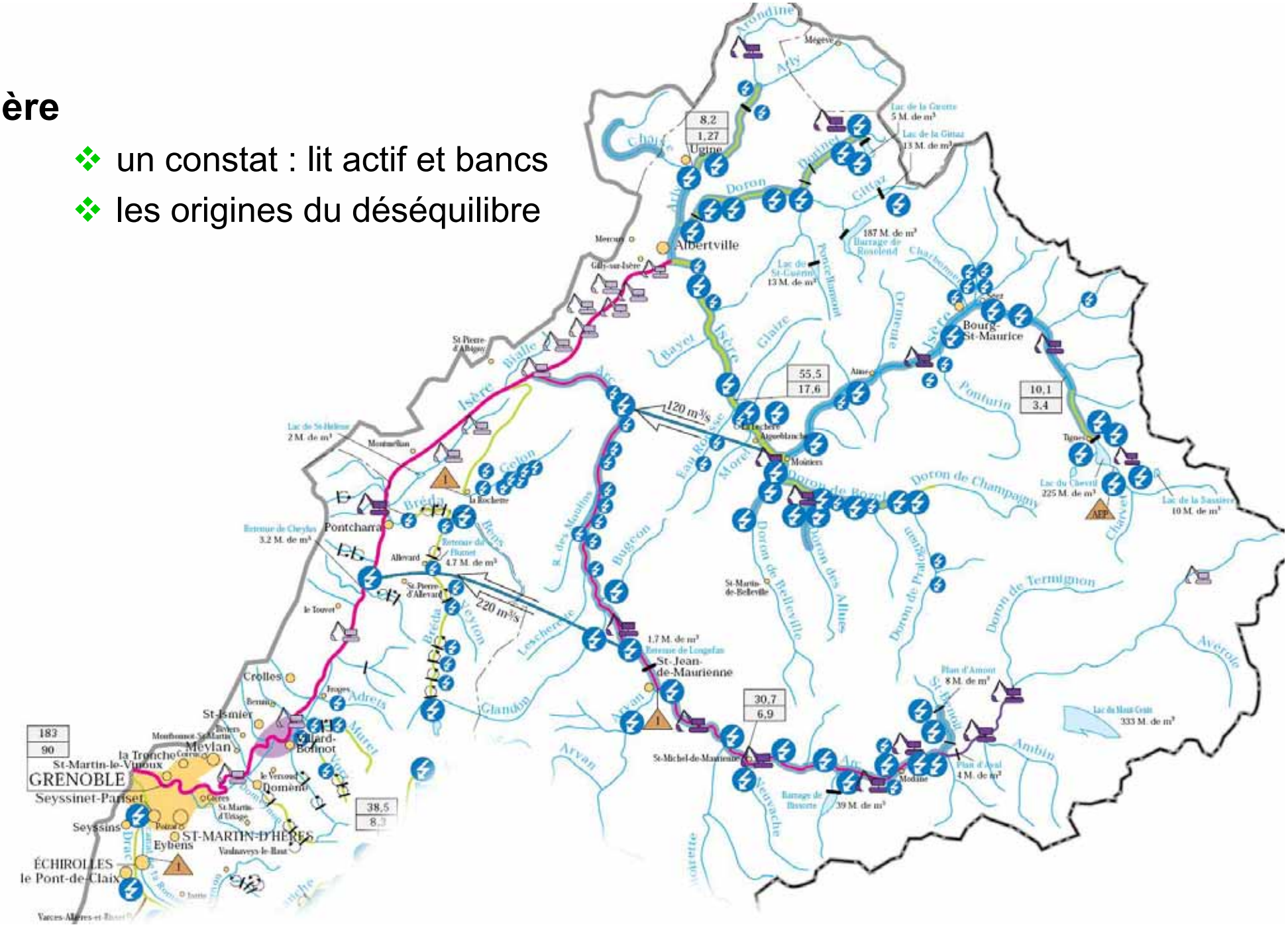
Lumbin et La Terrasse (doc. Raoul Blanchard, 1945)

La Terrasse, 2006 (ph. JBD)

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

Isère

- un constat : lit actif et bancs
- les origines du déséquilibre



3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

Isère

- un constat : lit actif et bancs
- les origines du déséquilibre
- des questions pour le gestionnaire
  - abaissement de la nappe
  - capacité d'écoulement réduite en crue
  - accélération des crues ?
  - sape des ouvrages
  - risques d'embâcles

Bernin, 22 mars 2001, env. 900m3/s

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

l'île de Brignoud

- une île,
  avec un bras secondaire

3. Fins ou gros : quels sont les se

l'île de Brignoud

- une île,
  avec un bras secondaire

3. Fins ou gros : quels sont les se

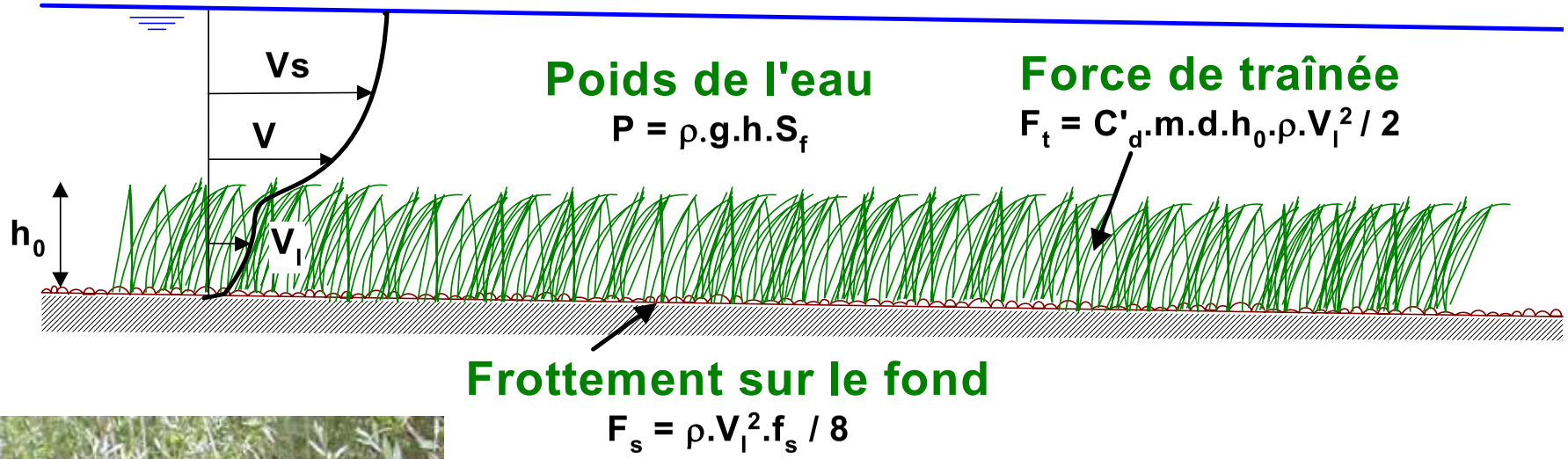
l'île de Brignoud

- une île, avec un bras secondaire
- écoulements et dépôts en crue

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

l'île de Brignoud

- écoulements et dépôts en crue
- mécanismes de l'accrétion des bancs



20 mai 1999

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

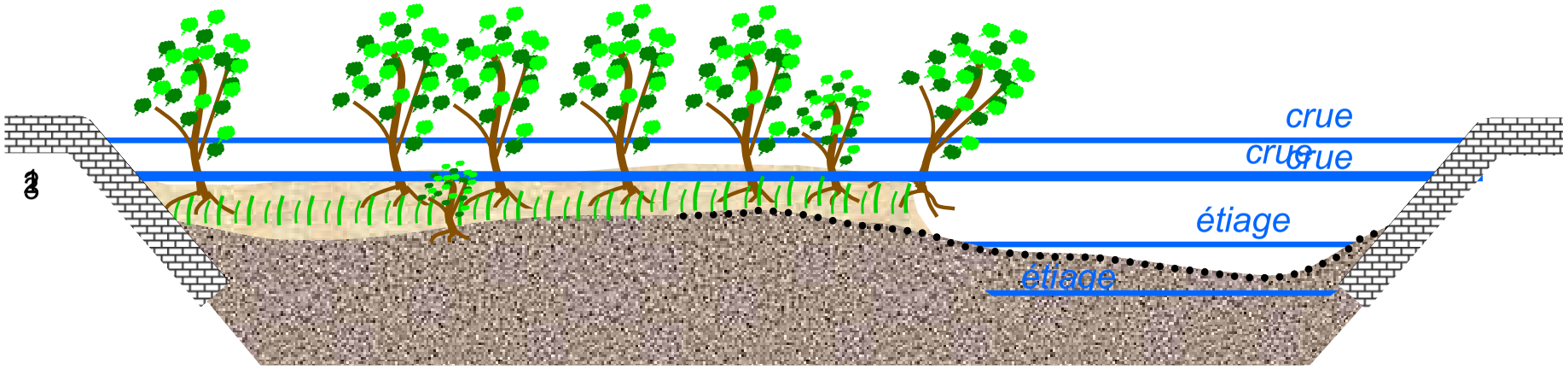
l'île de Brignoud

- mécanismes de l'accrétion des bancs

1 état non perturbé
grande capacité en crue

2 incision du lit
végétalisation des bancs

3 enlimonage progressif
capacité réduite en crue
concentration de l'écoulement

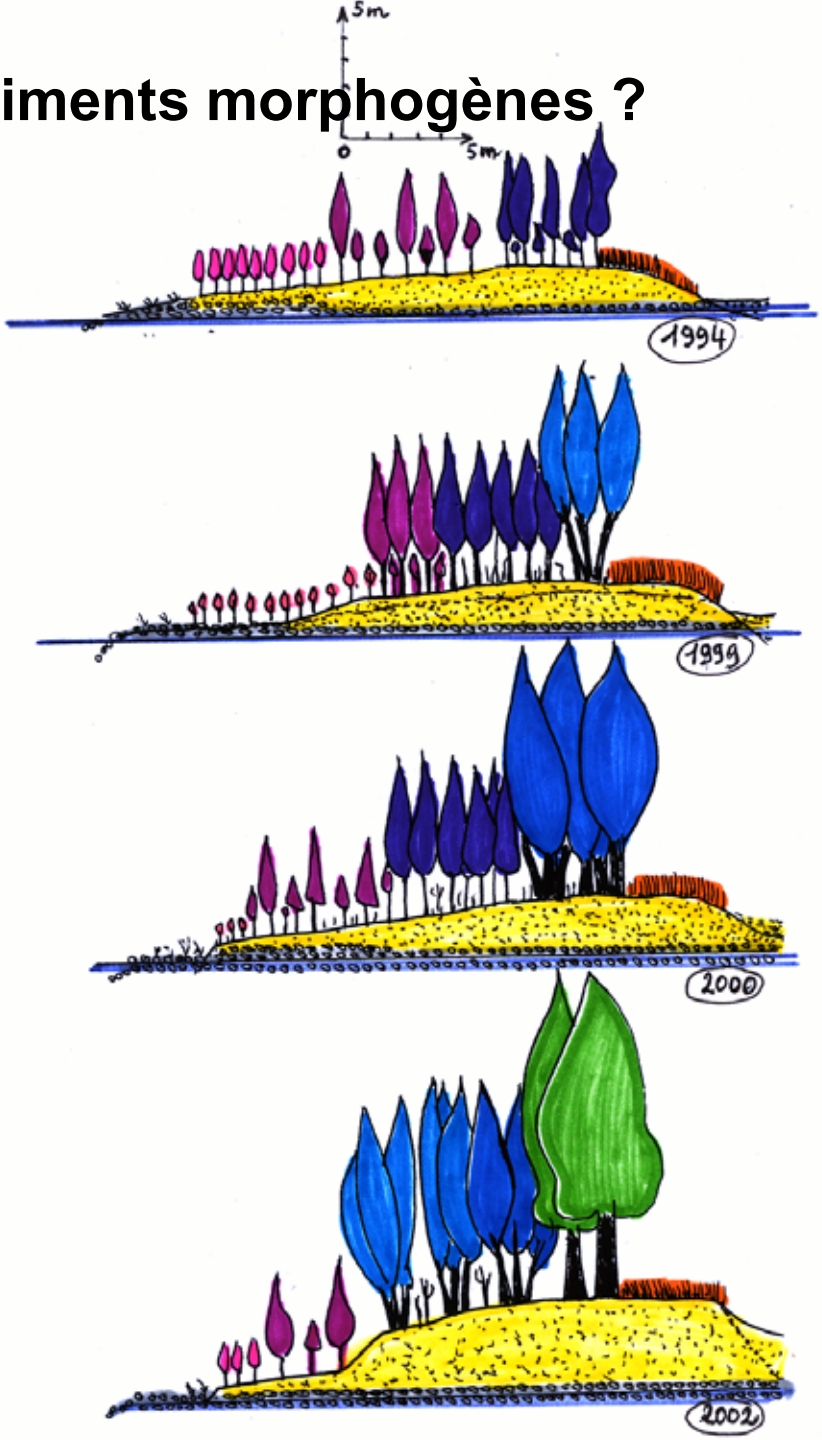


3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

l'île de Brignoud

- mécanismes de l'accrétion des bancs

mars 2004

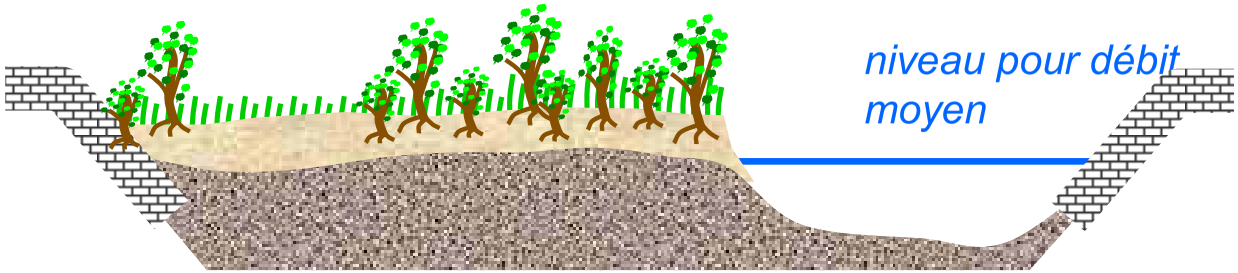


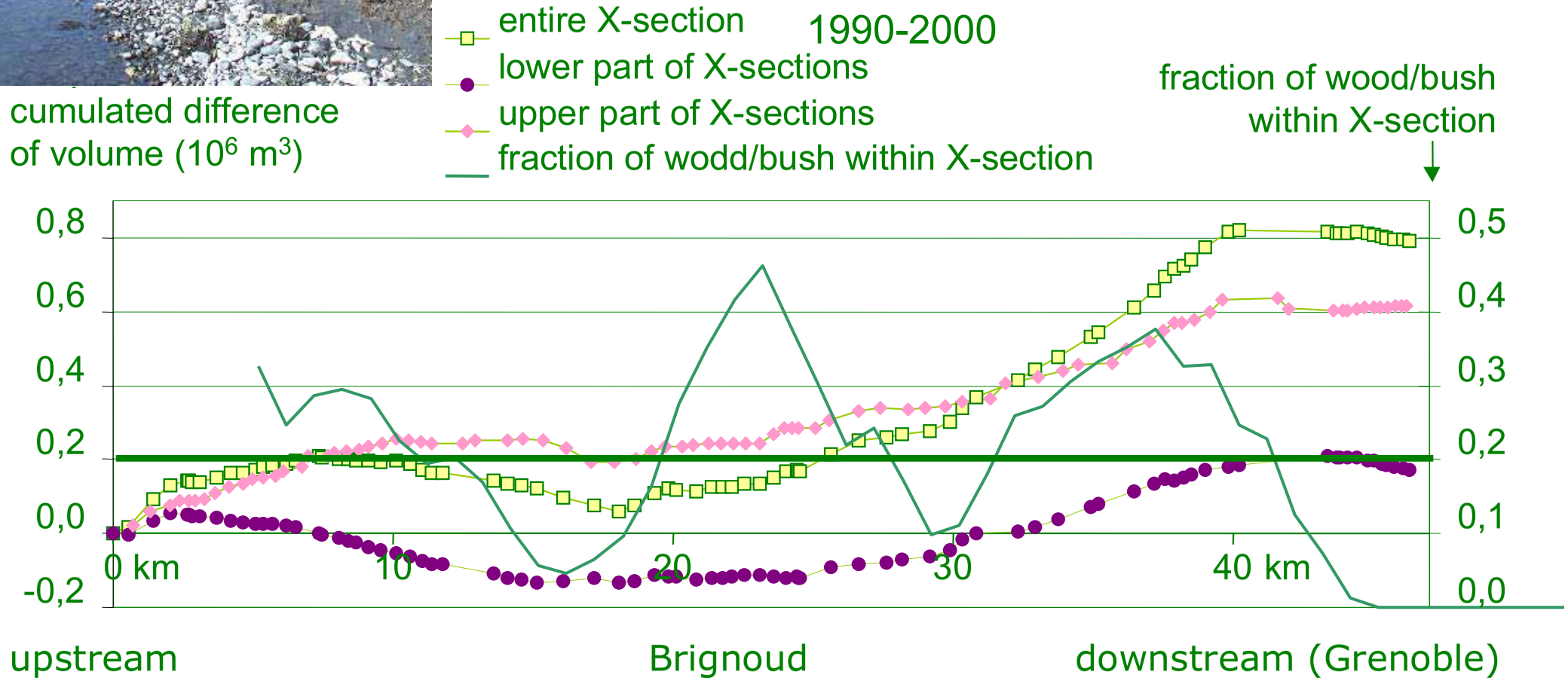
ÎLE de BRIGNOUD (Isère)
Sedimentation and plant succession 1994-2002
(Transect # 7, point + 50 m.)

évolution de la végétation sur l'île de Brignoud, Isère, doc. J.Girel

3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

fins et gros / charriage et suspension / wash-load et bed-load





3. Fins ou gros : quels sont les sédiments morphogènes ?

et maintenant (nouvelles questions?)

- mécanismes de la croissance de la végétation? quelle végétation ?
- un entretien pour l'hydraulique? un entretien pour la diversité ?

le Drac à St.Georges de Commiers, janv. 2008

- les mécanismes de destruction des îles
- le « chapelet »
- restaurer un état plus naturel ?

l'Isère à Ste.Jean-de-la-Porte

l'Isère à Bernin

4. Domestiquer ? la Crue, le Bûcheron et le bon Génie

une provocation pour terminer

avril 2004

23 août 2005

4. Domestiquer ? la Crue, le Bûcheron et le bon Génie

mai 2007

janvier 2008

Couplages végétation, transports solide et écoulements

dans le lit des rivières

- **au départ : des questions d'ingénieur**
- **à l'arrivée : la multiplication des questions qui montre le rôle majeur de la végétation**

la renouée du Japon : l'idéal de l'hydraulicien !

Fallopia Japonica

http://www.lthe.hmg.inpg.fr/~belleudy
philippe.belleudy@ujf-grenoble.fr

Interactions végétation et contraintes physiques

Séminaire Cluster Environnement Thème 4; Journée thématique ZABR et ZA Alpes (29/01/2008)

La végétation ripariale: ressource et entrave au fonctionnement des rivières alpines anthropisées

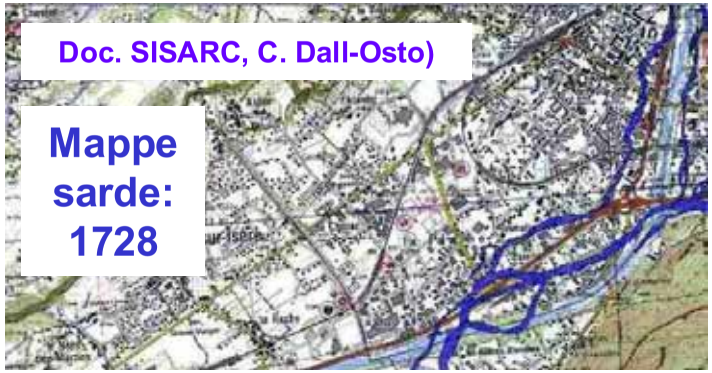
La gestion des flux d'eau et de sédiments du 18ème siècle à nos jours; exemple de l'Isère à l'aval d'Albertville

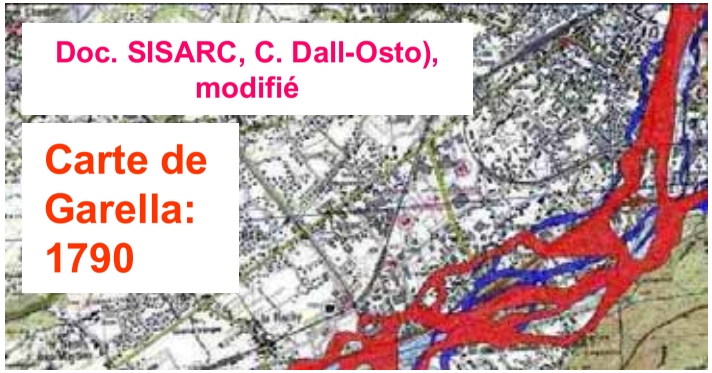
Jacky Girel

CNRS

Laboratoire d'ÉCologie Alpine LECA

La vallée de l'Isère à la fin du 18ème siècle





Conditions écologiques:

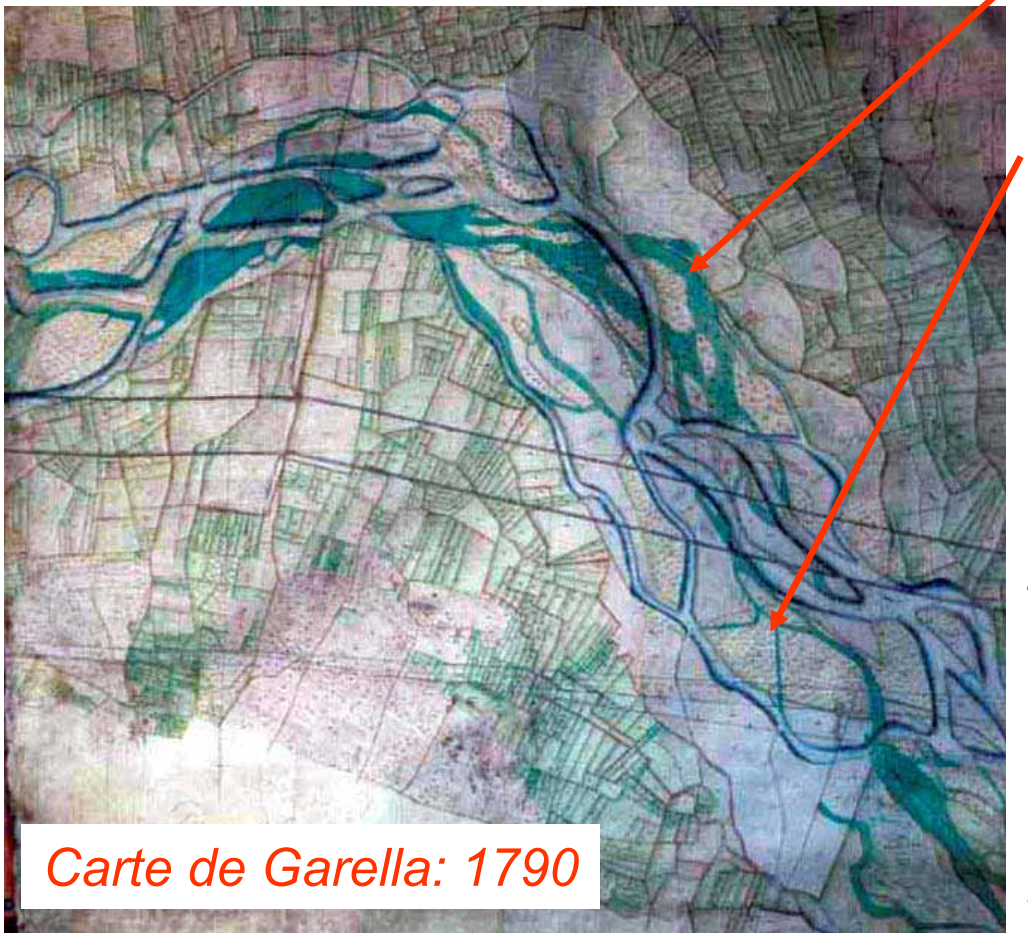
Débits solides et liquides influencés par les événements naturels et le déboisement des versants:

forte charge transportée, crues fréquentes

forte instabilité → renouvellement des formes géomorphologiques (érosion et déposition) → hydrosystème tressé/anastomosé occupant tout l'espace alluvial

→ grande variabilité spatio-temporelle des contraintes physiques (zonation) et des perturbations (successions) → **forte biodiversité**

Documents d'archives (cartes, cadastres, rapports) → Histoire de l'utilisation des terres



Brassières (anciens chenaux riches en éléments fins): agriculture (cultures diverses et *blache*)

Glières (« îles », dépôts grossiers à granulométrie variée et à divers stades de la succession):
- Prairies: fourrage, pâturage;
- Pelouses maigres + landes: terrains de parcours pour le bétail;
- Broussailles arbustives: bois pour les fours, piquets, liens…
-Taillis de bois tendre (coupés tous les 5 ans): bois de chauffage, de charpente; *feuillerin* (fourrage)

Absence de forêts de bois dur
(chênaie-frênaie à merisier et orme)

Exploitation de la ressource: défrichage et pâturage

1- Mise en culture des dépôts sableux au stade « verney » (sols rehaussés et enrichis en MO): coupes à blanc et dessouchage → prairies (enrichies à chaque crue)

2- Mise en culture des dépôts de gravier au stade communauté arbustive pionnière dense à argousier (*Hippophae rhamnoides ssp fluviatilis*)

Traits de l'argousier: chevelu dense de racines avec nodosités fixatrices d'azote dans les 40/50 premiers cm, adapté au stress (basses eaux); extension végétative rapide à partir de bourgeons situés à 5 cm de profondeur; drageonne (fixe les sols).

Techniques utilisées: brûlis tous les 3 ou 4 ans → communautés denses → piégeage de sédiments fins et apport de nutriments favorable aux herbacées

après plusieurs traitements → terrains de parcours (bovins et moutons)

Forte pression sur la végétation alluviale → à partir de 1740 on laisse se développer les groupements végétaux jusqu'au stade « verney de 5 ans » (communauté forestière à *Alnus incana, Salix alba, Populus nigra*) pour protéger les îles de l'érosion.

Etat des lieux au début du 19ème siècle

Développement de la population

→ défrichage des versants, utilisation de l'espace alluvial

→ forte instabilité des dépôts alluviaux (+ extension de la malaria)

Nécessité de lutter contre l'érosion des dépôts alluviaux et les inondations des terrains défrichés (communaux nécessaires aux habitants et en particulier aux plus pauvres)

Gestion des flux d'eau et de matériaux → dilemme:

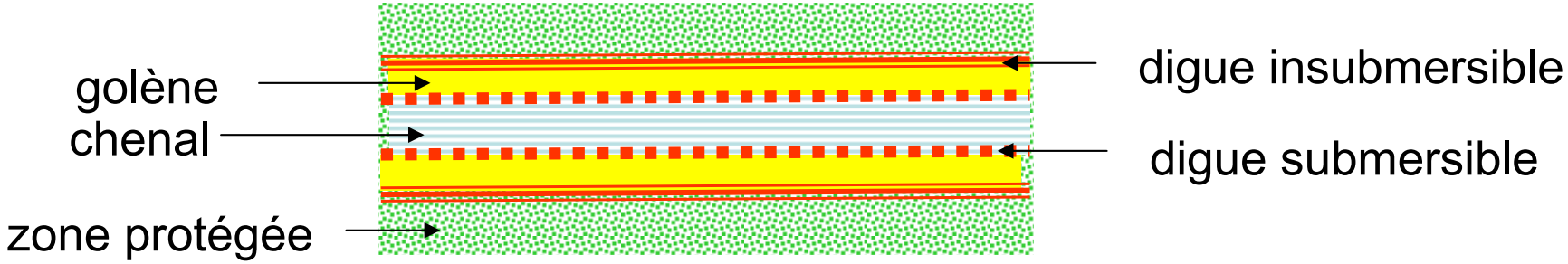
- exploiter la végétation (cultures, pâturage, exploitation du bois et de la « blache »)

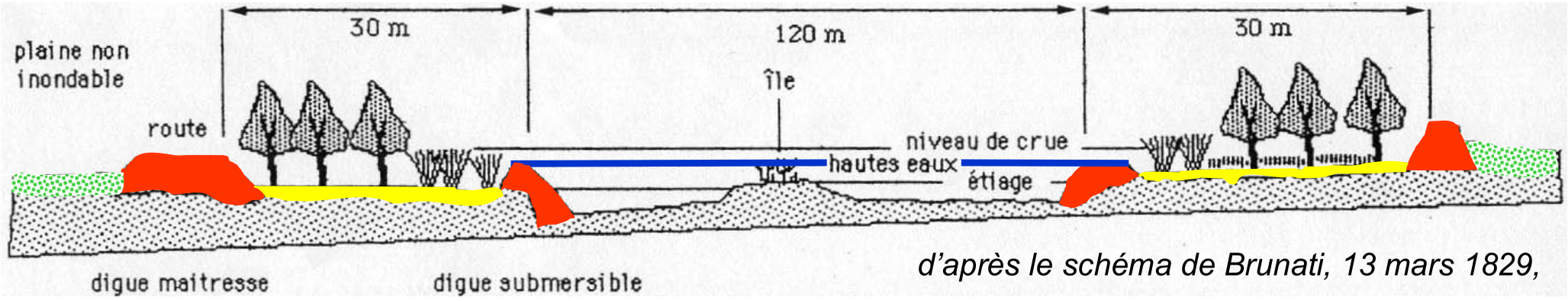
- conserver la végétation et les sols (fixer les berges; piéger les matériaux fins et améliorer les sols)

Solution: l'endiguement chenalisation (concentrer les flux dans un chenal unique, protéger la plaine mise hors inondation)

Gérer les flux d'eau et de sédiments dans un chenal unique et produire de la biomasse végétale:

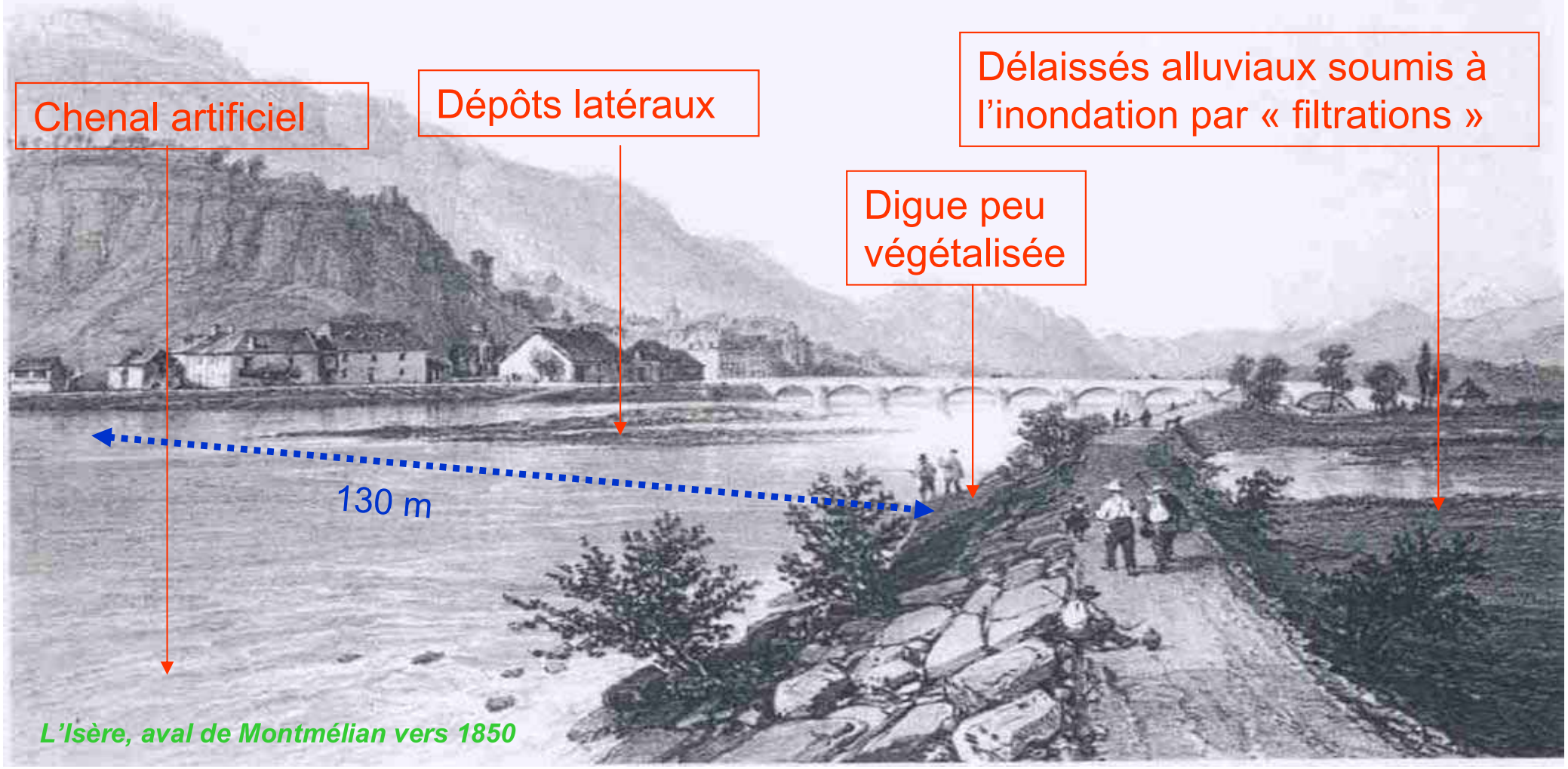
l'endiguement en golène ou « à l'italienne » (1828-29)





d'après le schéma de Brunati, 13 mars 1829,

L'endiguement continu (sans golène, 1 paire de digues insubmersibles) est finalement adopté pour l'Isère (1829-1854)



L'Isère, aval de Montmélian vers 1850

S'adapter à des conditions écologiques inédites

Chenal artificiel à pente plus faible

Définir une largeur suffisante pour garantir un bon écoulement en période de crue et assurer un débit capable à l'étiage de remobiliser les dépôts et donc empêcher la végétalisation du chenal.

La végétation alluviale est une entrave au fonctionnement du cours d'eau endigué → elle est à éliminer dans le chenal et sur les digues

Délaissés alluviaux hors digues à assécher et bonifier (agriculture)

Comblement artificiel des bas fonds + apport d'une couche de matériaux → rétablir la connexion en période de hautes eaux (colmatage ou limonage)

La végétation alluviale est une ressource à conserver (bois, *blache*, foin…); la végétation favorise la sédimentation et participe à la constitution de sols cultivables

Colmatage artificiel par *limonage* et extension des prairies humides (1845-1890)

année	*impact humain*	*communauté végétale*
1862	début du colmatage (période avril/juillet)	groupement pionnier dominé par *Typha minima* (installation par graines apportées essentiellement par l'eau)
1863	colmatage, fauchage	communauté dense à *Typha minima* (expansion végétative par rhizomes)
1864	colmatage, fauchage	apparition des "roseaux" (*Phragmites australis, Calamagrostis epigejos, Phalaris arundinacea*)
1865	colmatage, fauchage	communauté à roseaux dominants
1866	colmatage, fauchage, pâturage	les roseaux restent dominants
1867	colmatage, fauchage, pâturage	développement de la prairie à hautes herbes (*Carex sp, Schoenus nigricans, Molinia coerulea*, et dicotyledones hygrophiles)
1868	colmatage, fauchage, pâturage	prairie hygrophile à *Carex sp*, , *Molinia coerulea, Lysimachia vulgaris, Filipendula ulmaria....*

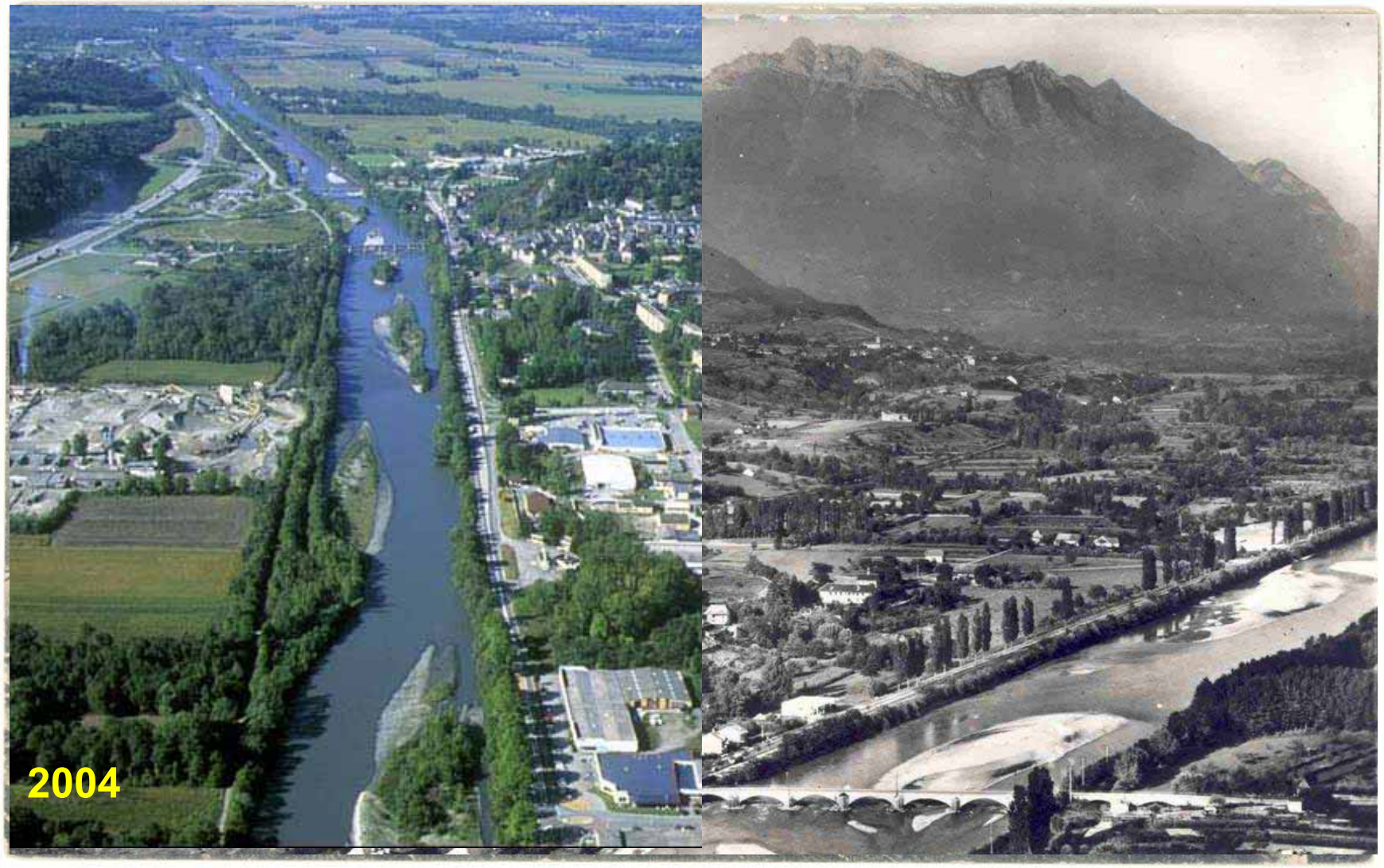
Sédimentation et succession végétale dans un bassin de colmatage

année	Quantité de « blache » récoltée en tonnes	Surface
1861	900	?
1862	1100	?
1863	1400	?
1864	1700	?
1865	2000	?
1866	2400	1015 ha

Production de *blache* dans les bassins domaniaux de la Combe de Savoie

Sources: *Nadault de Buffon, 1867; Drizard, 1868; Buchard, 1882*.

La végétation dans le chenal et sur les digues



La végétation sur les digues et dans le chenal: problèmes de gestion

Sédiments et végétation dans le chenal : évolution temporelle

1829/60 → tendance à la déposition (rehaussement des digues en 1848); dépôt après la crue de 1859; fréquence et intensité de la perturbation limitent la végétalisation aux stades herbacés pionniers.

1860-1890: colmatage artificiel et stockage des sédiments dans les bassins (prélèvement de 5m3/s à chacune des prises d'eau des 15 sections de colmatage en période de hautes eaux → période de régulation du processus de déposition (perturbation → sols nus et végétation pionnière)

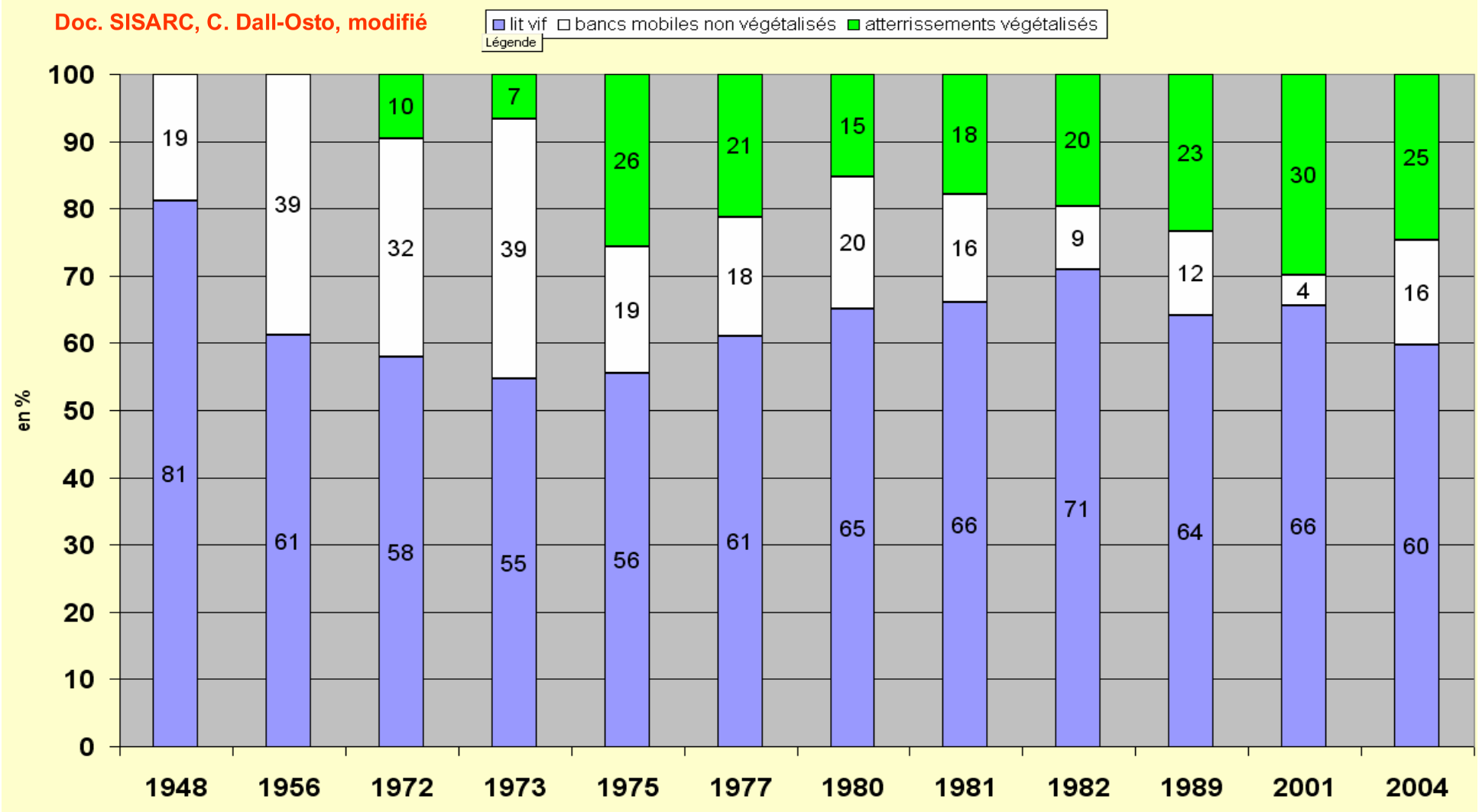
A partir de 1860 puis de 1914: « reboisement-regazonnement » et déprises agricoles dans le bassin versant →diminution des apports de matériaux (végétation pionnière)

A partir de 1950: aménagements hydroélectriques (piégeage des sédiments); prélèvement de matériaux dans le lit du cours d'eau → équilibre puis déficit

1960-1975: végétalisation des îles jusqu'au stade arbustif et feed-back = autorégulation (destruction/construction → milieux neufs favorables aux pionniers et bois tendres)

1975/80- ?: déficit en sédiments grossiers (pavage) + érosion régressive → incision → succession végétale prolongée vers les stades forestiers.

Evolution des « îles » au pont de Montmélian



Le maintien de la végétation alluviale déalpine passe par la restauration de la dynamique géomorphologique

Arbres à bois tendre: peuplier noir; aulne blanc, saule blanc

Arbustes pionniers: saules (*Salix triandra, S. daphnoides, S. eleagnos, S. purpurea*), myricaire, argousier.

Herbacées: petite massette, épilobe des moraines, souchet des marais, calamagrostis faux-roseau,baldingère..

Exemple d'une plante protégée au niveau national: la petite massette (*Typha minima* Funck)

Ecologie: alluvions fines (limono-sableuses, calcaires), imbibées d'eau

Traits: pionnière anémochore-hydrochore; extension par rhizomes

Répartition: piemont alpin, (Rhône-Alpes et PACA) et en particulier dans la Combe de Savoie

Gestion conservatoire: nécessité d'inscrire les cours de l'Arc et de l'Isère dans le réseau Natura 2000

Conclusion

1- Au cours du temps s'établissent des inter-relations complexes entre facteurs anthropiques (socio-économiques), contraintes physiques et végétation.

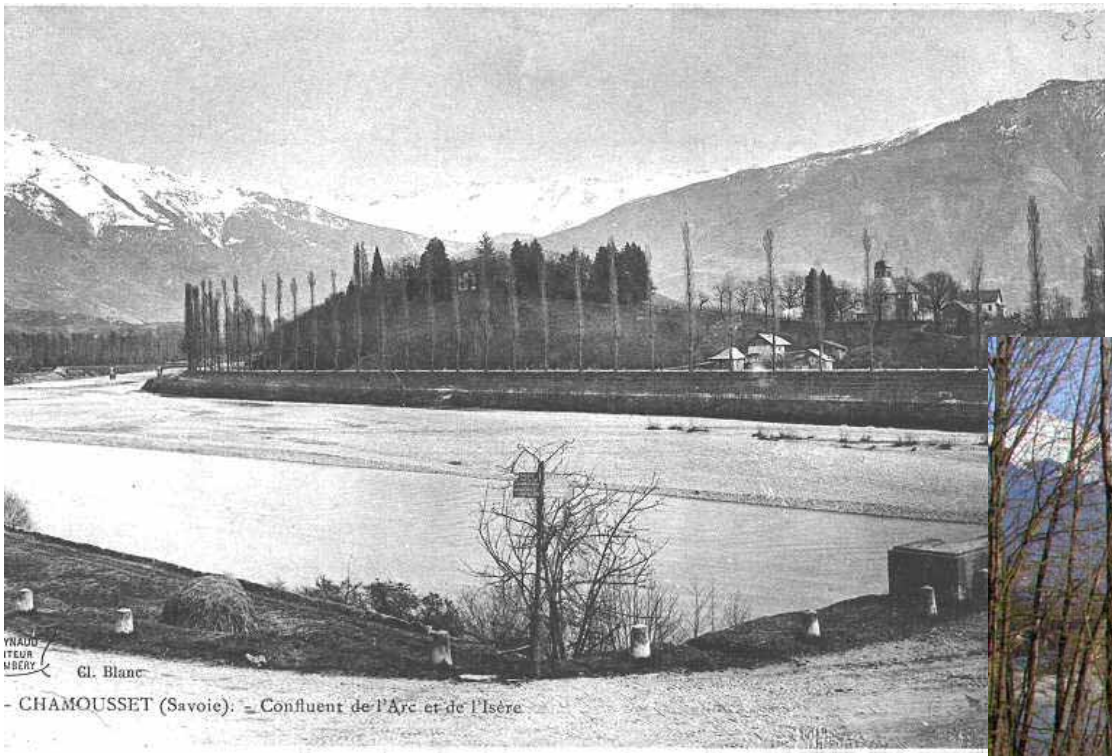
2- Il en résulte une expansion d'habitats potentiels pour certaines espèces (essences caractéristiques des forêts de bois dur, espèces caractéristiques des marais alluviaux, espèces invasives diverses souvent monopolistes…) ou au contraire des rétractions significatives (essences caractéristiques des forêts de bois tendres) ou même dramatiques (espèces alluviales déalpines, pionnières, arbustives et herbacées).

3- La végétation alluviale n'étant plus une ressource économique → absence de contrôle sur les digues et les atterrissements (exploitation) depuis plusieurs décennies.

4- Le nouveau type de fonctionnement hydro-géomorphologique → la végétation se banalise et devient une entrave pour l'écoulement dans le chenal endigué.

En 2007: Il y a une convergence entre les enjeux « naturalistes » et les objectifs hydrauliques qui visent à retrouver des atterrissements mobiles.

Les limites des actions ponctuelles



1908 -2008

FIN

Cemagref Grenoble

Historique du génie végétal en rivière

A.Evette, S. Labonne, F. Rey, N. Sardat & J. Girel

eau - territoires - développement durable

Grenoble le 29 janvier 2008

Plan

Introduction

1. **Ouvrages dans le fond du lit**
2. **Ouvrages de protection de berges**
3. **Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle**
4. **Techniques d'hier et d'aujourd'hui**

Conclusion

Historique du Génie Végétal en Rivière

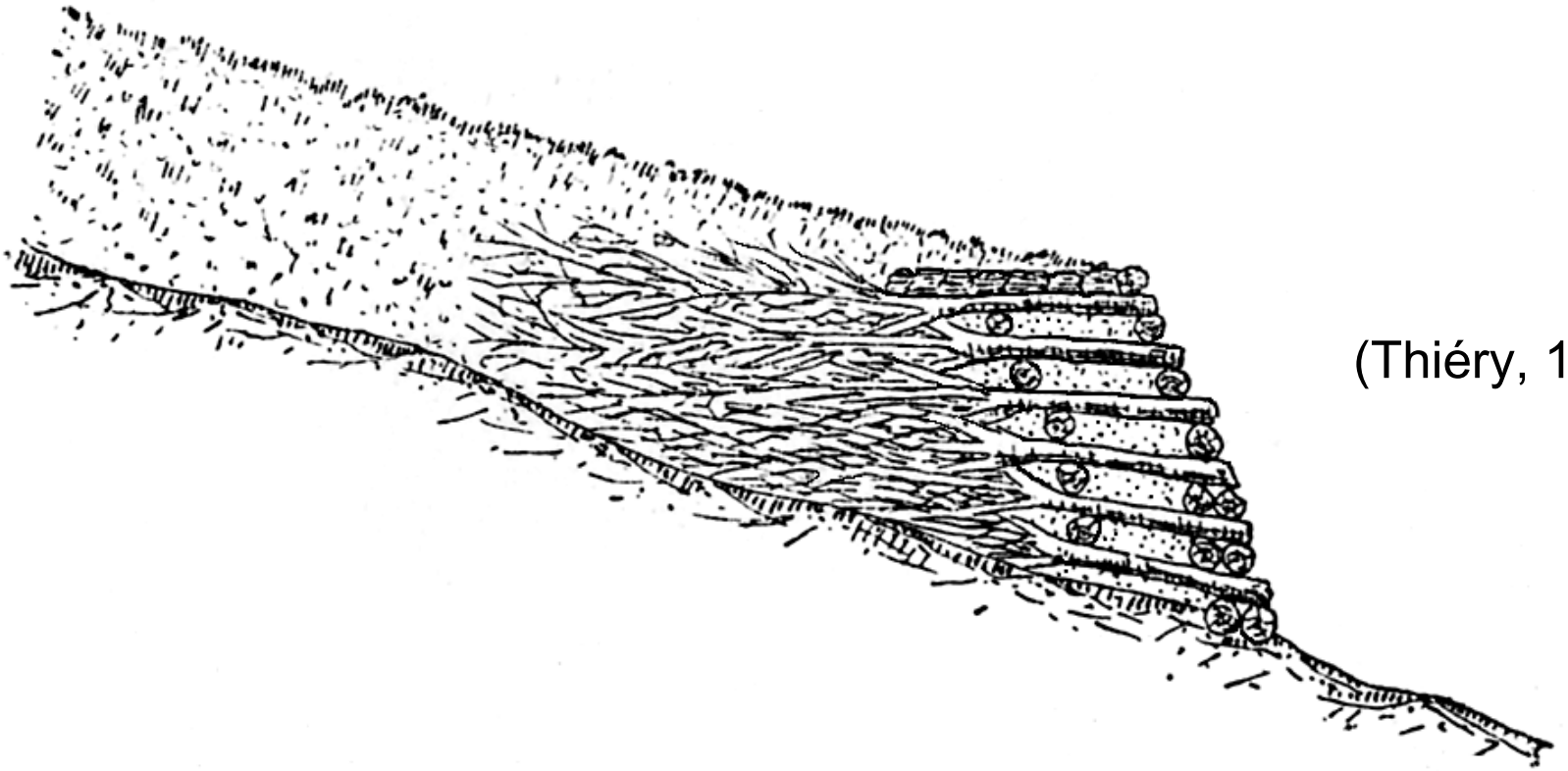
Fascines de saules sur le Fleuve Jaune

Premier Siècle avant JC (Hoag 2005)

Collumelle, Ier Siècle avant J.C. « De Re Rustica»

1 Ouvrages dans le fond du lit

- **Barrages en caissons végétalisés**

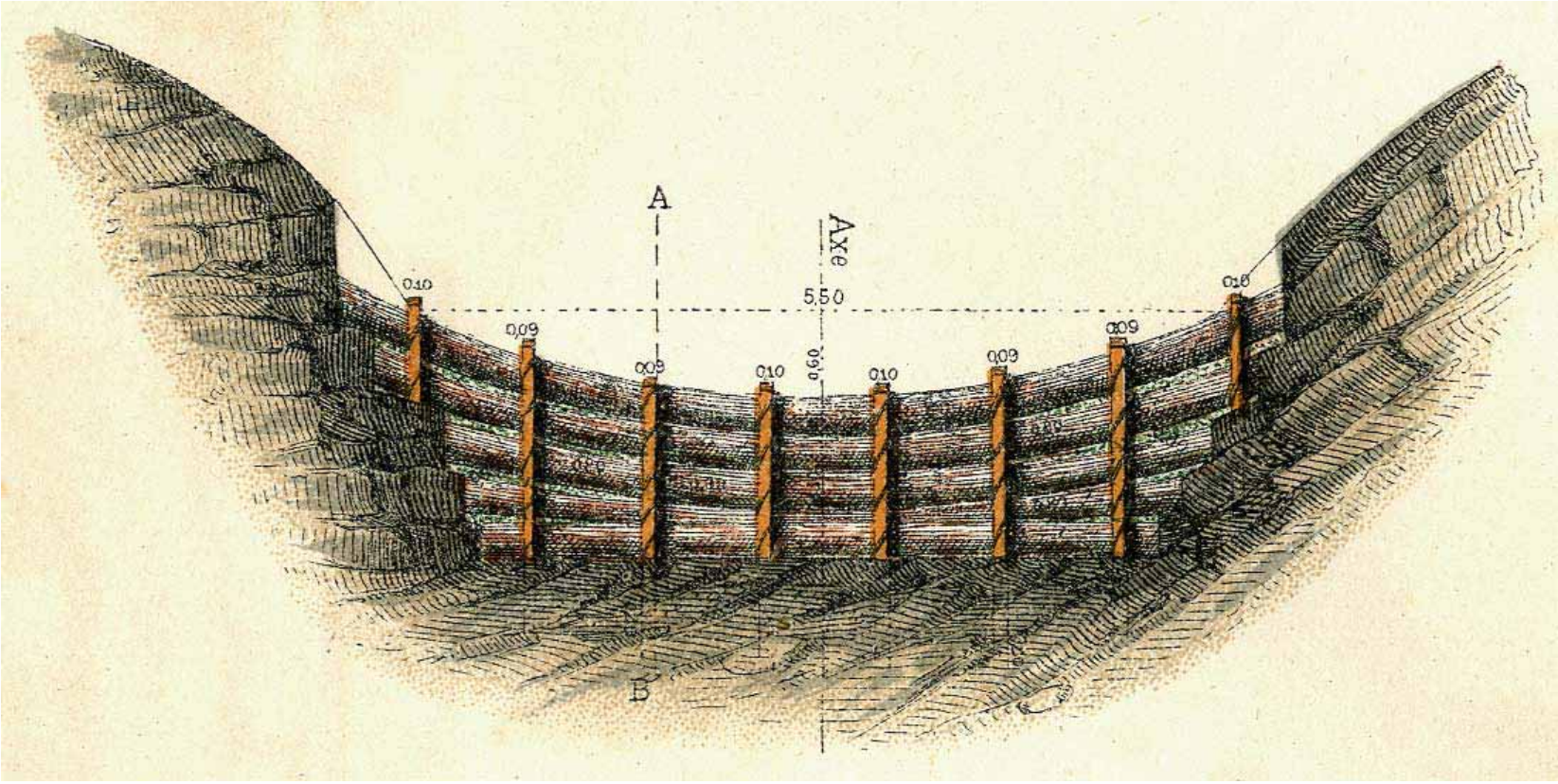


(Thiéry, 1891)

Jusqu'à 10 m de hauteur sur 40 m de large dans les torrents

1 Ouvrages dans le fond du lit

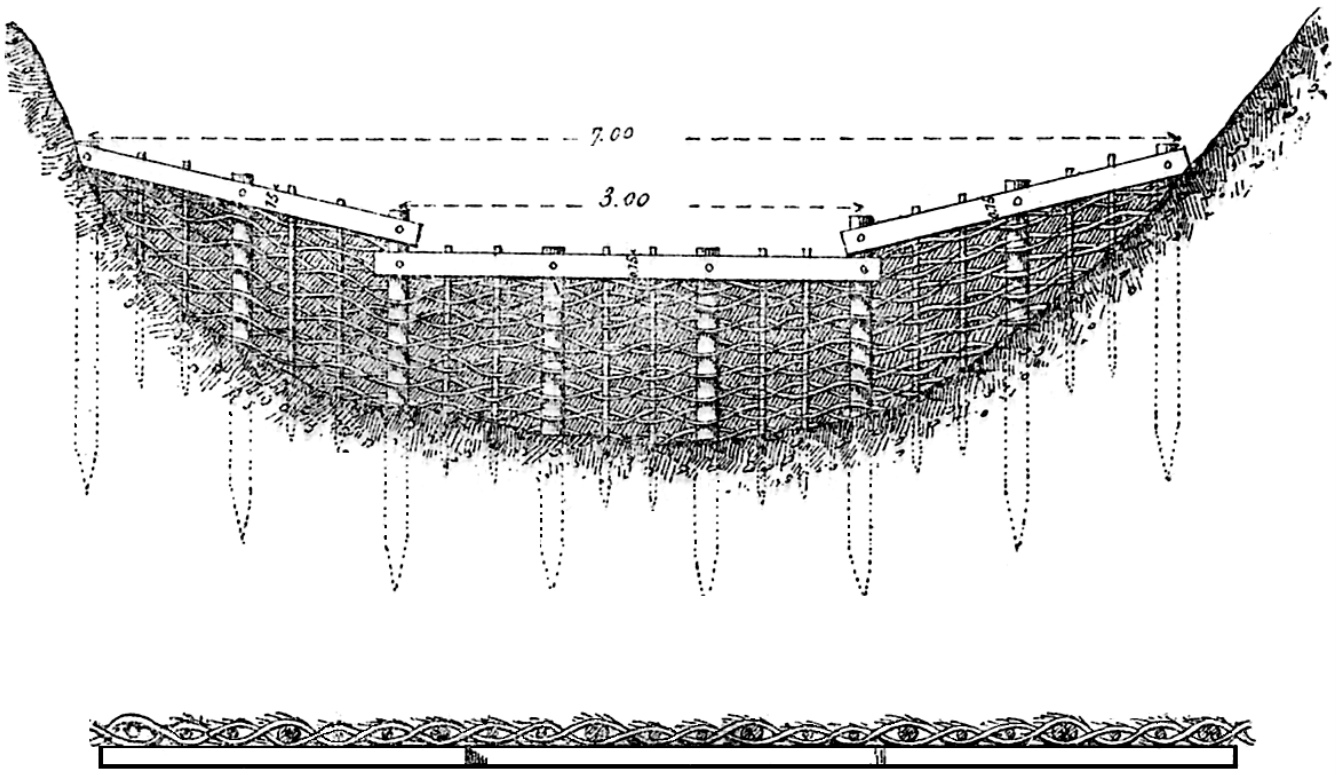
- **Barrages en fascinages**



Demontzey, 1875

1 Ouvrages dans le fond du lit

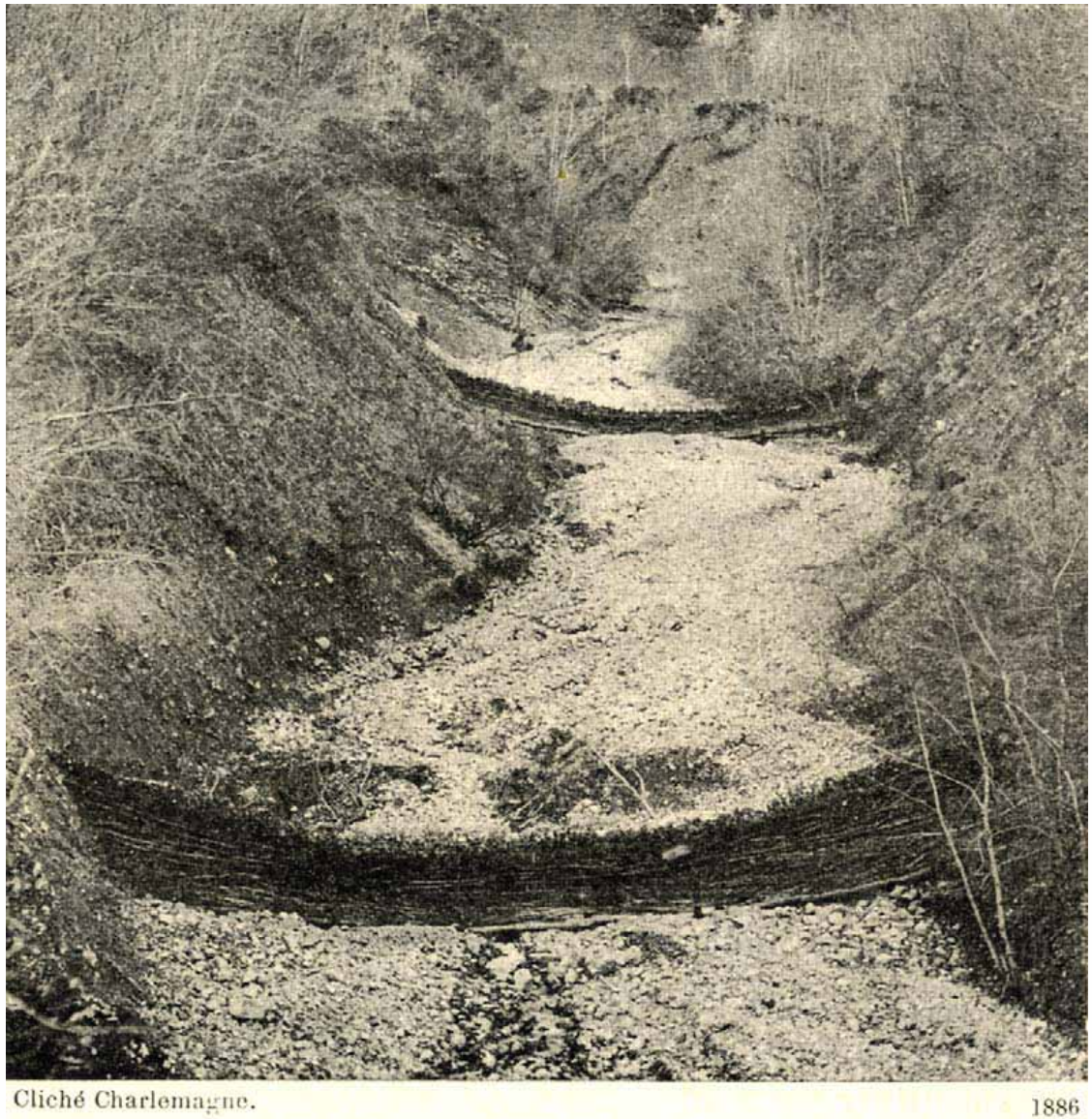
- **Barrages en clayonnages**



Thiéry, 1891

1 Ouvrages dans le fond du lit

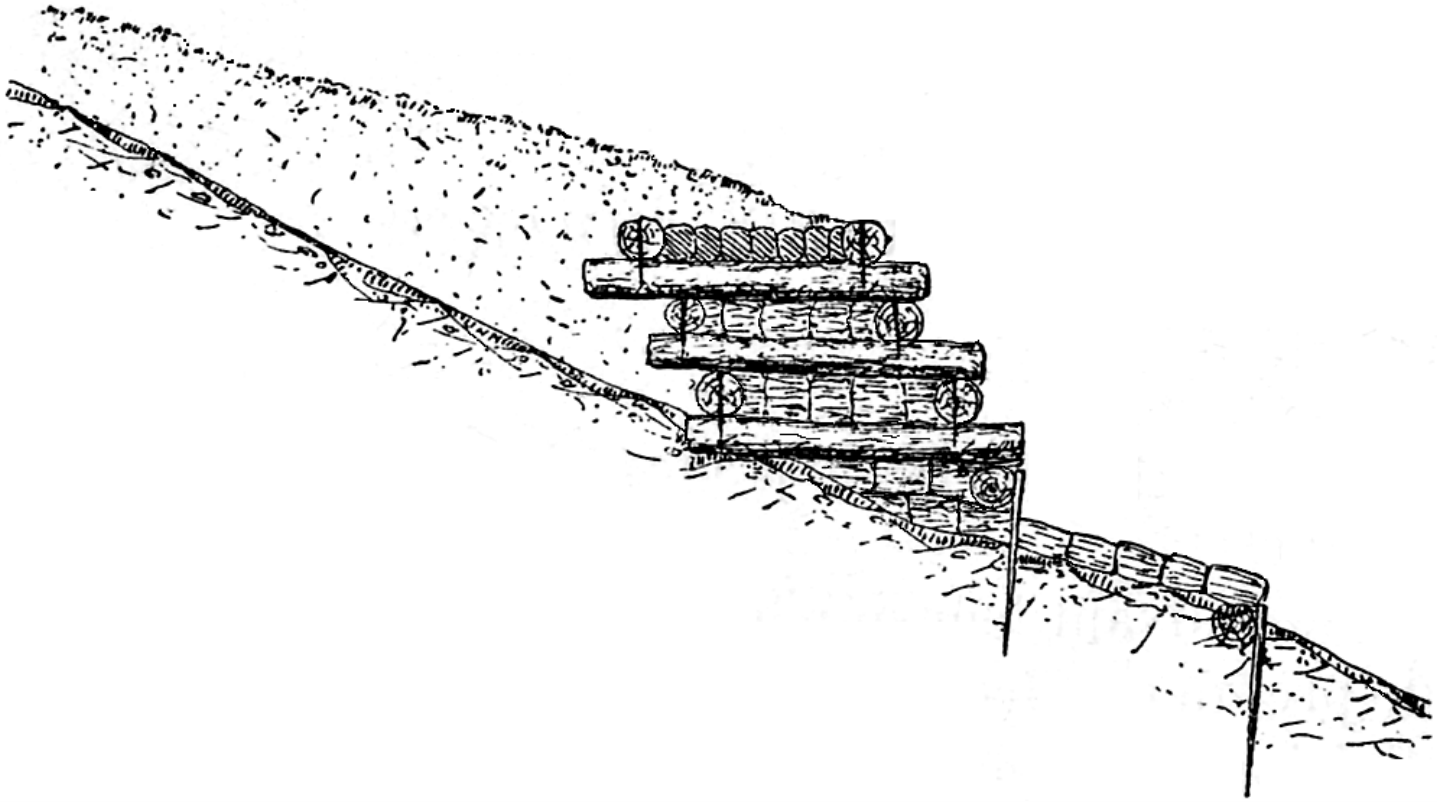
- **Barrages en clayonnages**



Clayonnages dans le torrent de l'Echarina, Isère (Kuss, 1903)

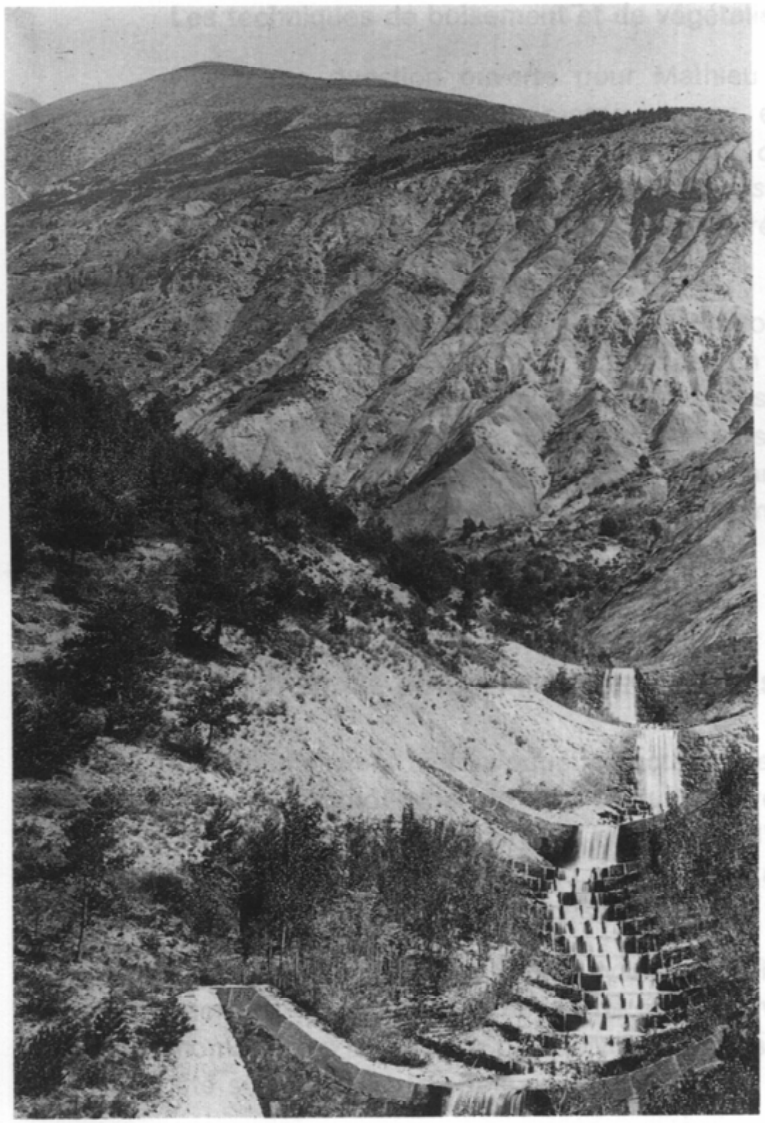
1 Ouvrages dans le fond du lit

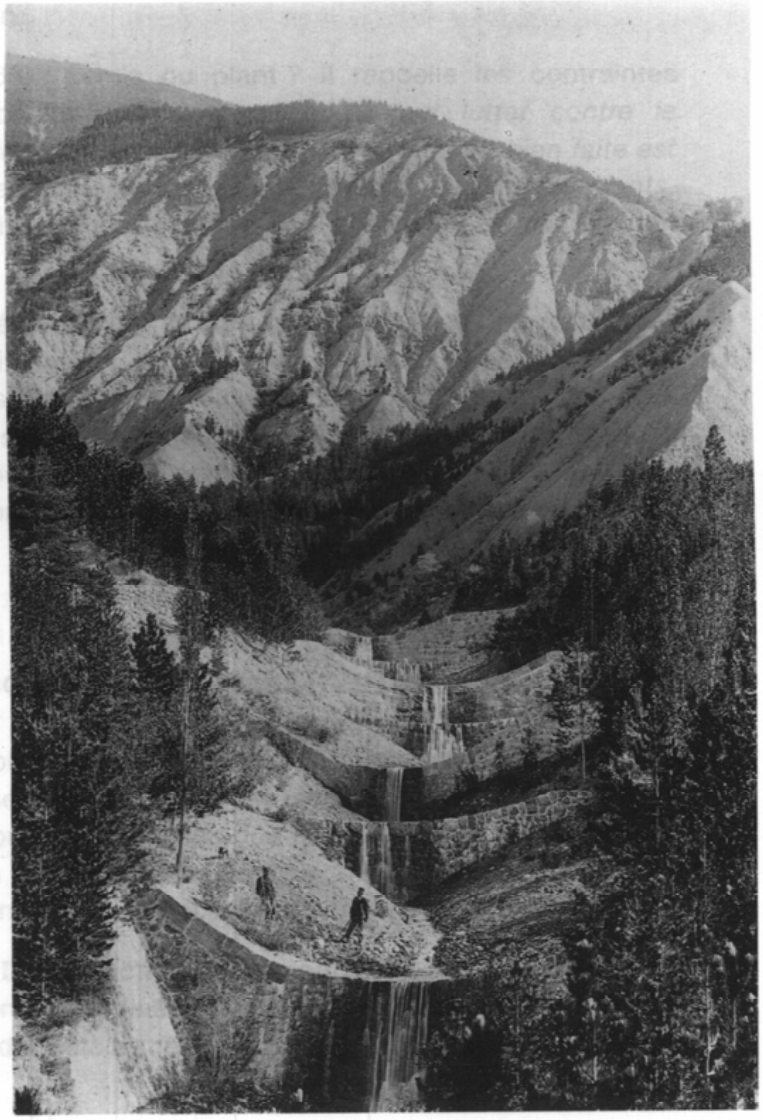
- **Les techniques combinées**



Barrages en bois avec fascines (Thiéry, 1891)

1 Ouvrages dans le fond du lit

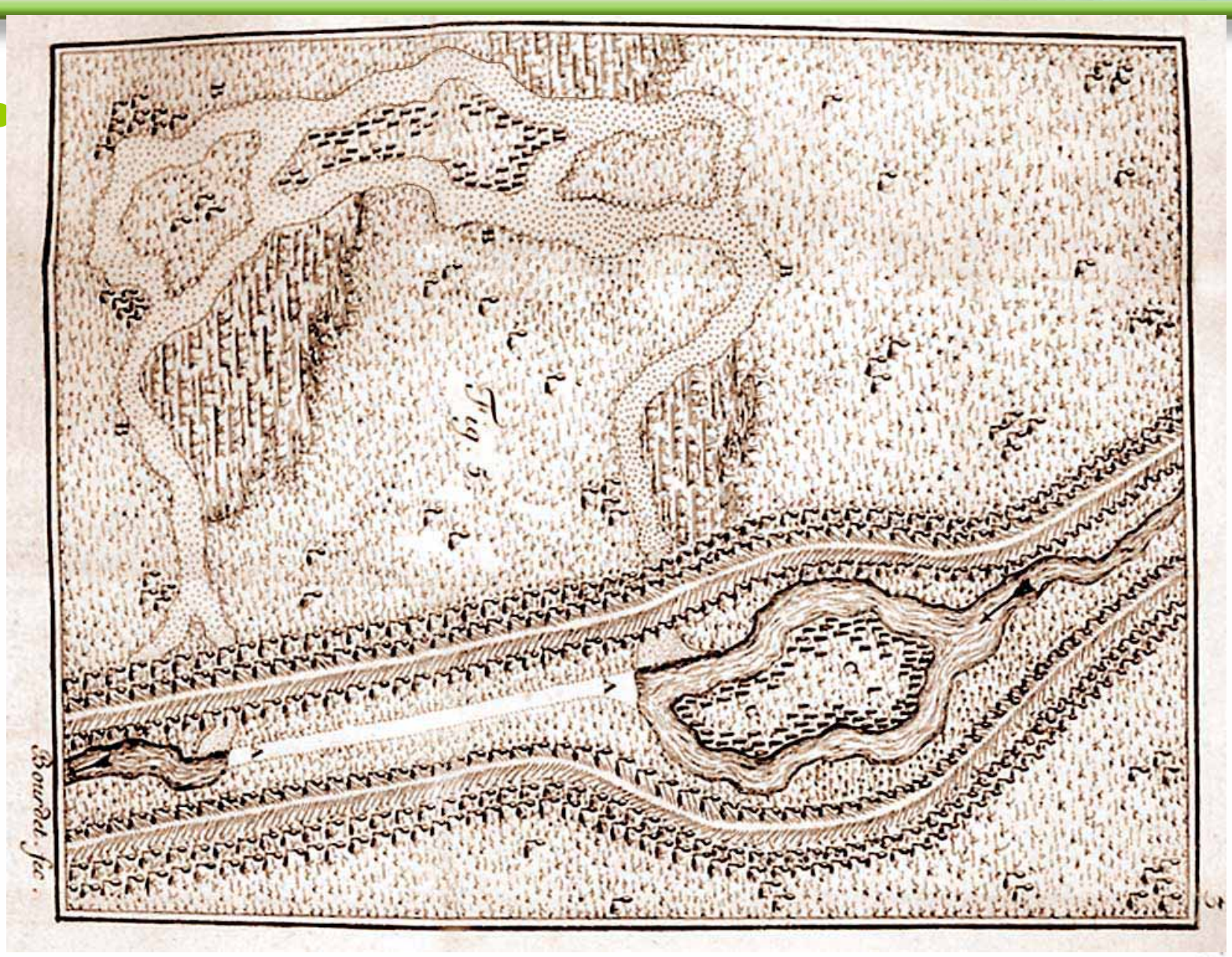




Torrent du Bourget (Savoie), en 1887 (à gauche), en 1905 (à droite)

Photos Collection ENGREF - Nancy

2 Protections de berge



Fascines tenues par des piquets (Bourdet, 1773)

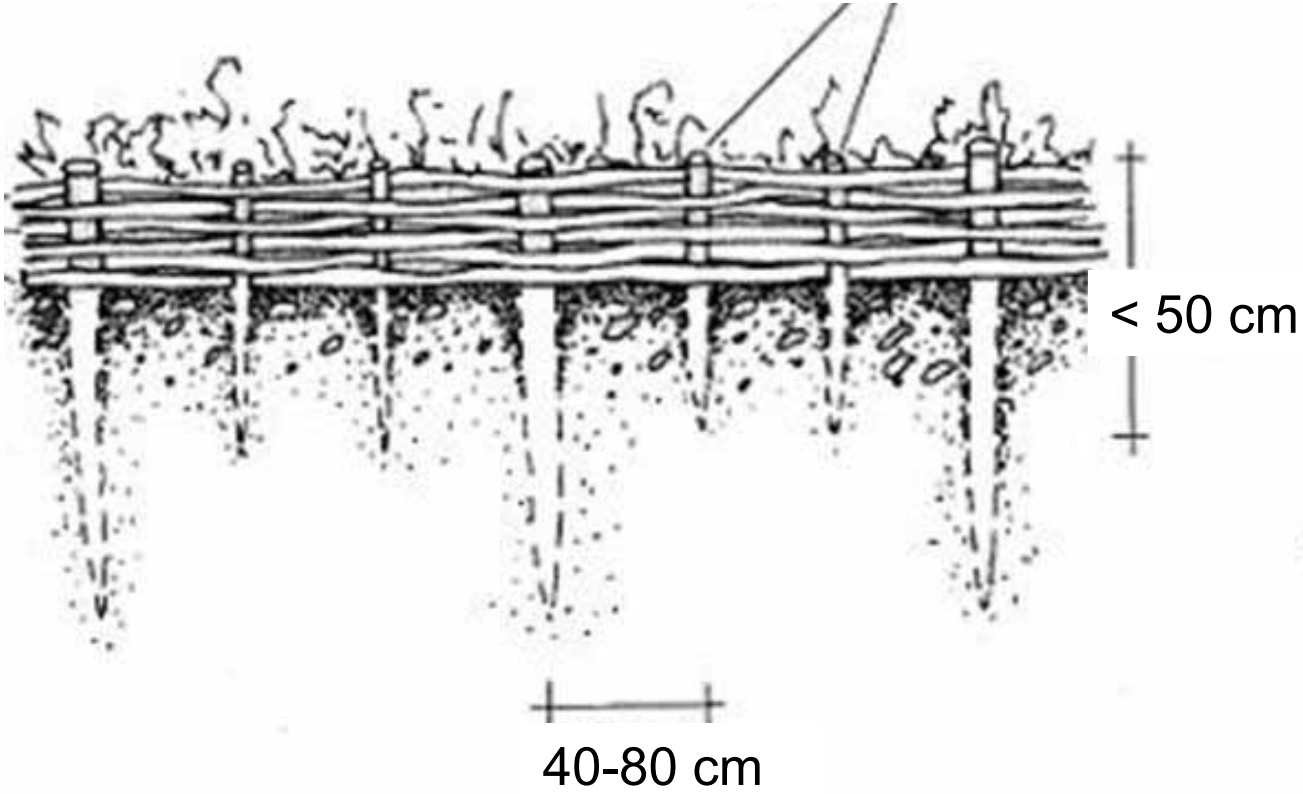
Bourdet. fec.

Cemagref

2 Protections de berge

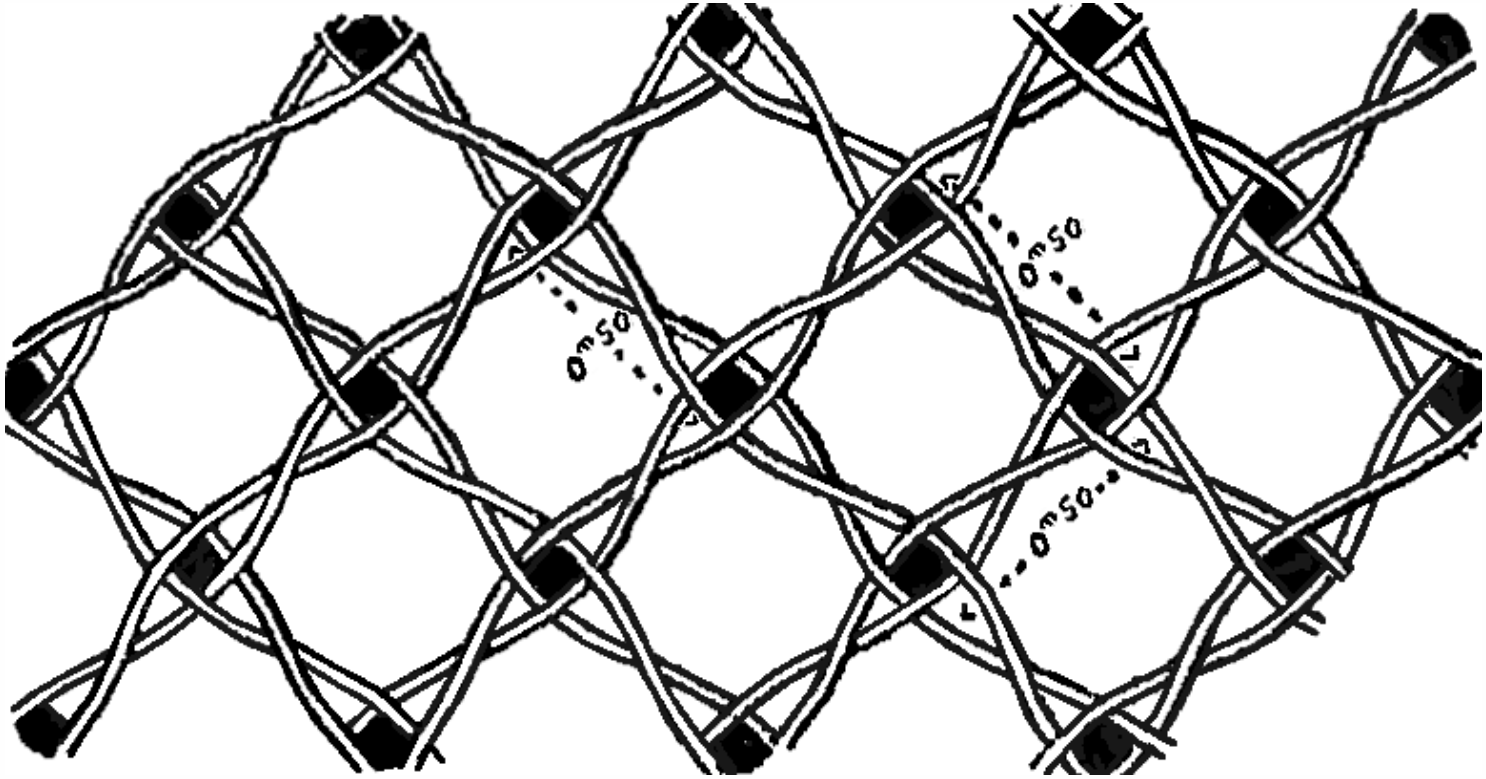
- **Clayonnages**

Piquets : saule ou robinier, de 2 à 4 cm de diamètre



2 Protections de berge

- **Clayonnage**

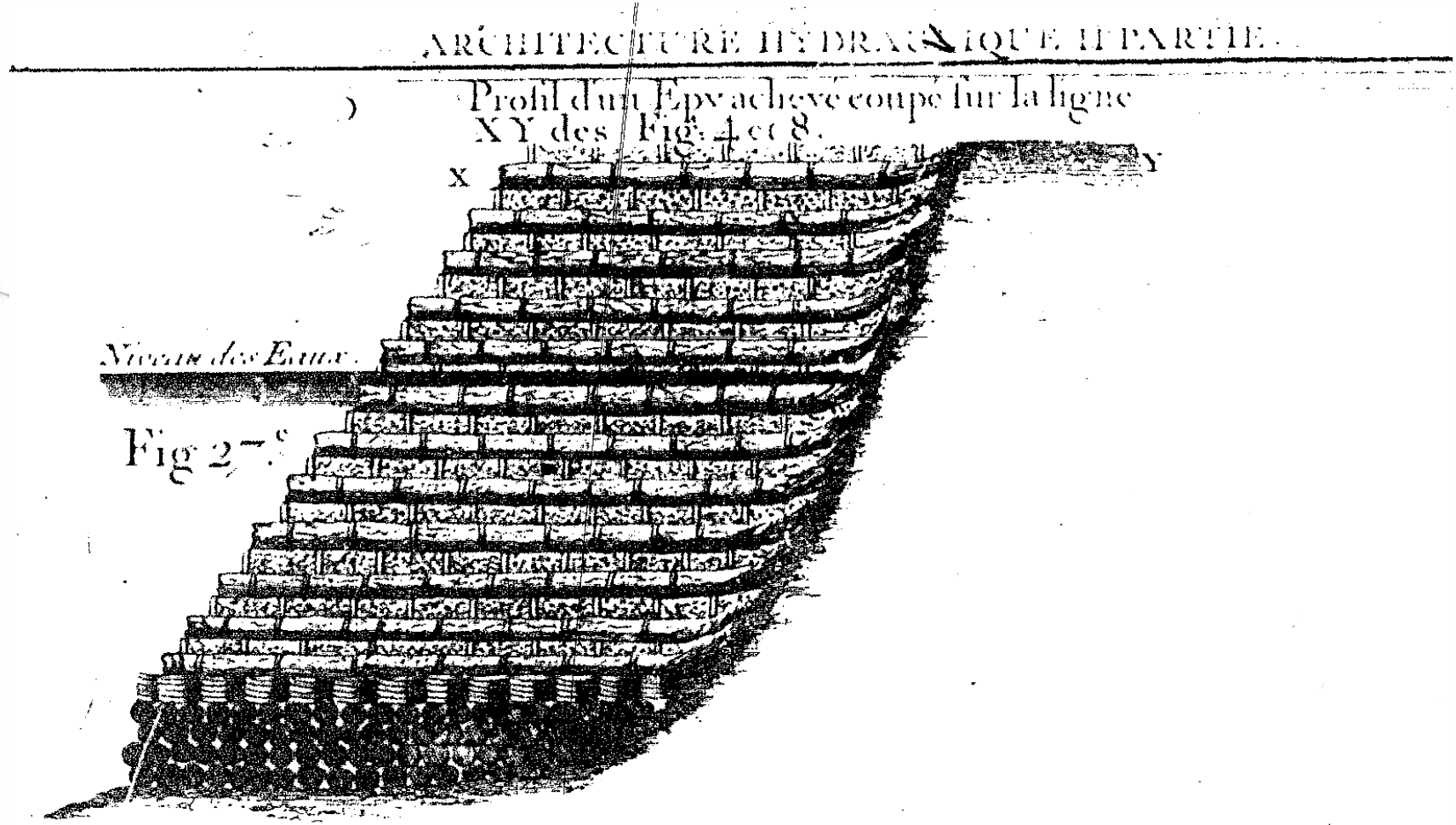


Montages en croisillons

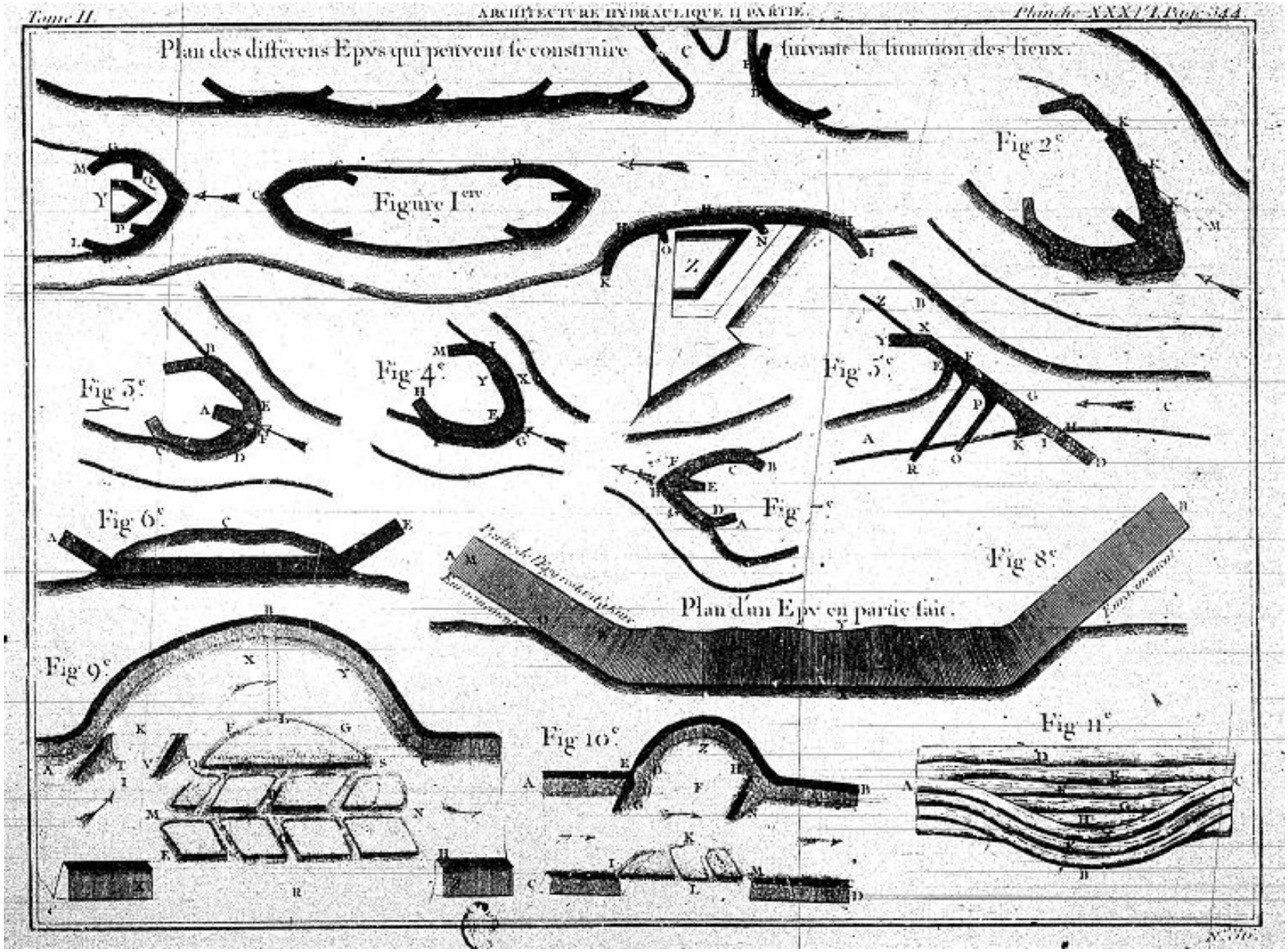
Barlatier de Mas 1899

2 Protections de berge

- **Profil type d'un épi d'après Belidor 1730**



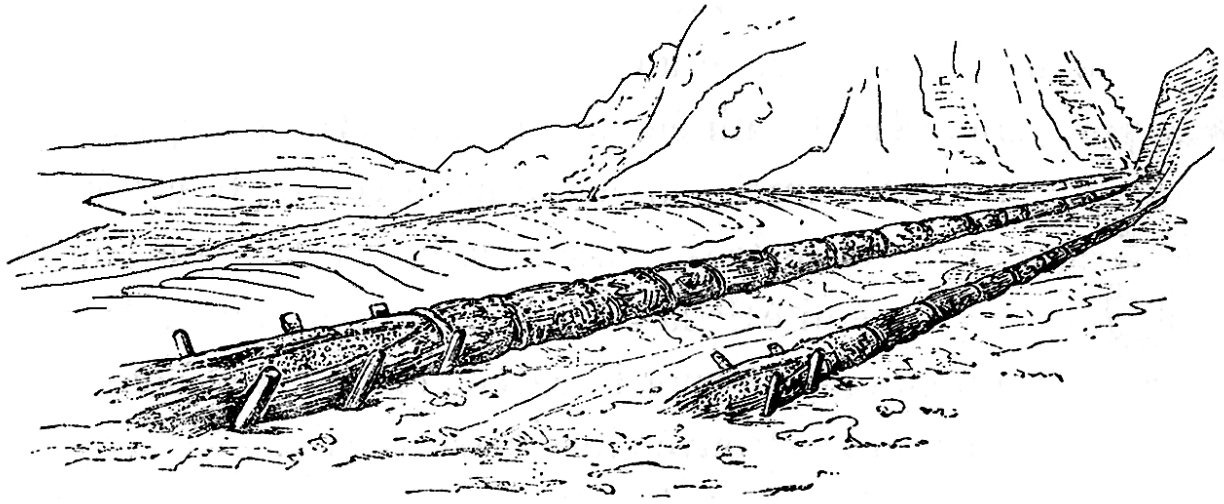
2 Protections de berge



2 Protections de berge

- **Les saucissons**

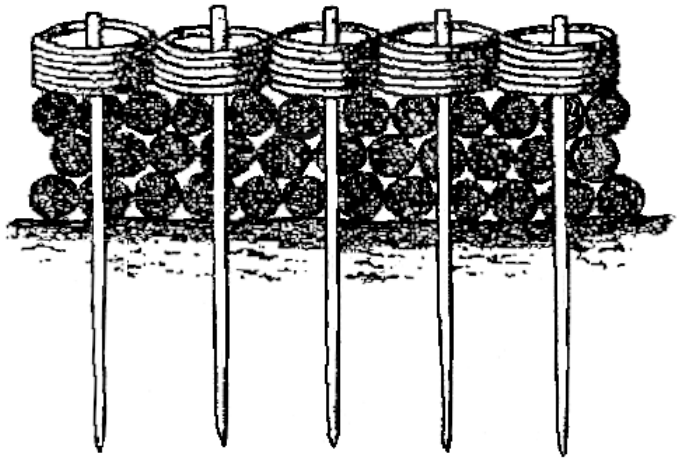
Ces ouvrages, d'un diamètre de 1 à 1,20 m, sont constitués de terre et de pierres ou de sable enveloppés de branchages.
Ils sont resserrés tous les mètres grâce à un fil de fer.
1, 2 ou 3 saucissons. Rhin, cônes de déjection



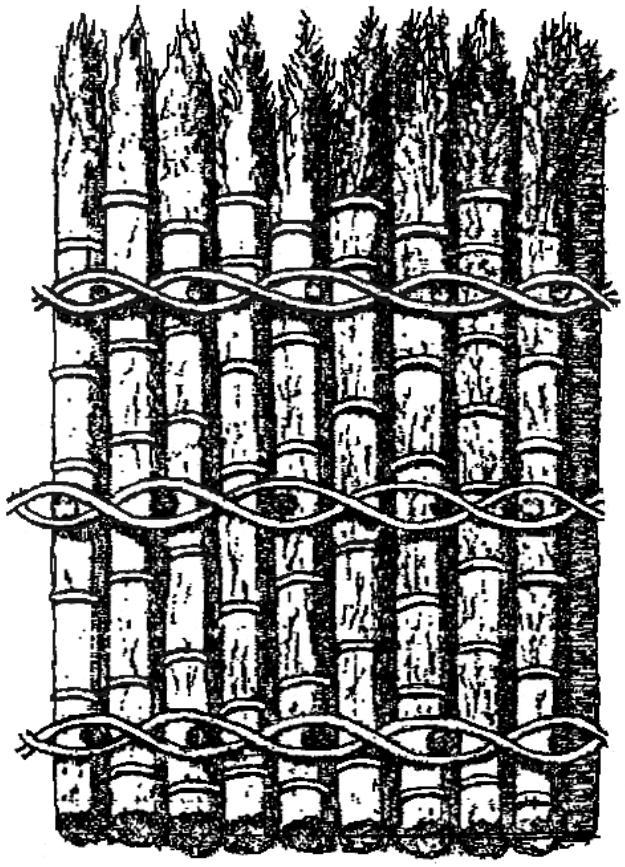
Mathieu 1864

2 Protections de berge

- **Technique combinée**

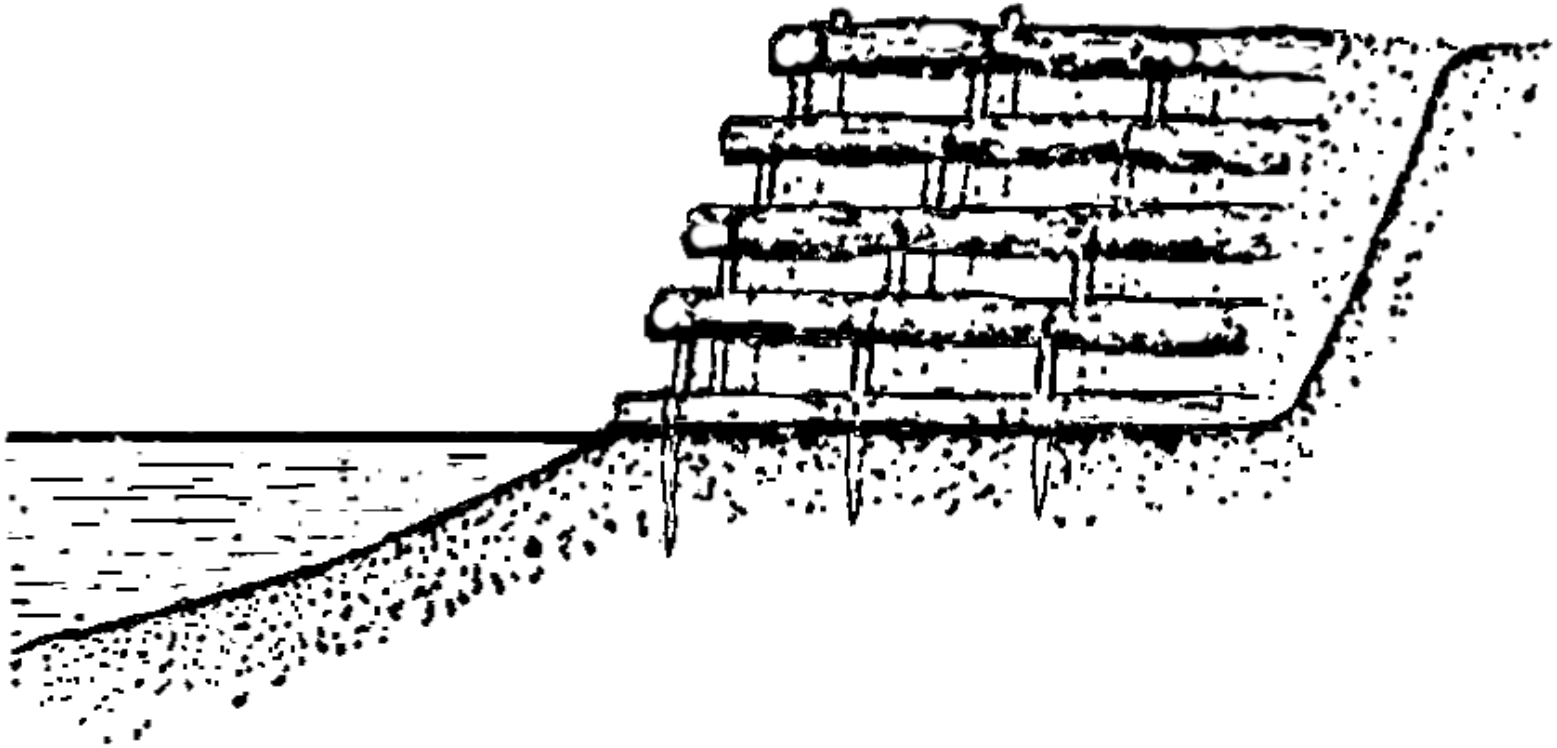


Fascinages et clayonnages
(Forest de Bélidor, 1730)



2 Protections de berge

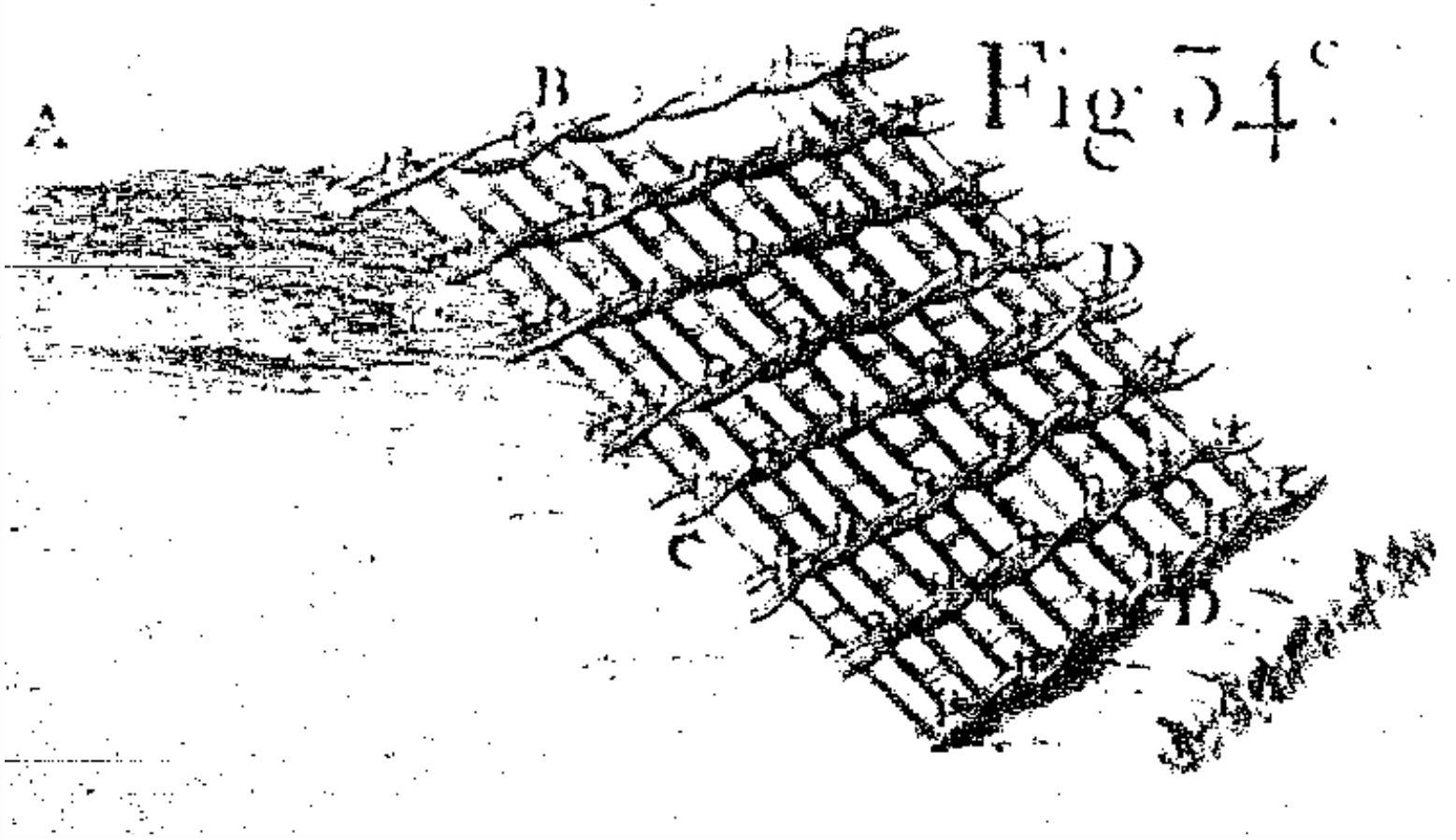
- **Technique combinée**



Fascines tenues par des piquets clayonnés (Barlatier de Mas, 1899)

2 Protections de berge

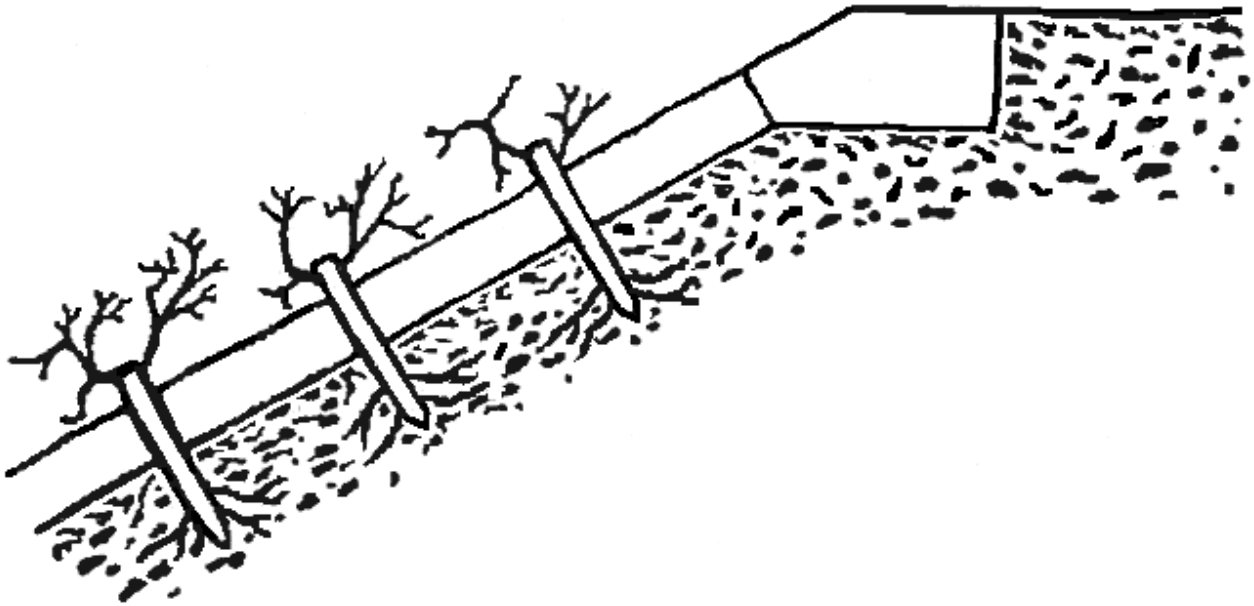
- **Tunage simple d'après Belidor 1730**



« Coucher des fafcines le long du talus BD d'une digue AB , que l'on retient par une file de clayons CD

2 Protections de berge

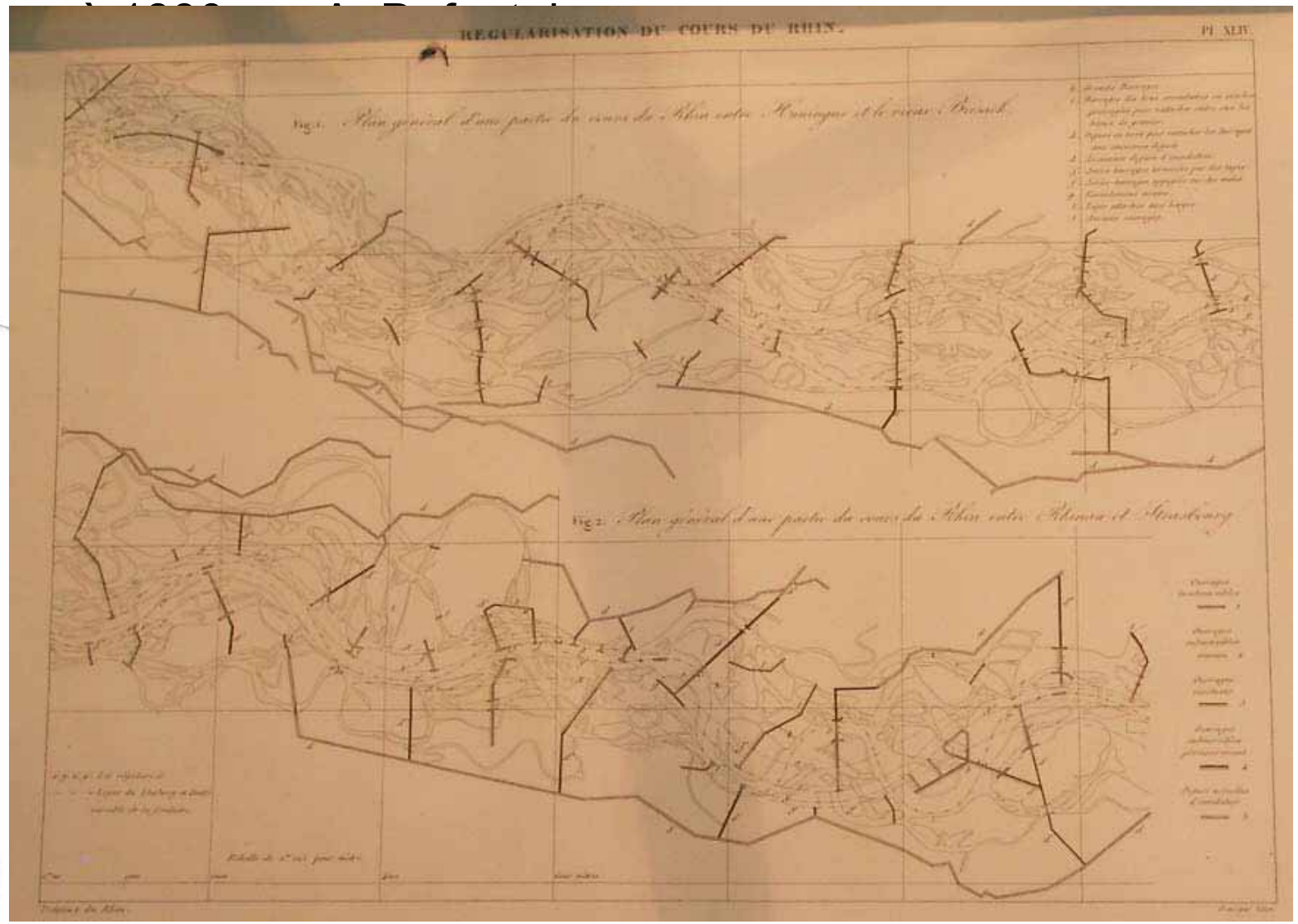
- **Techniques mixtes, génie civil et végétal**



Entretien : halage et arrachement

3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

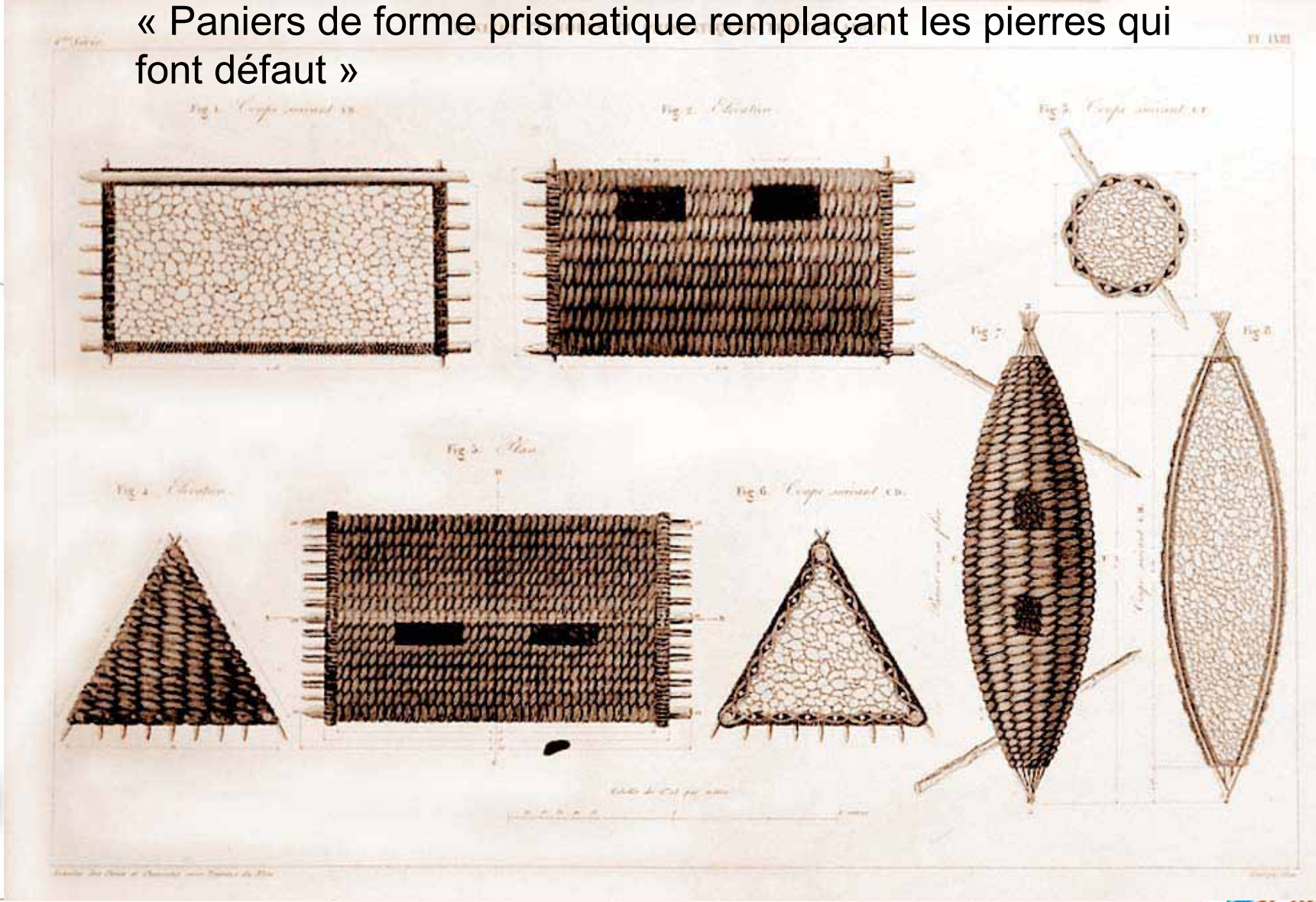
- Travaux de rectification du Rhin par fascinage réalisés de 1820



3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

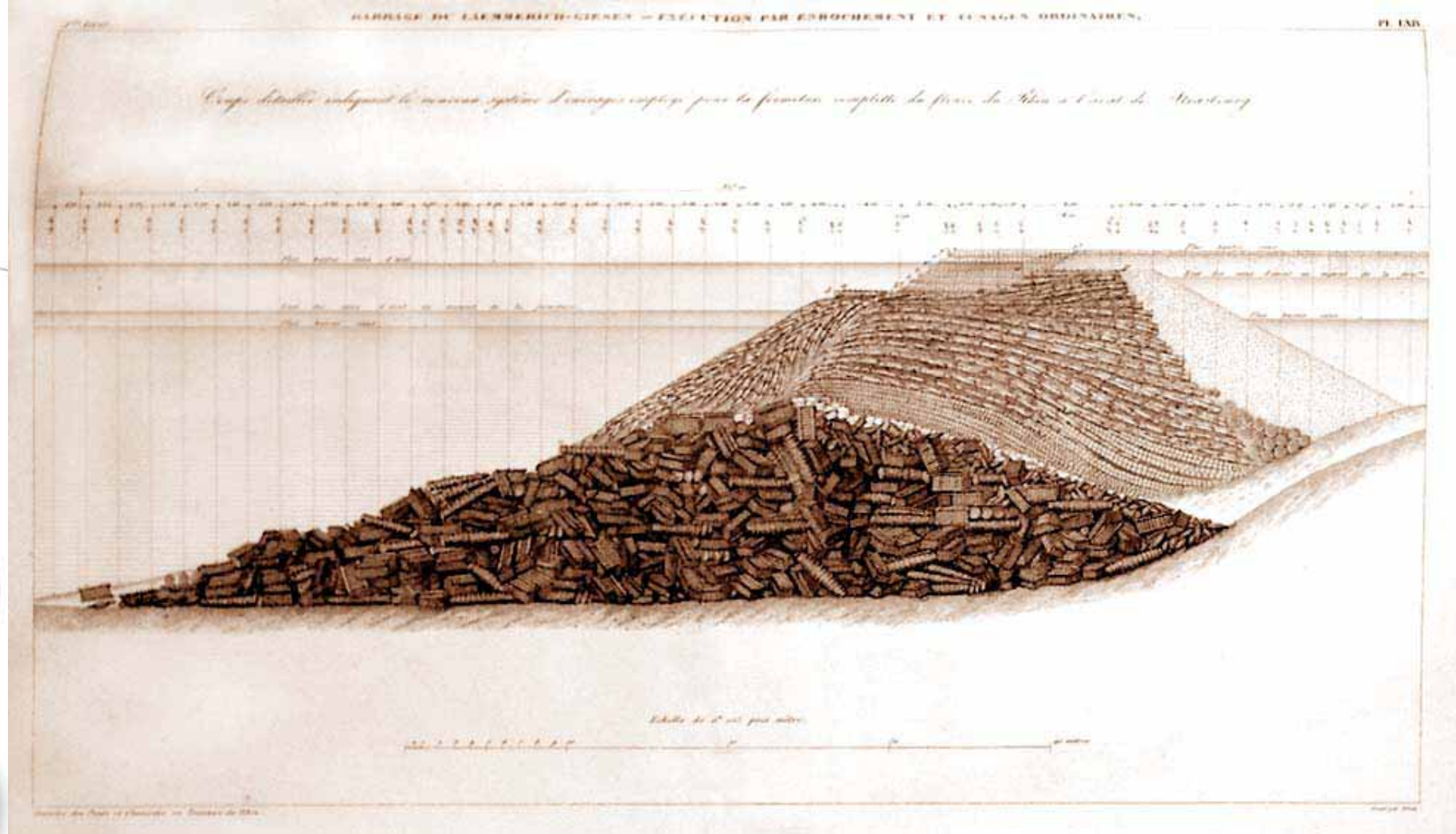
- **Gabions d'hier**

« Paniers de forme prismatique remplaçant les pierres qui font défaut »



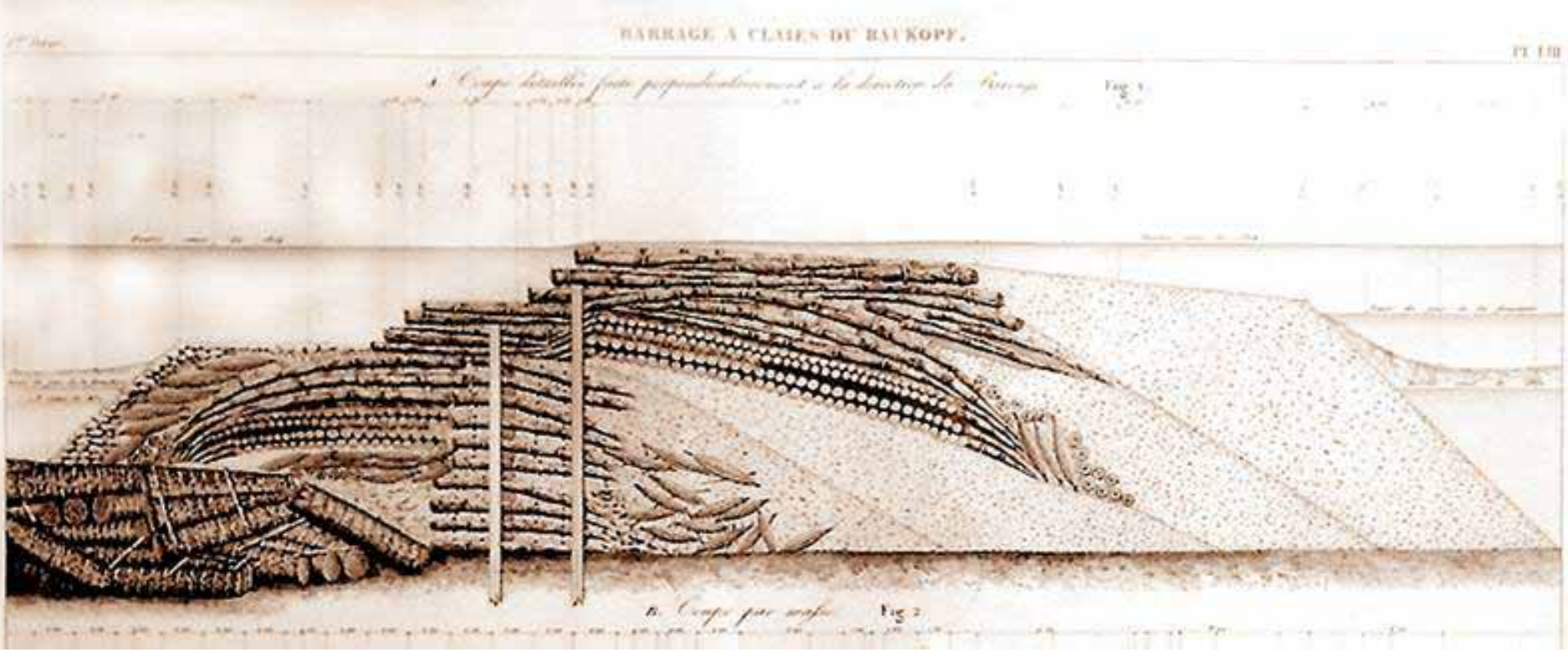
3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

- **Barrage**



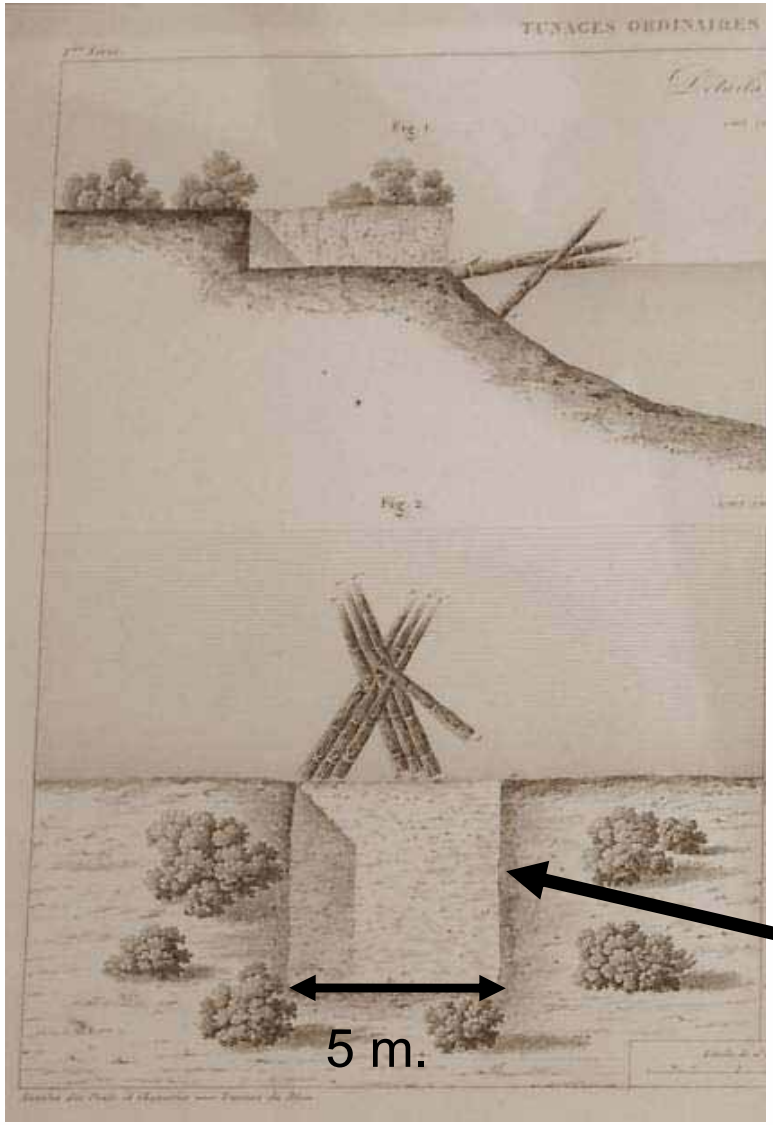
3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

- **Barrage**



3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

- ***Les épis en fascines et clayons***



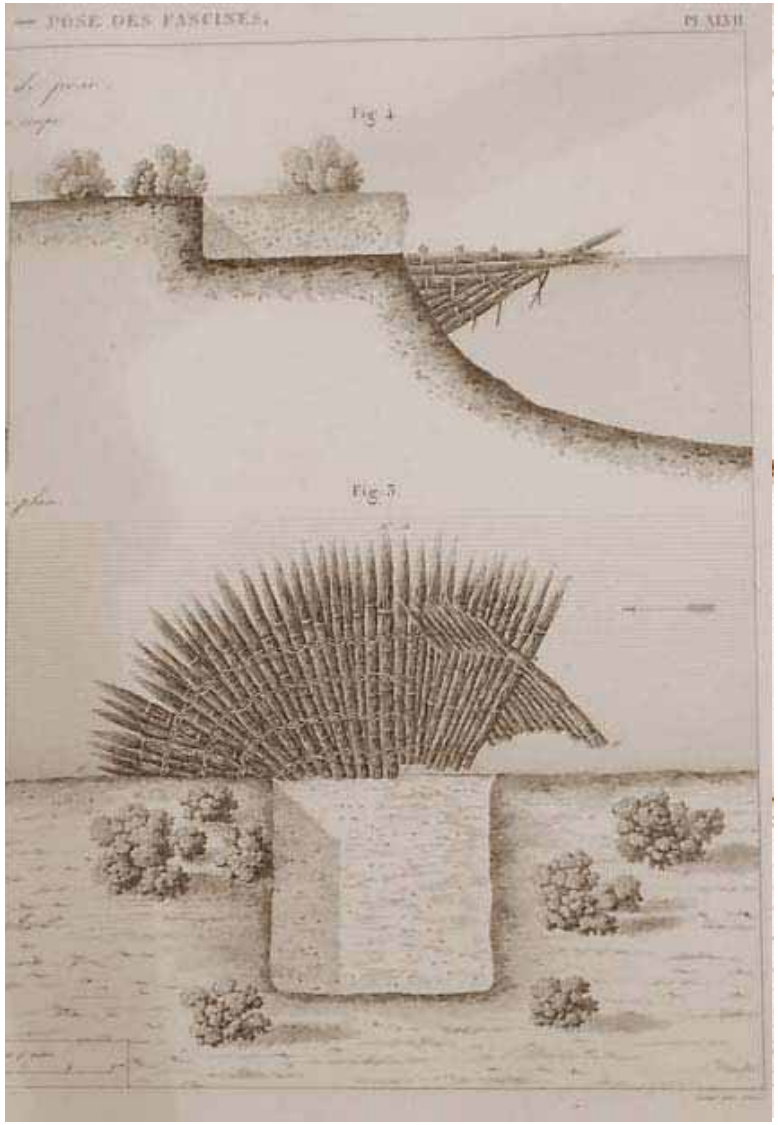
Ouvrage en fascinage dit « tunage ordinaire » (Défontaine, 1833)

Fascines *: 1 mètre de circonférence, en bois blanc (saule), 4,50 m de longueur, 4 cm de diamètre.*
Piquets *: 1,50 m de longueur, en saule pour les parties supérieures de l'ouvrage, 4 à 6 cm de diamètre.*

Enracinement

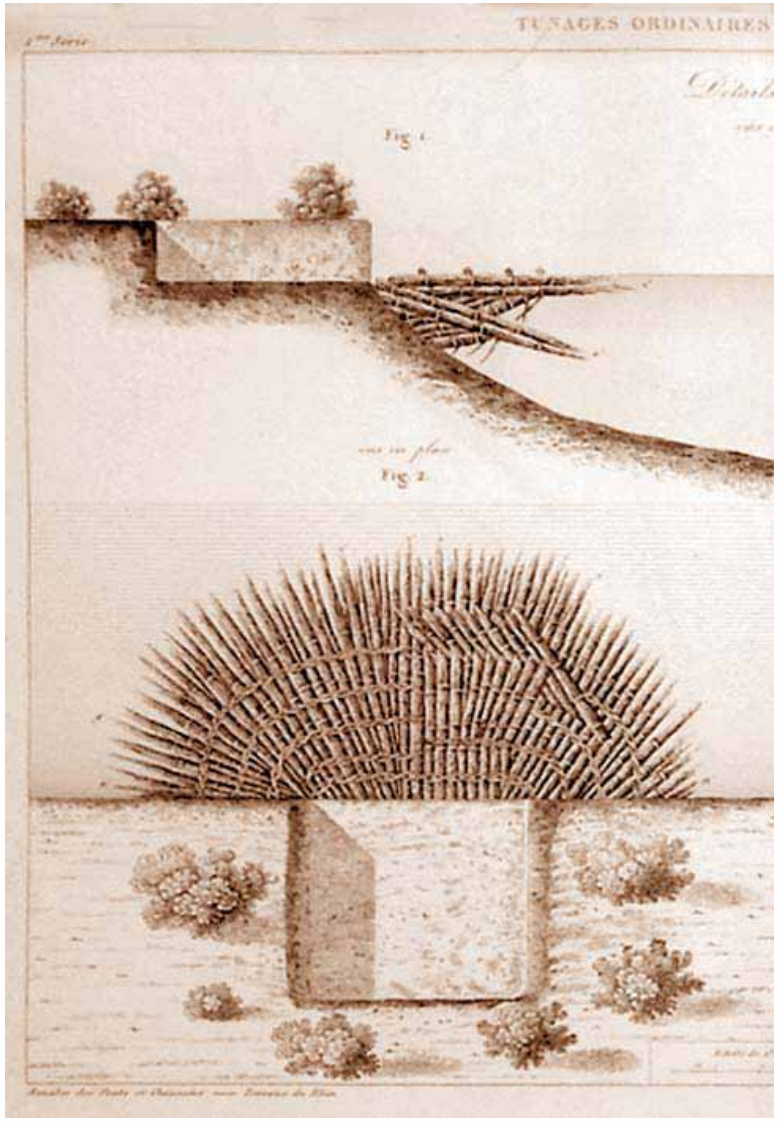
1.2 Protections de berges

- ***Les épis en fascines et clayons***



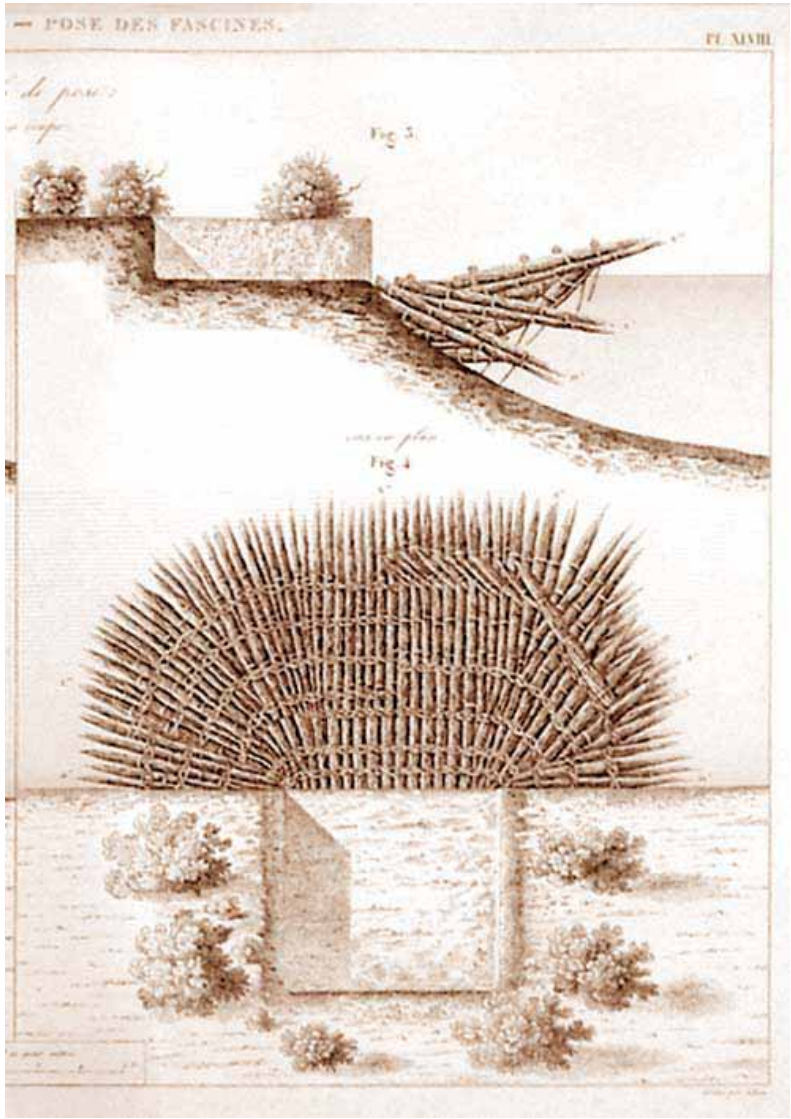
1.2 Protections de berges

- ***Les épis en fascines et clayons***



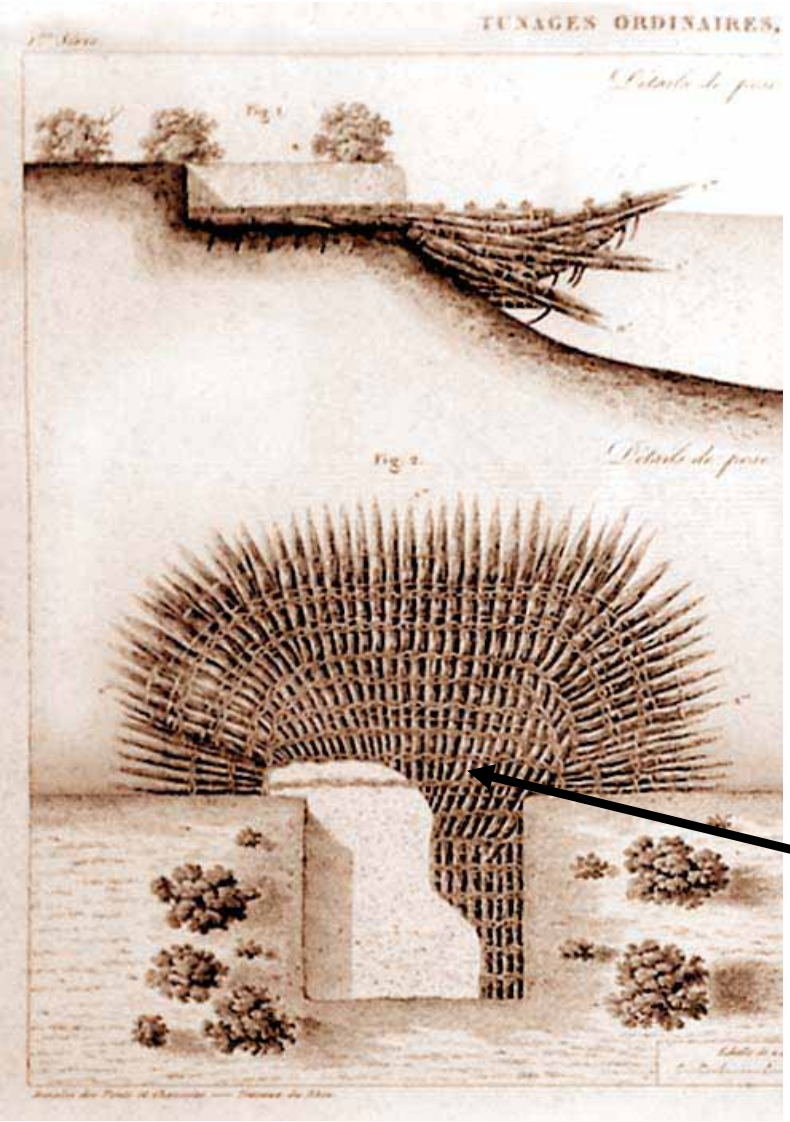
1.2 Protections de berges

- ***Les épis en fascines et clayons***



3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

- ***Les épis en fascines et clayons***

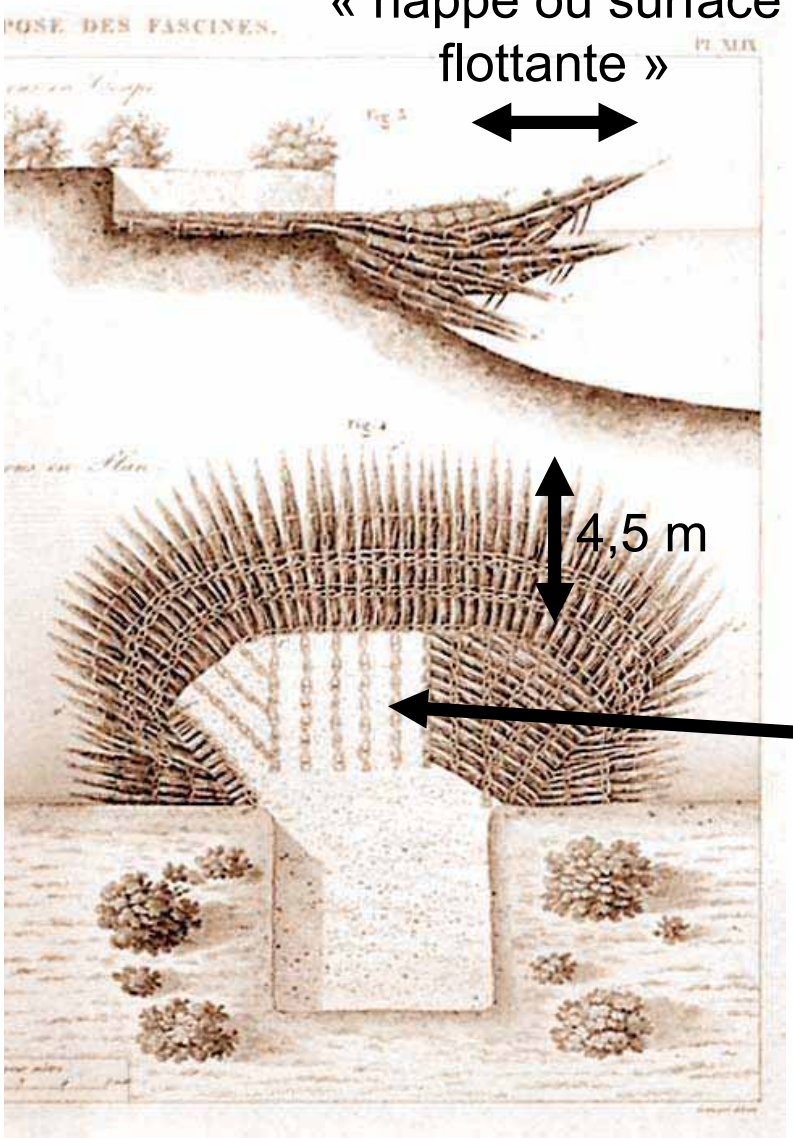


Clayonnage de la couche de fondation

3 Un exemple d'aménagement au XIXème Siècle

- ***Les épis en fascines et clayons***

« nappe ou surface flottante »



Second Clayonnage

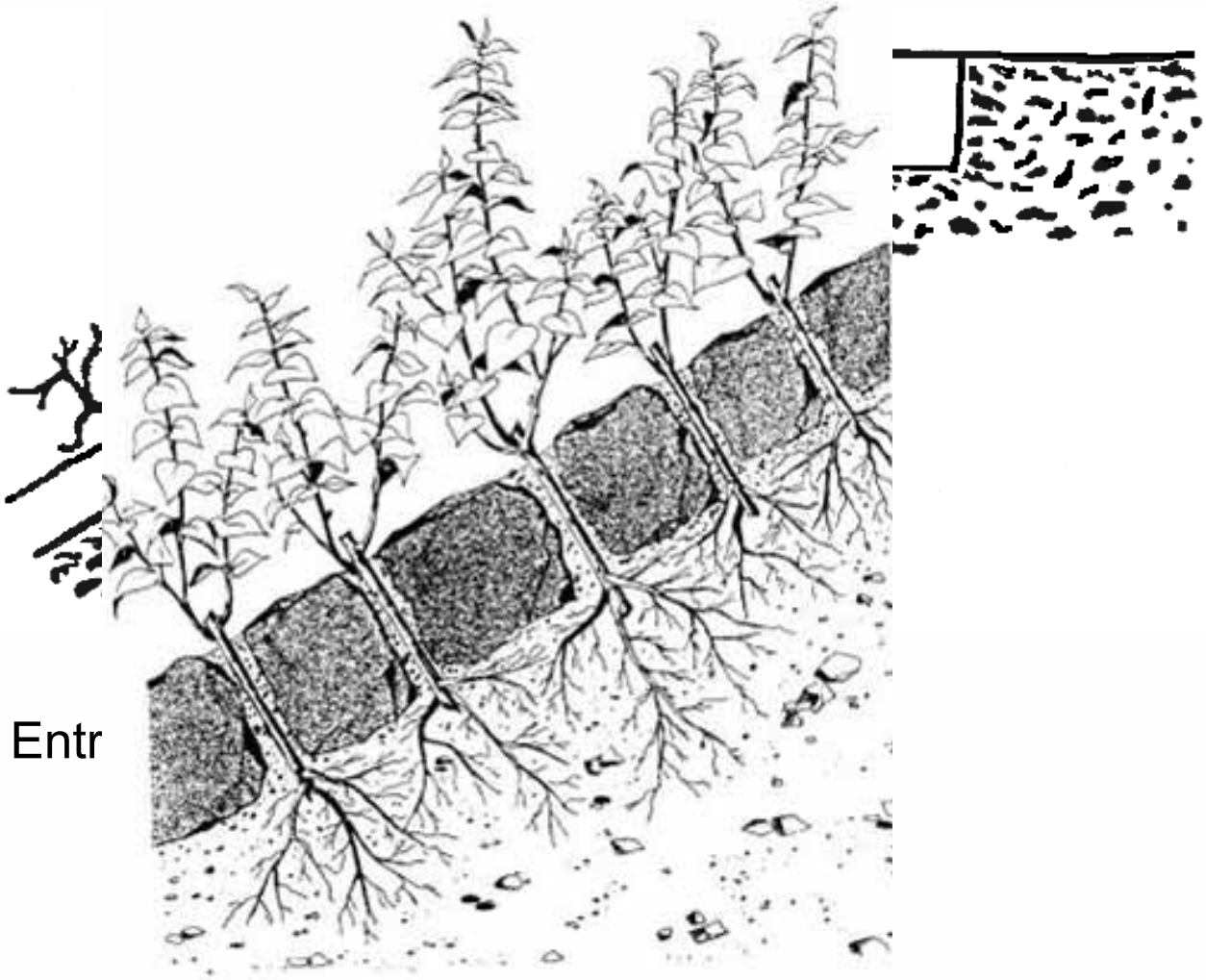
Perpendiculaire au courant

4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Bouturage, clayonnage, fascinage engazonnement toujours très utilisés**

4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Techniques mixtes, génie civil et végétal**

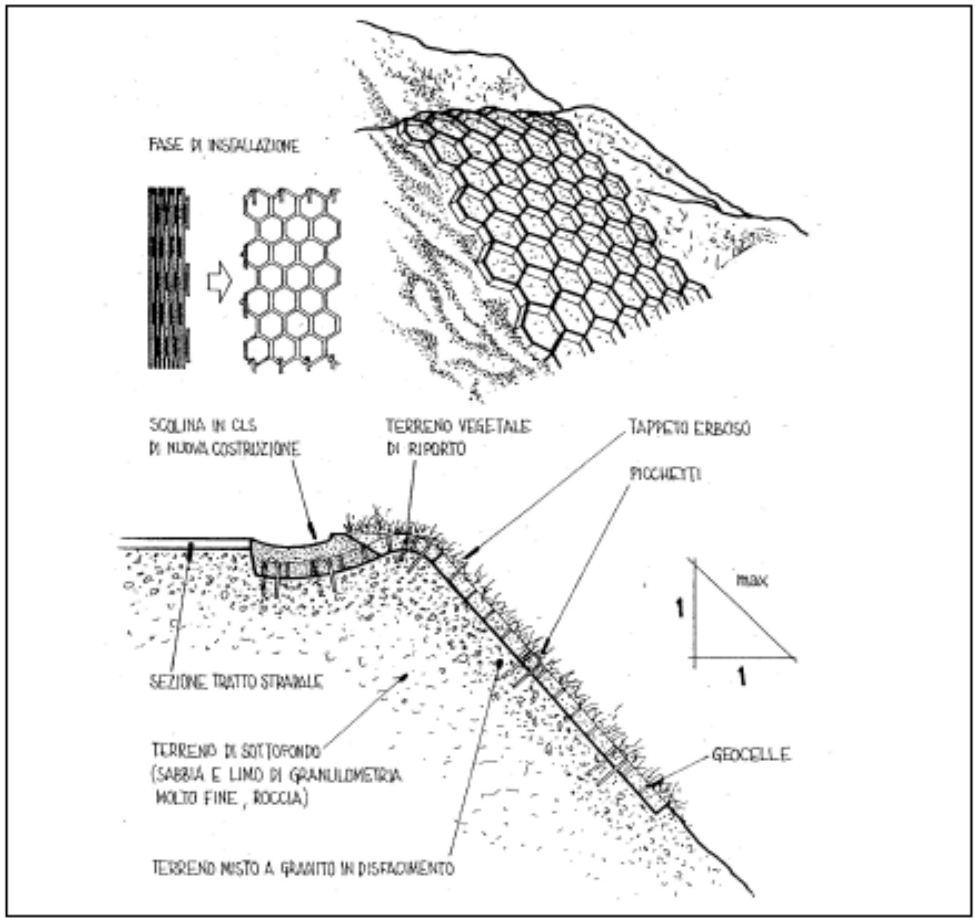


Entr

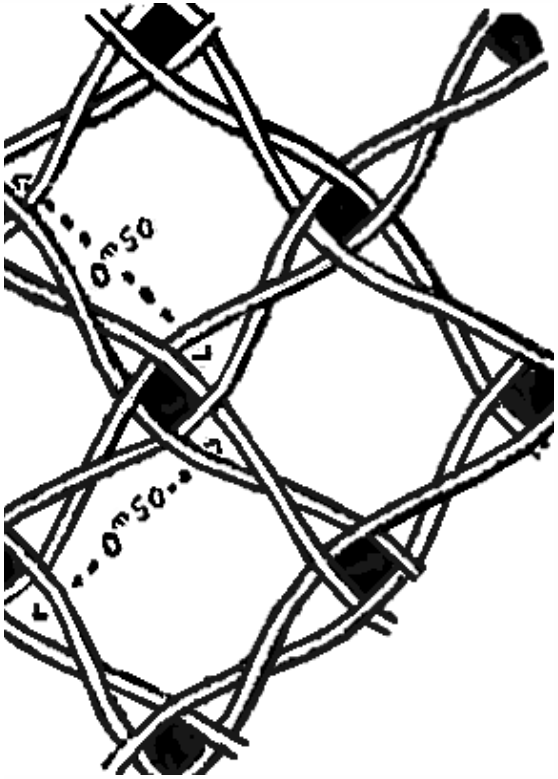
4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Clayonnage**

Fig. 14.6 - *Geocelle a nido d'ape (tipo Armater)*



Fonte: Schede Armater in "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

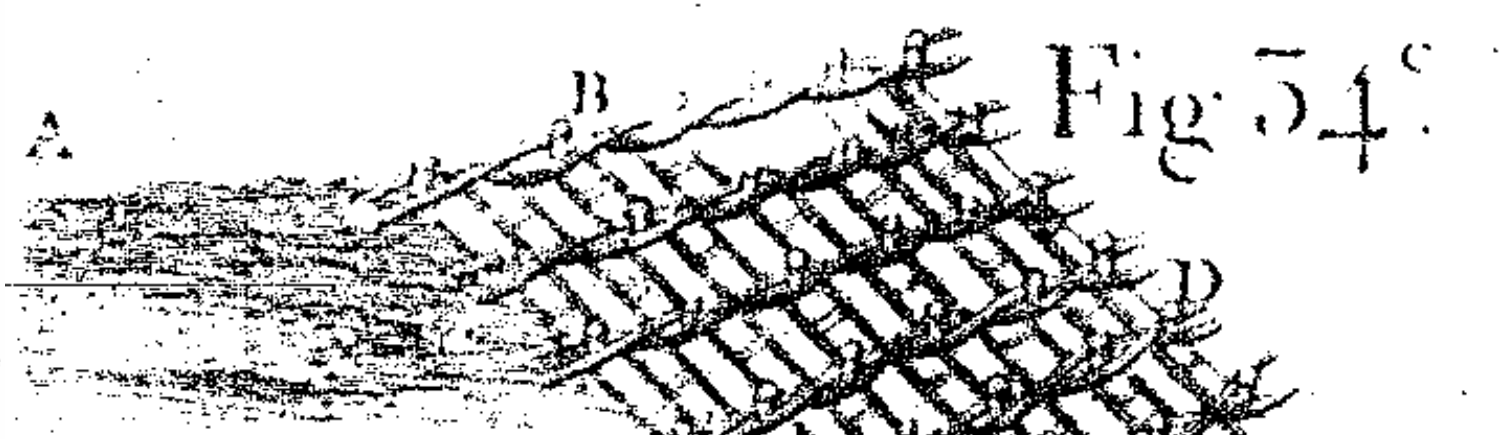


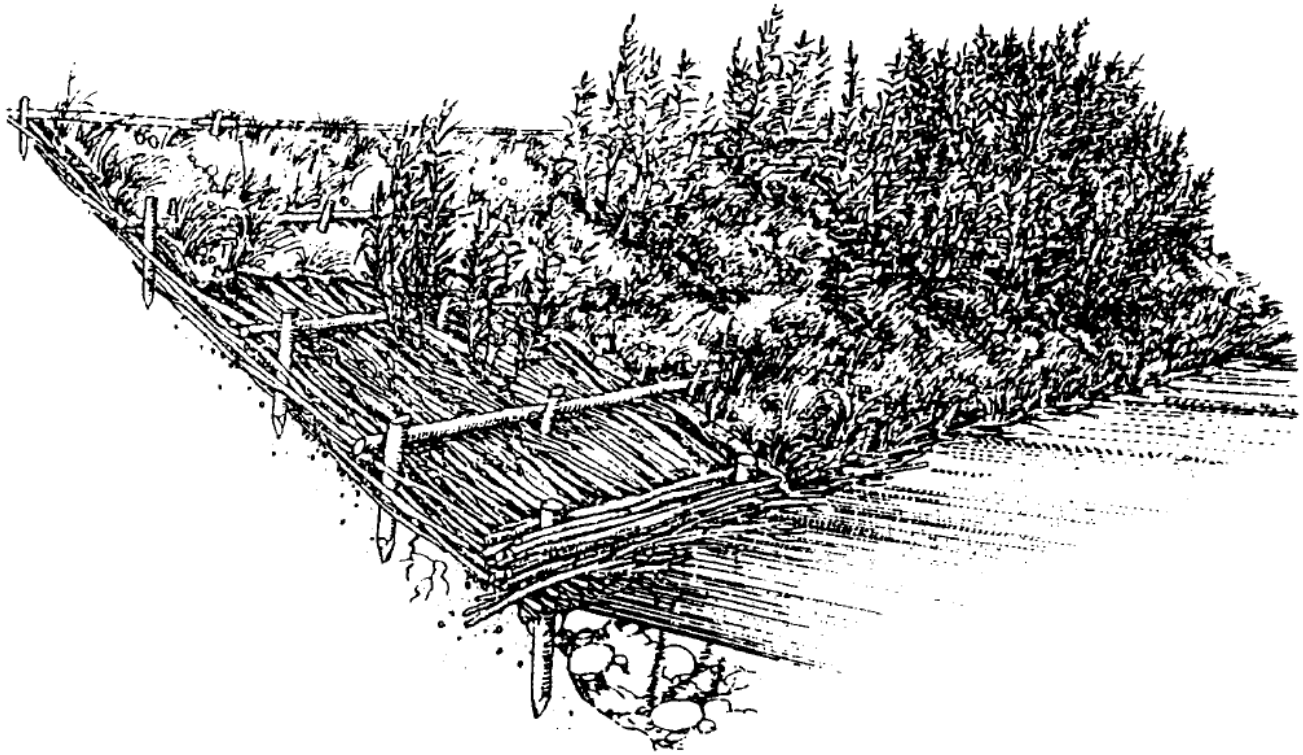
Montage en croisillons

Barlatier de Mas 1899

4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Tunage simple d'après Belidor 1730**





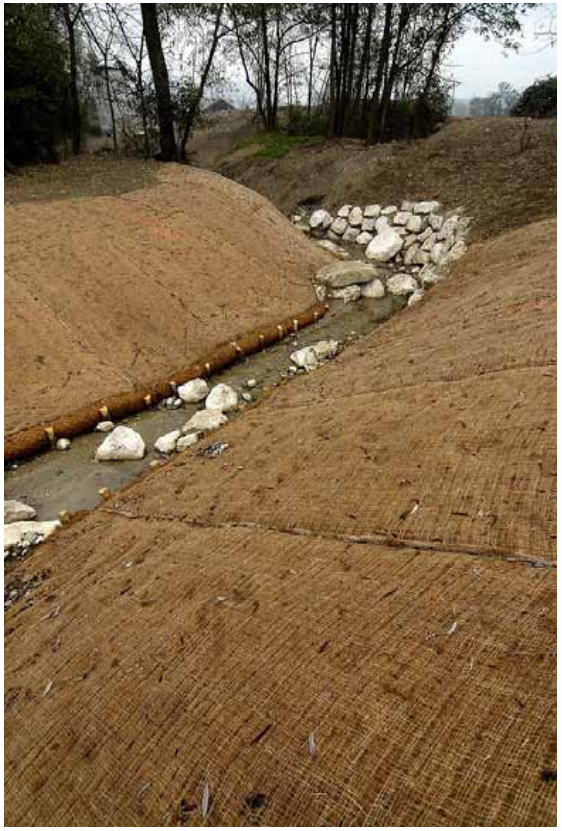
« Coucher des fafc
r

4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Entretien, marcottage**

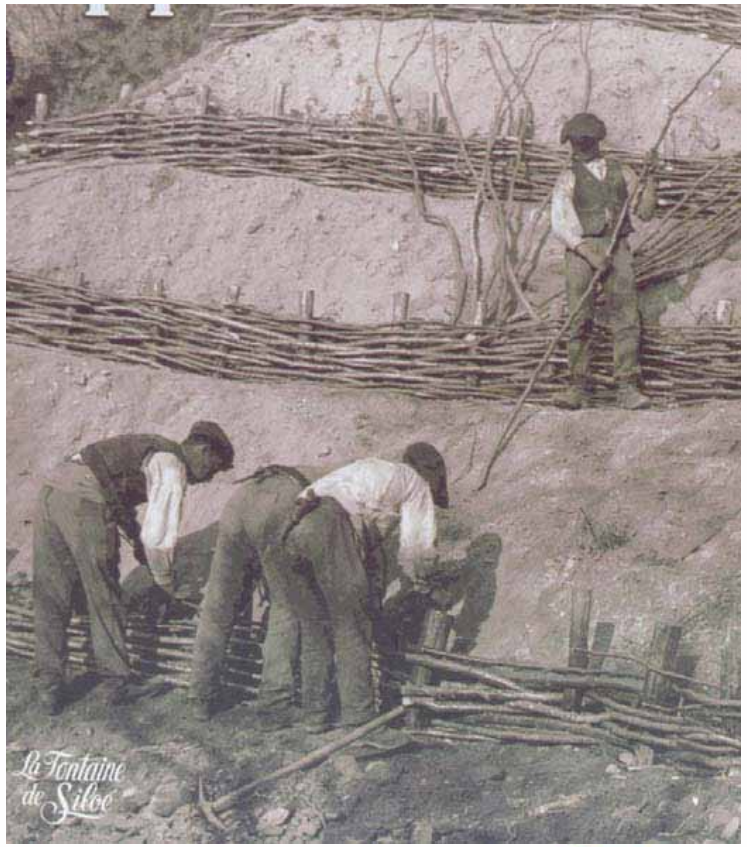
4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Entretien, marcottage**
- **Nouveaux produits : géotextiles, géogrilles, grillage,**



4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Entretien, marcottage**
- **Nouveaux produits : géotextiles, géogrilles, grillage,**
- **Energie fossile, Main d'œuvre**



4 Techniques d'hier et d'aujourd'hui

- **Entretien, marcottage**
- **Main d'œuvre**
- **Nouveaux produits : géotextiles, géogrilles, grillage,**
- **Energie fossile**
- **Diminution des usages de la ripisylve**
  - Fourrage
  - Vannerie
  - Fagots
  - Bois d'œuvre

Quelques perspectives

- **Etude de la résistance des espèces à la sécheresse**
  - Thèse financée
  - Manip en 2008

- **Développement de chantiers pilotes en milieux torrentiels**

- **Recensement et analyse écologique de toutes les espèces utilisées en génie végétal**

L'apport des études de perception sociale dans la mise en œuvre des restaurations de zones humides fluviales

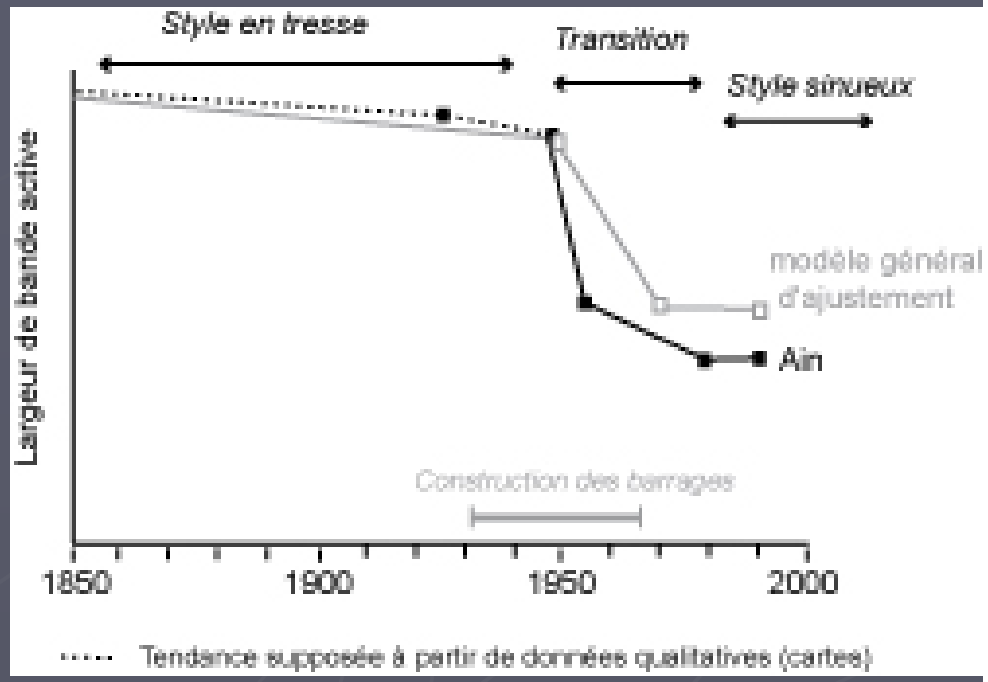
Exemple de la Basse Vallée de l'Ain

Marylise Cottet
Anne Honegger
Hervé Piégay

Séminaire interactions végétation et contraintes physiques
28 et 29 janvier 2008

Contexte de la réflexion

- Disparition des bras morts dans la basse vallée de l'Ain
  - Une diminution de la dynamique fluviale (fin du style en tresse) et un atterrissement de ces annexes



A-J Rollet, 2007

- Appel à l'ingénierie écologique
  - Mise en place d'opérations de restauration de 5 lônes (programme LIFE)
  - Une intervention sur les écosystèmes

Quelle place, dès lors, pour une étude de perception sociale ?

Préalable notionnel

- Qu'est ce que la perception sociale ?
  - La perception est le phénomène psychologique qui nous relie au monde sensible par l'intermédiaire de nos sens.
  - Double processus : **recueil** (sens) et **traitement** (esprit) de l'information sensorielle.
- De ce processus naît un jugement sur les territoires (association de valeurs)
  - beau, laid, agréable, inquiétant, dangereux, artificiel, naturel
- Ce sont ces jugements qui sont mis en évidence dans le cadre d'une étude de perception.

Exposé de la problématique

- La requalification écologique intervient sur un environnement

- Hypothèse : un environnement n'est pas seulement constitué de données biophysico-chimiques : il inclut également des valeurs culturelles
  - « *L'écologue praticien ne peut faire abstraction des implications sociales de son action, d'effets non voulus, ni des intentions ou des aspirations des acteurs sociaux dans la « fabrication de la nature qui constituent les arrière-plans orientant les choix et les projets de restauration, de réhabilitation et de reconstitution des milieux. »* (Charles, Kalaora, 2003)

- D'où l'intervention des sciences sociales dans les opérations de restauration écologique des lônes
  - Une place à **l'amont** des restaurations, pour une **co-construction** du projet

Quels apports de ces études ?

1. Une meilleure connaissance de la nature de la « demande sociale » vis-à-vis des milieux spécifiques

2. Une aide directe pour les choix de gestion

Une meilleure connaissance de la nature de la « demande sociale » vis-à-vis des milieux spécifiques

Une institutionnalisation de la « demande sociale » (Depraz, 2003)

- **Jusqu'ici**, dans le domaine de l'environnement, des approches décisionnelles de type **top-down** qui fonctionnent en vase clos entre autorités publiques et experts (Faucheux et O'Connor, 2003 ; Terrasson, 2006)

- Cela soulève la question de la **légitimité procédurale** (Faucheux et O'Connor) pour la mise en œuvre des opérations de restauration
  - Une dictature de l'expert (impose son regard dans la production environnementale)
  - Risque d'un regard biaisé par la pratique d'expertise
  - Incertitude de l'issue des travaux

- Besoin « d'insérer le savoir de l'expert dans une dynamique de territoire, dans un espace de débat public » (Bravard, 2006)

Rousso

Une nécessaire co-construction de la nature

- Une « demande sociale » émergente
  - « L'intérêt que les populations portent à une question » (Luginbühl, 2001)
    - Une définition relativement ouverte
    - préférence, perception, représentation ou attente ?
  - Années 1990 : une plus grande implication sociale (collectivités locales) dans la gestion territoriale et dans les espaces de nature en général (Bravard, 2006)
  - Se vérifie dans la Basse vallée de l'Ain
    - 1998 création du syndicat de la BVA
    - 2001 le syndicat porte le projet LIFE devant l'Europe

- Signe d'un nouveau rapport homme-nature : la nature comme **projet de société**
  - *La science doit contribuer aux choix de la société qui la convoque, mais elle n'a aucune légitimité particulière pour favoriser un choix plutôt qu'un autre. A chaque instant, dans l'incertitude, les hommes doivent construire leur projet. (Blandin, Bergandi, 2000)*

Les enquêtes de perception : une mise en évidence de la « parole absente »

- Co-construire un projet qui a du sens pour chacun, c'est élaborer un « **schéma de référence commun** » (Barge, Joliveau, 1996)
  - Nécessite un espace de débat public

- De nombreux obstacles pour l'expression et l'écoute des « savoirs de proximité » portés par des acteurs situés traditionnellement en dehors du débat public

- Recueillir et transmettre cette « parole absente » et redonner une légitimité des savoirs profanes par rapport aux savoirs experts = le rôle des enquêtes de perception

Les entretiens, des vecteurs de cette « parole absente »

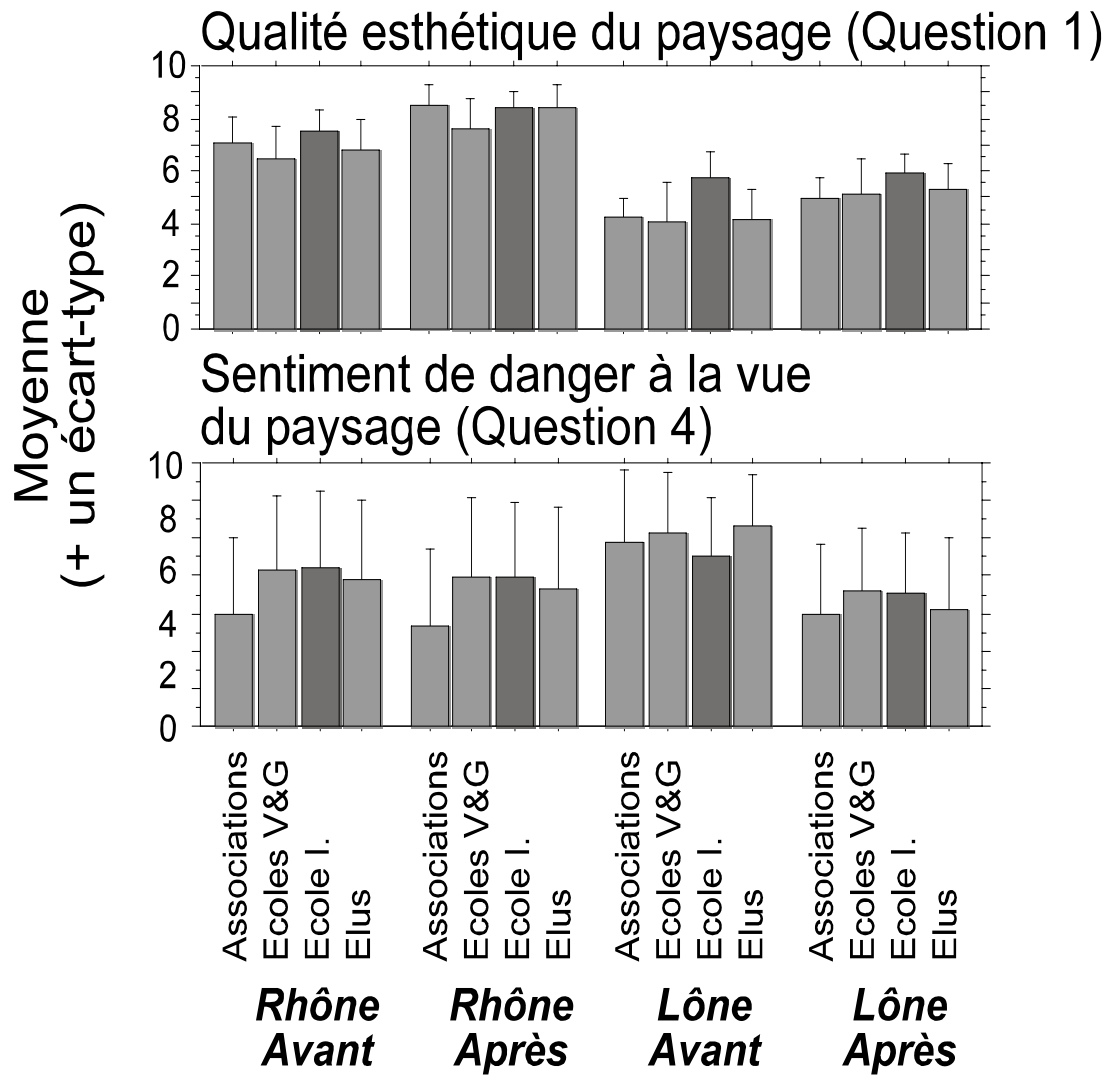
- 31 entretiens réalisés auprès de riverains
- Mise en évidence de variables qui influencent la perception (analyses qualitative et quantitative)

Les algues	la vie, la présence de faune	le bois mort	La végétation riveraine	La forme du chenal
« Ca a été remplacé par les grandes algues qui flottent, là, voyez, c'était un marécage puant presque, et aujourd'hui, c'est remplacé par les nénuphars. (…) Ils sont beaucoup plus jolis »	*« C'était de voir toute cette faune, tous ces poissons, qui… C'est agréable. …qui ne sont pas pris au piège. (…) Voir tous ces poissons qui bougent sans être maîtrisés par quelque chose. Ils sont libres comme l'air. (…) C'est très joli. »*	*« Les autres fois on récupérait tout, on récupérait tout. Que…, que maintenant c'est une tendance à être euh… Dans des lônes y'a des, des arbres en bordures, ou même des morceaux, comme ça, des broutilles qui tombent et qui font, ben, que ça pâlit à la beauté de la lône. »*	*« Oh… c'est ces arbres, tous ces arbres qui sont en bordure, avec les feuilles, les feuillages. C'est… c'était joli. Puis au printemps euh… y'avait ces saules qui fleurissaient. C'était joli aussi. Toutes ces bordures… les bordures étaient jolies. Y'avait les trembles qui ont des feuilles claires, là, les autres… les saules, les vorgines qu'on appelait, qui fleurissaient. »*	*« Et puis c'est pas comme un étang, une lône, ça vit. Un étang, je trouve c'est, bon, je dis pas que, je connais pas suffisamment, d'abord. Mais c'est…, c'est très… c'est souvent bien… coupé carré ; une lône ça a des formes un peu… pas bizarres, mais ça a des formes. »*

Une aide directe pour les choix de gestion

Le paysage, élément catalyseur de cette nouvelle gestion collective

- Clé d'entrée pour aborder le domaine des perceptions sociales = le paysage
  - « *une partie du territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations.* » (Convention européenne du paysage, 2000)
  - Opératoire dès qu'on parle d'aménagement du territoire ?
- Toute intervention d'ingénierie sur les écosystèmes se traduit par une modification des paysages
- Hypothèse : l'adhésion sociale à un projet de restauration dépend en partie du rendu visuel des travaux

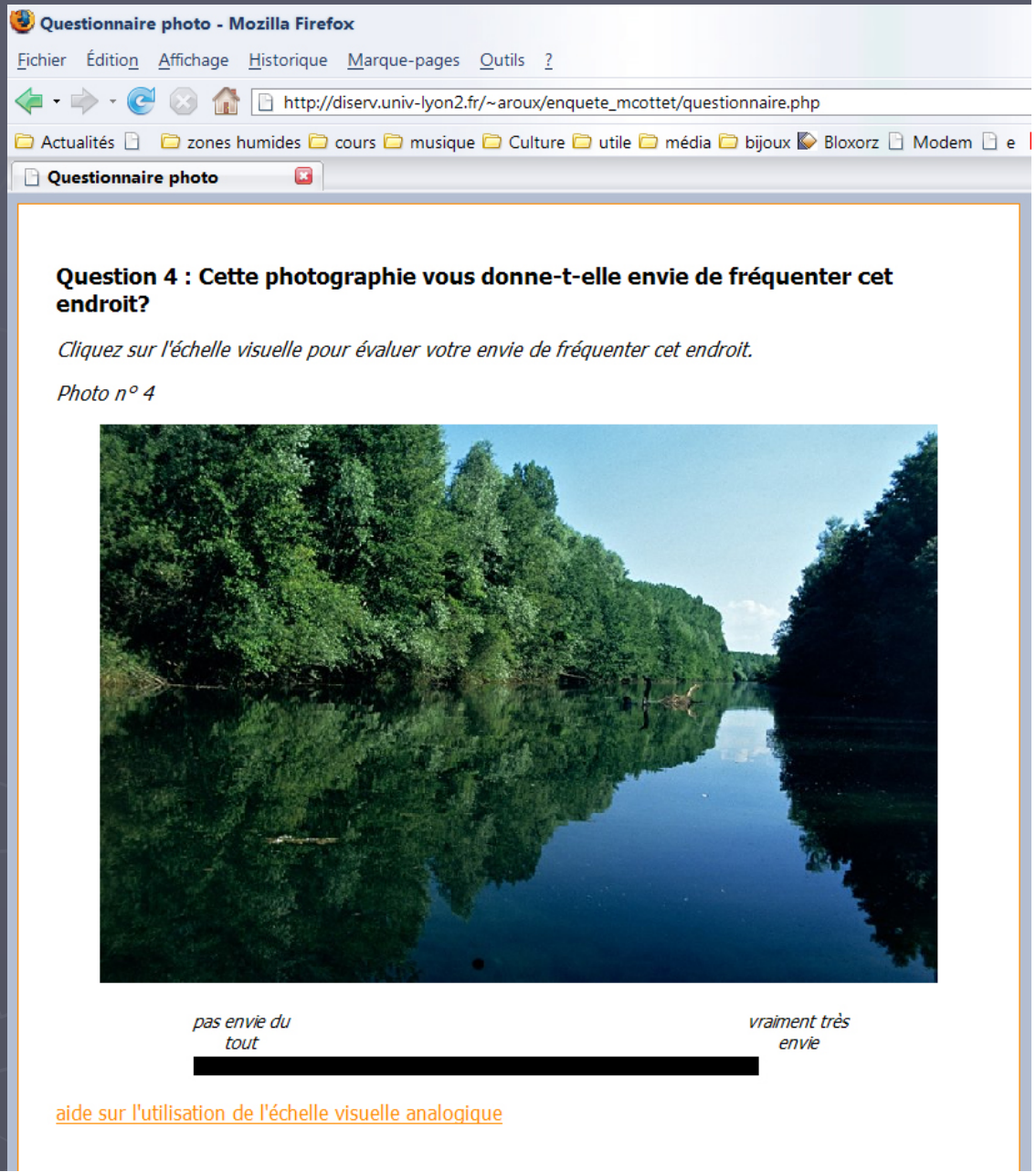


Dans la perspective de cette adhésion au projet, les études de perception apportent des réponses directes aux gestionnaires quant aux préférences paysagères

Les photoquestionnaires : un outil pour la connaissance des préférences paysagères

- Méthodologie
  - Support photographique : choix des photos en fonction des variables susceptibles d'influencer la perception
  - Appréciation par le biais d'échelles visuelles
  - Enquête-web

- 2 enquêtes
  - La structure paysagère de l'environnement de la lône
  - Le plan d'eau lui-même



Une aide en terme de prise de décision

- Les résultats d'une telle enquête
  - permettent d'aborder le champ de la modélisation et d'anticiper des réactions en fonction des éléments structurants des paysages (Le Lay, 2005)
  - Donnent aux gestionnaires la possibilité
    1. D'adapter les travaux de restauration aux préférences paysagères de la société riveraine
    2. De développer sur certains secteurs particulièrement appréciés des parcours permettant une relation privilégiée entre les sociétés et ces environnements spécifiques, répondant ainsi à la « demande sociale » sur ces milieux

Et pour l'avenir ?

- Participation aux processus de décision et meilleure perception des paysages de bras morts contribuent à une meilleure appropriation de ces milieux par les sociétés locales

- Une patrimonialisation de ces milieux (valeurs)
  - Une volonté de transmission aux générations suivantes…
  - … qui accrédite leur protection

- Répondez à l'enquête !

Interactions végétation et contraintes physiques

Grenoble, 28-29 janvier 2008

Contrôles physiques exercés par le bois mort en milieu fluvial :

état des connaissances, conséquences en matière d'ingénierie écologique, questions scientifiques actuelles

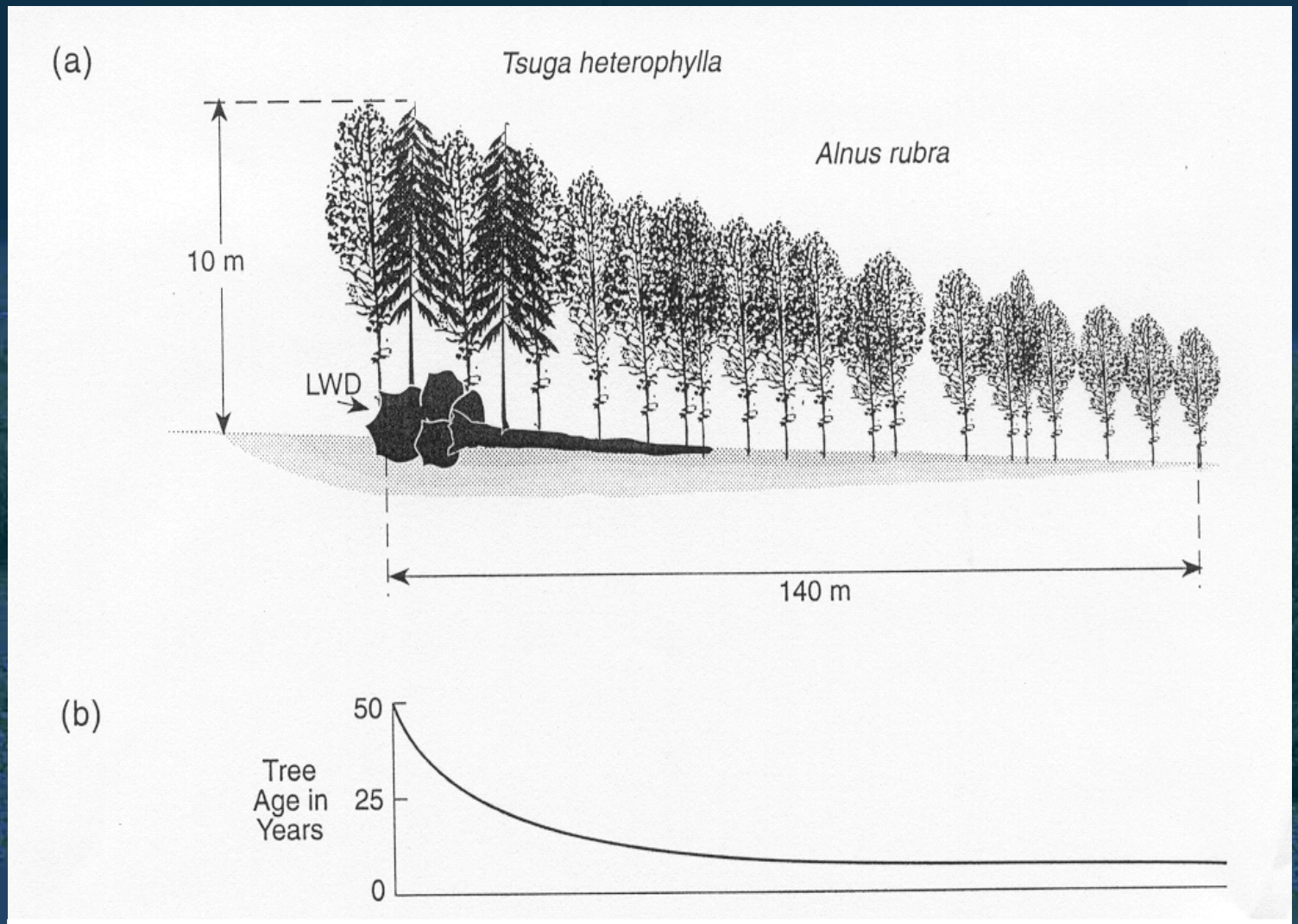
Hervé Piégay

U.M.R.
Environnement - Ville - Société
CNRS

I. Contrôles physiques et conséquences écologiques

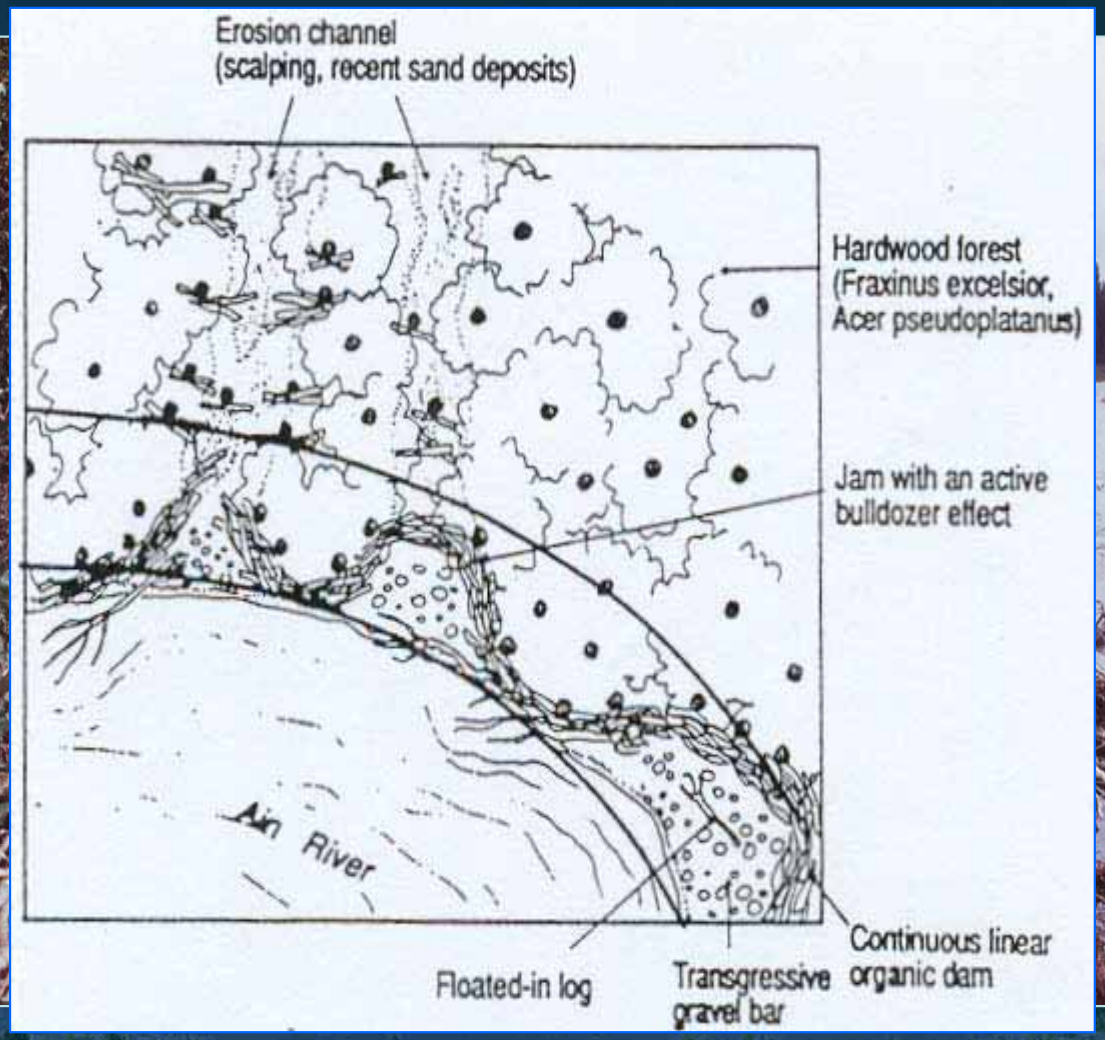
II. Conséquences de ces travaux scientifiques en matière d'ingénierie écologique

III. Questions en suspend



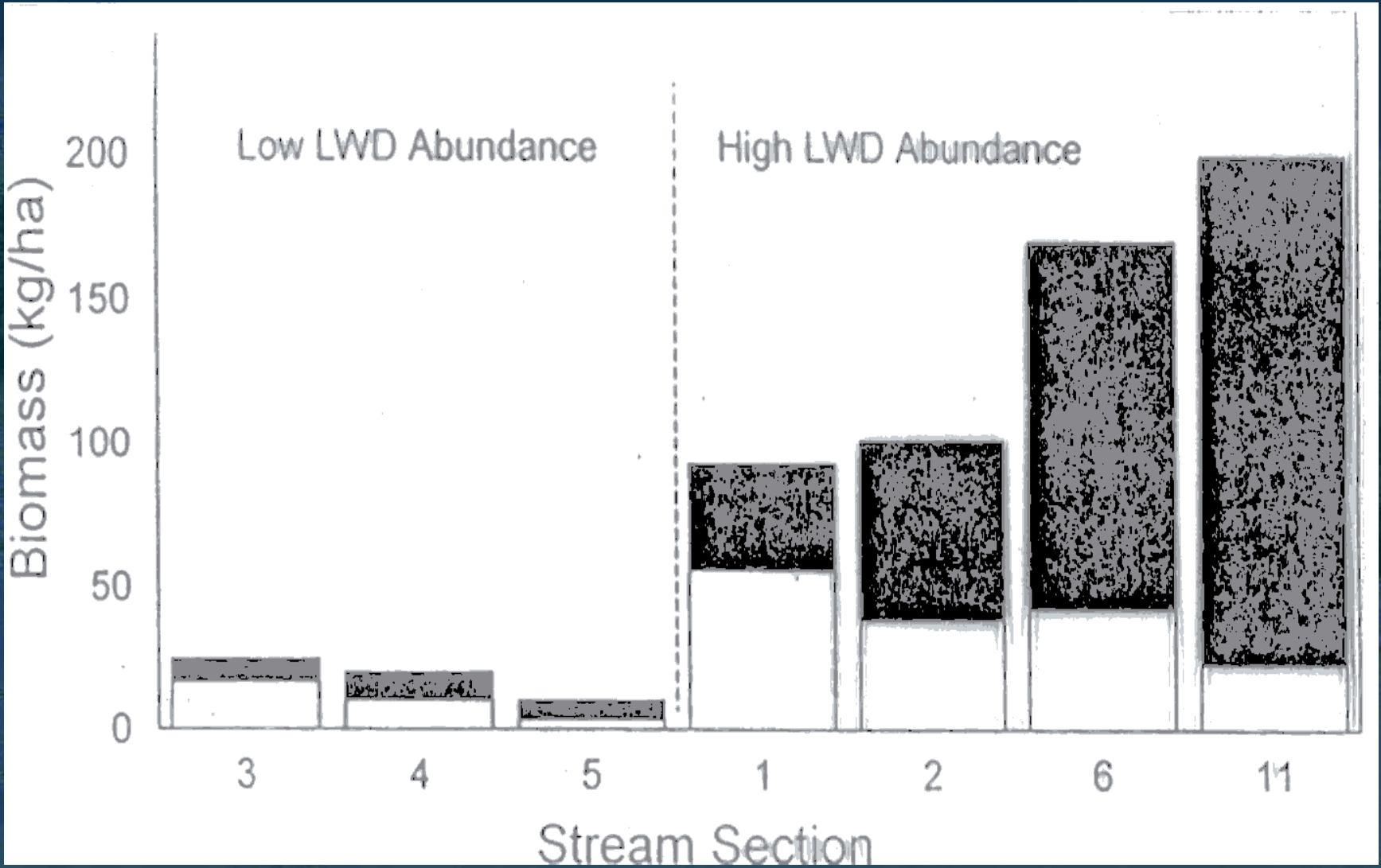
LWD accumulation and forest island development (Queets river)

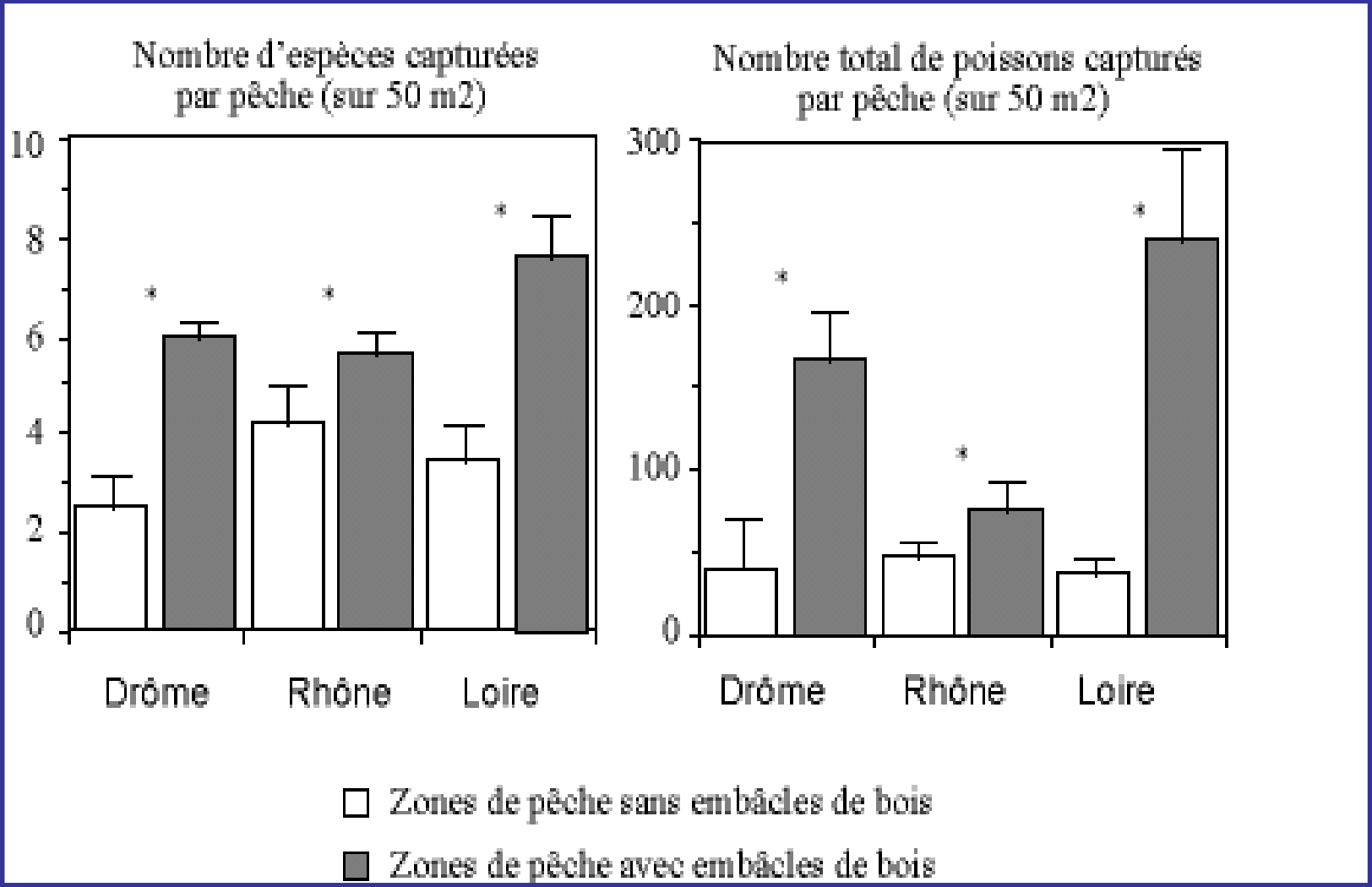
(From Fetherston et al., 1995)



Forest cover and debris line, two controls of channel meandering

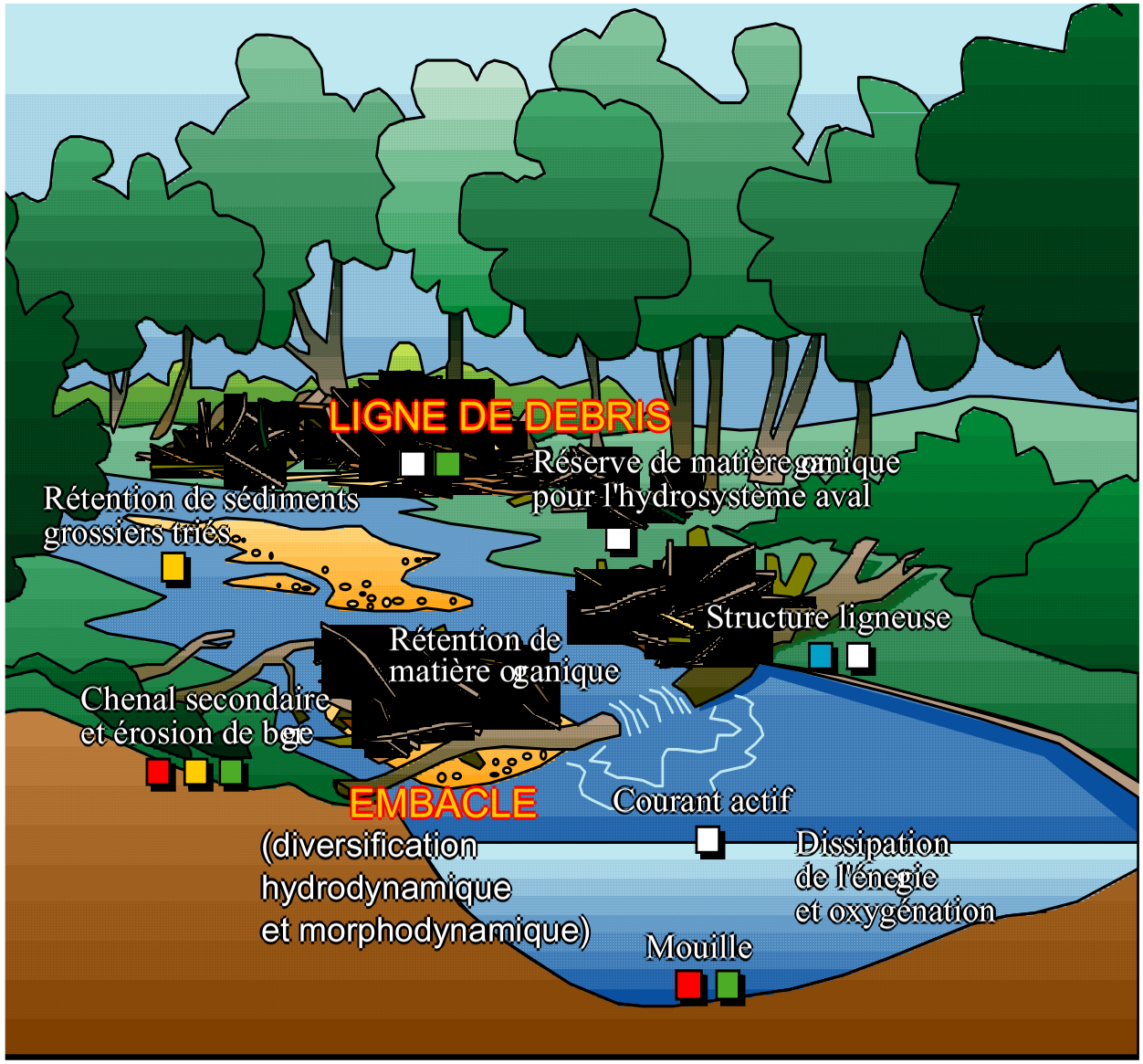
Case of the Ain


Low LWD Abundance
High LWD Abundance
Biomass (kg/ha)
200
150
100
50
0
3
4
5
1
2
6
11
Stream Section



Influence du bois mort sur l 'abondance et la diversité piscicole, Cas de la zone à barbeaux

Source: Thévenet, 1998



TYPES D'HABITAT

- Frayère
- Aire de repos
- Aire de croissance des juvéniles
- Aire de refuge vis-à-vis des crues et des prédateurs
- Aire d'alimentation (Biotopes propices à la présence d'invertébrés)

Agents de diversification EMBACLE

Biotopes ou mécanismes de diversification et d'enrichissement piscicoles Mouille

Maridet et Piégay, 1994 BFPP

I. Contrôles physiques et conséquences écologiques

II. Conséquences de ces travaux scientifiques en matière d'ingénierie écologique

III. Questions en suspend

Les techniques suivantes illustrées en fin de fiche peuvent être envisagées.

Restauration piscicole avec du bois mort

1. Eléments structurant de la diversité du milieu : hauteurs, vitesse, substrats

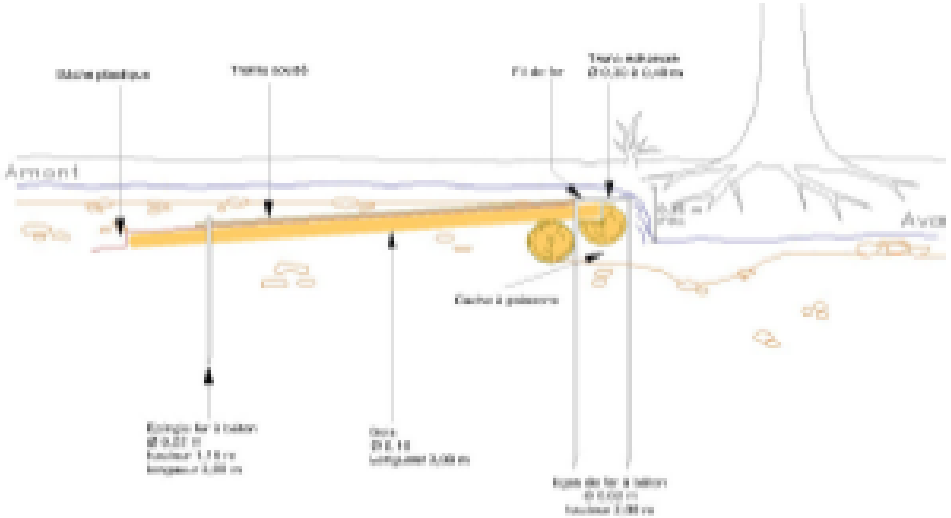
reméandrage

En cours d'eau a

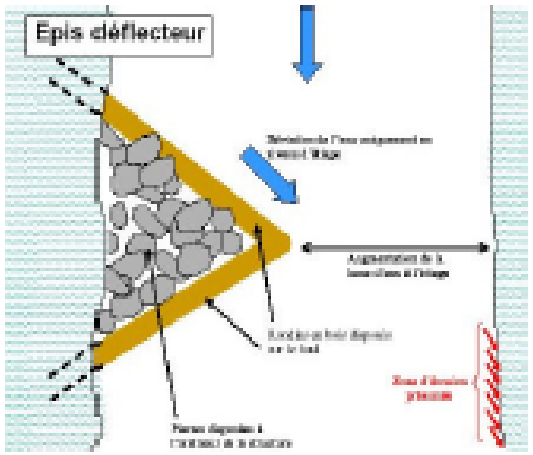
Photographies is

Exemples de restauration piscicole avec des techniques végétales

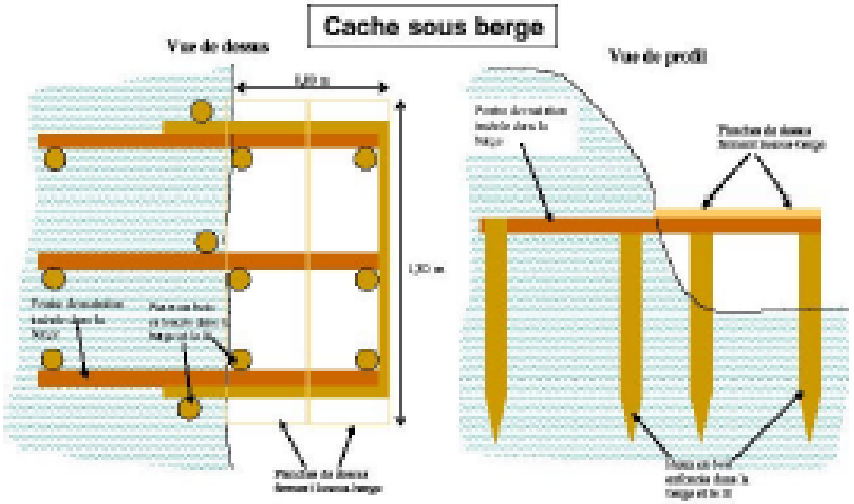
Epi latéral (BURGEAP)



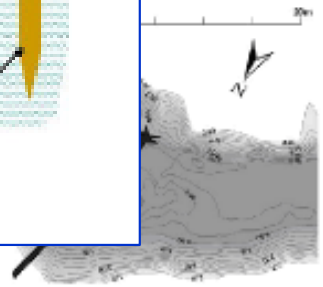
Seuil piscicole (BURGEAP)



Epi latéral (FDAPPMA74)



Cache en berge (FDAPPMA74)



Système d'ancrage

Exemple de mouille créée par du bois mort

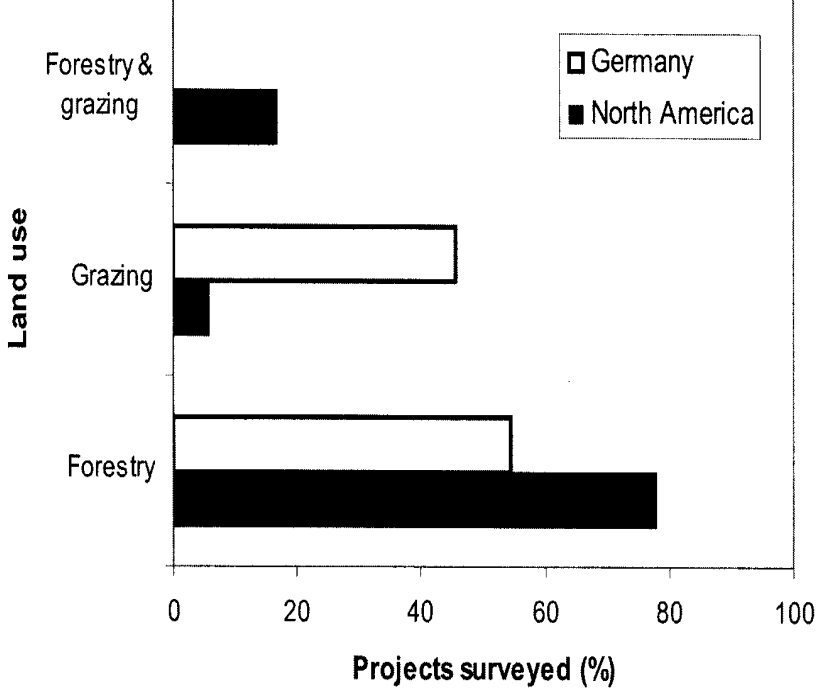


FIGURE 1. Land use in the floodplains or catchments of restoration projects in North America (n = 18) and Germany (n = 11).

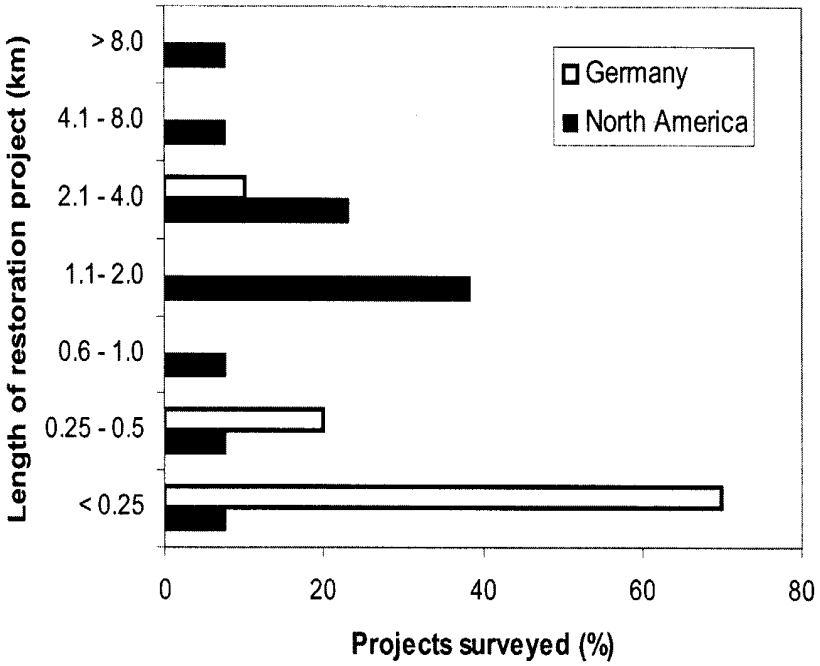


FIGURE 4. Length of restored reaches per project in North America (n = 13) and Germany (n = 10).

RESTORING STREAMS WITH LARGE WOOD: A SYNTHESIS

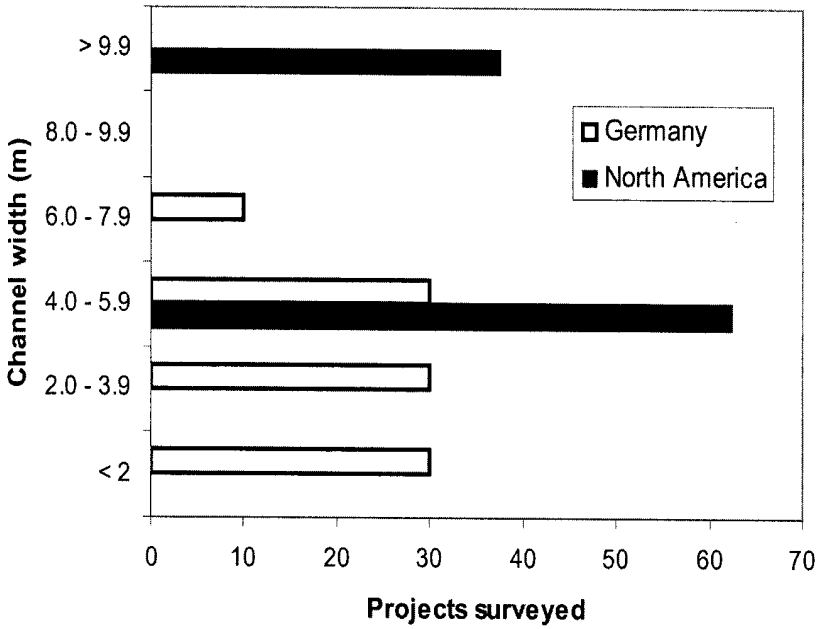
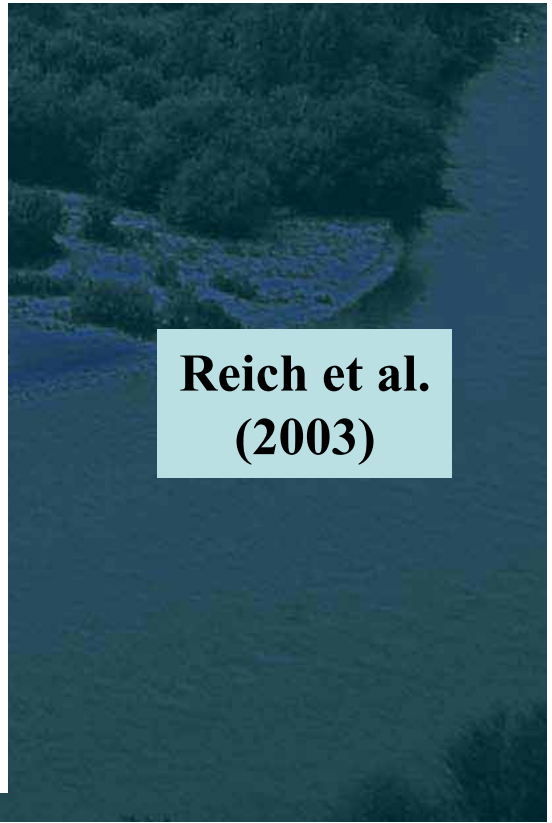


FIGURE 3. Channel width of restoration projects in North America (n = 8) and Germany (n = 10).



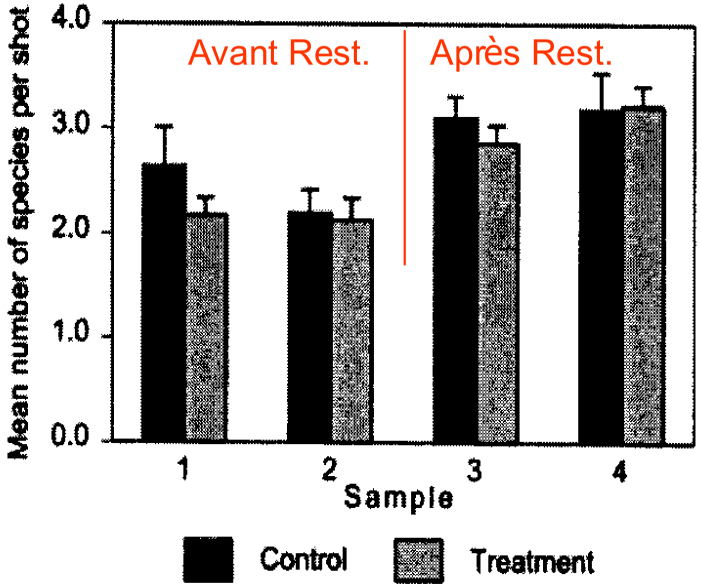


Figure 12. Changes in species richness, estimated as the mean number of fish species per electrofishing shot, before (samples 1 and 2) and after (samples 3 and 4) placing structural woody habitat in the test reach of the Williams River

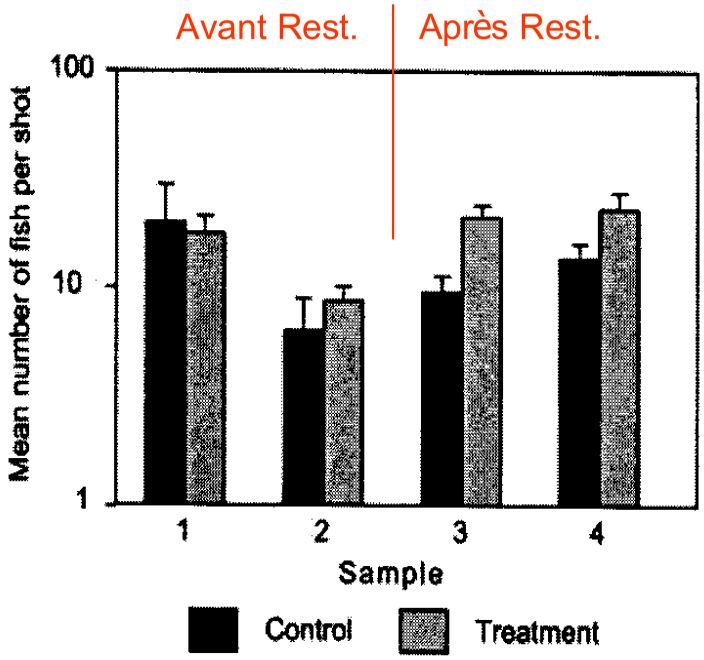
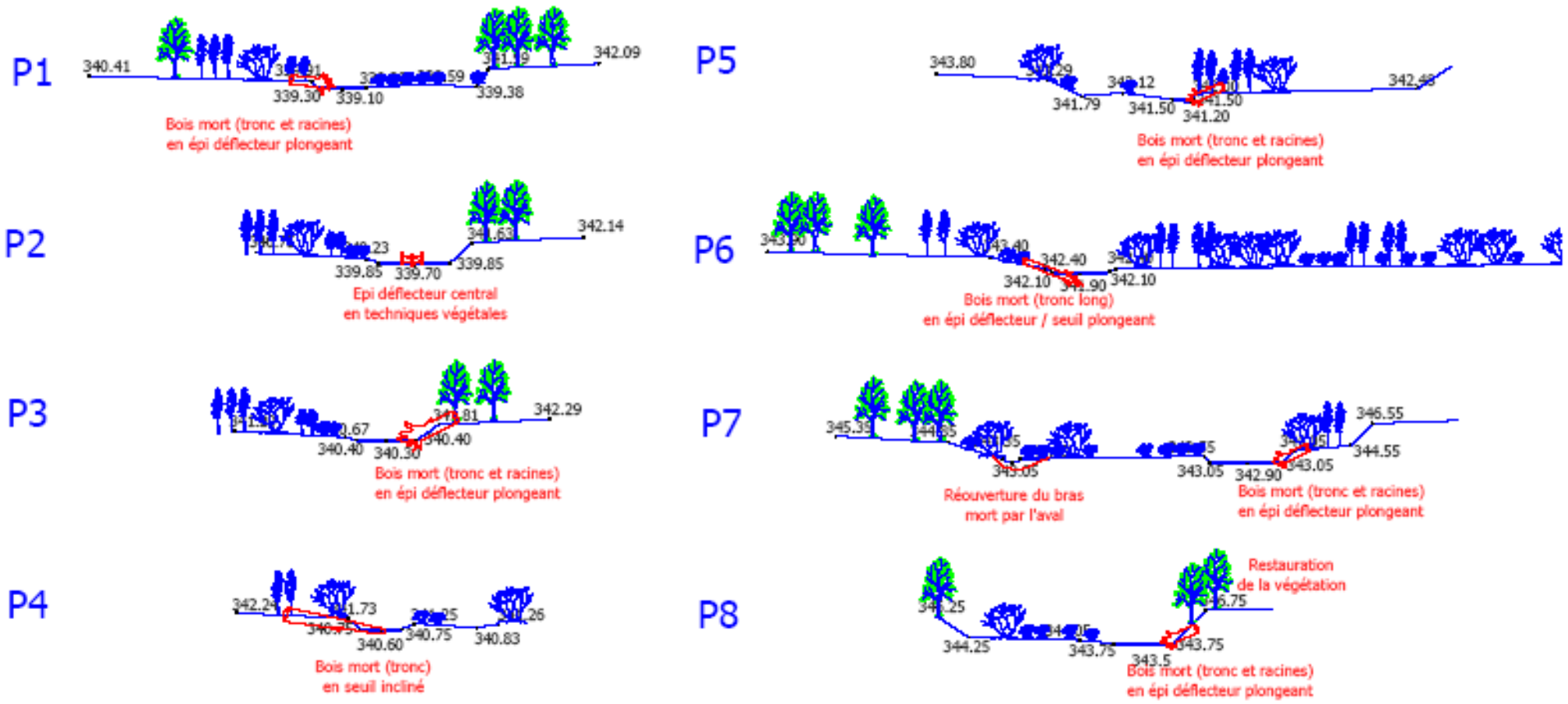


Figure 13. Changes in fish abundance, estimated as the mean number of individuals per electrofishing shot, before (samples 1 and 2) and after (samples 3 and 4) placing structural woody habitat in the test reach of the Williams River

Brooks et al. (2004) Australie



Profils état actuel (bleu) / état projet (rouge) du site de la Roche à St-Bueil

BURGÉAP™

BURGÉAP Agence de Lyon
19, rue de la Villette
69425 LYON CEDEX 03
Tél : 04 37 91 20 50

BURGÉAP Antenne de Grenoble
2, rue du Tour de l'Eau
38400 ST MARTIN D'HERES
Tél : 04 76 00 75 50

Concept.Cours.d'EAU.
Chemin du Tilleret
73230 Vérel-Pragondran
tél : 04-79-33-64-55

Bassin versant de l'Ainan

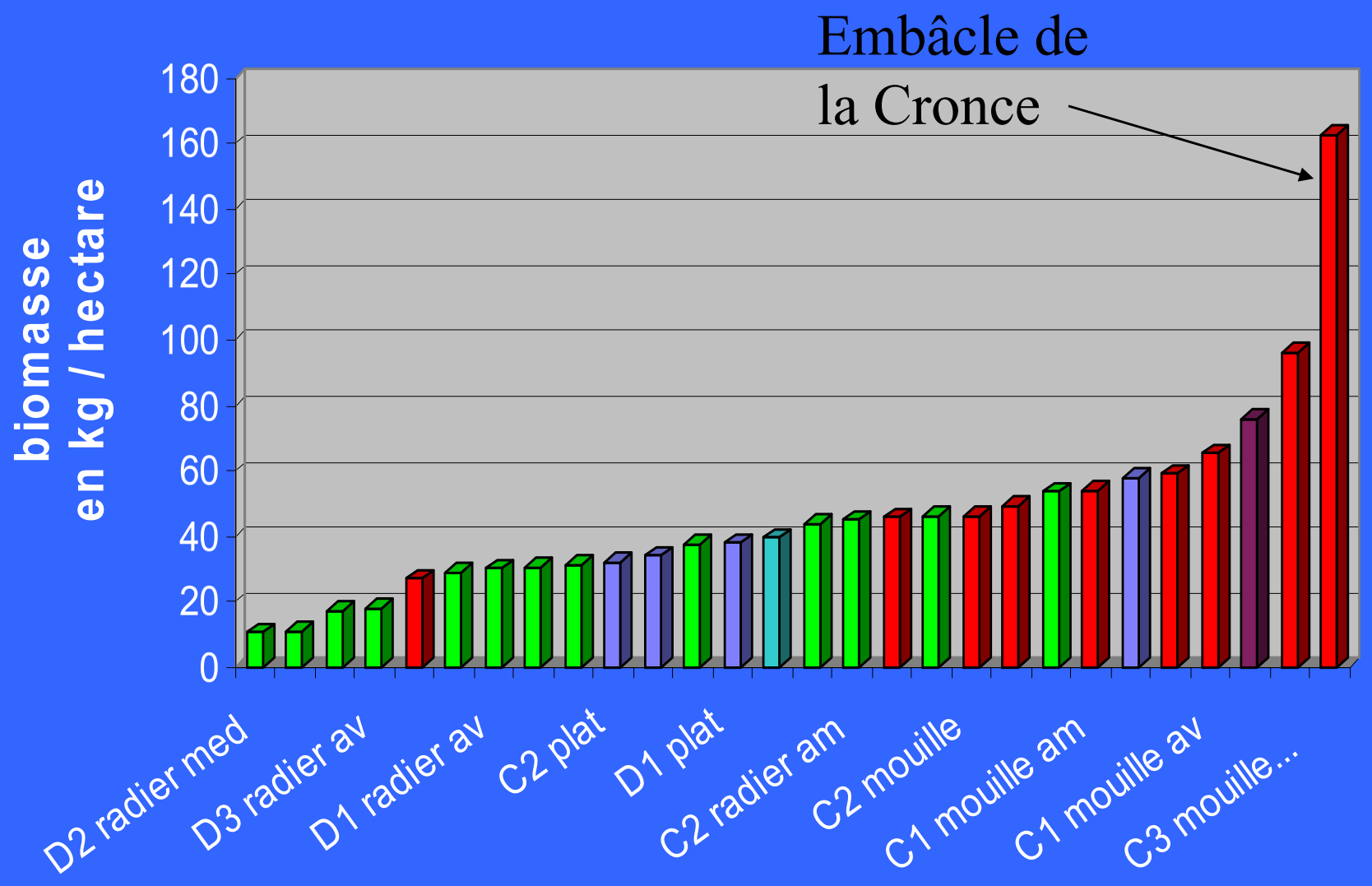
Schéma d'aménagement, de gestion et d'entretien

Phases II-III-IV
Objectifs, scénarios et schéma d'aménagement

III. Questions en suspend

- Bois mort est-il un habitat vital participant à l'augmentation systématique de la densité et de la diversité piscicole?
- Où placer les structures? Comment les construire? Quelle densité préconiser?

CLASSEMENT DES FACIES SELON LA BIOMASSE DE LA TRUITE - Cas du Doulon et de la Cronce, 1999



Source : Demars, in Albert et al. (2000)

III. Questions en suspend

- Bois mort est-il un habitat vital participant à l'augmentation systématique de la densité et de la diversité piscicole?
- Où placer les structures? Comment les construire? Quelle densité préconiser?
- Est-ce vraiment cohérent avec les principes de dynamique fonctionnelle?

Use of large wood in Central European river restoration projects: Actual use

pure active restoration → decrease of cost
time increases necessary to reach objectives
substitution of active measures by time → pure passive restoration

a
h
on
nput

placemer

- suited if:

(a) there is
habitat fo

(b) land us
for stream

- very comm
rural area

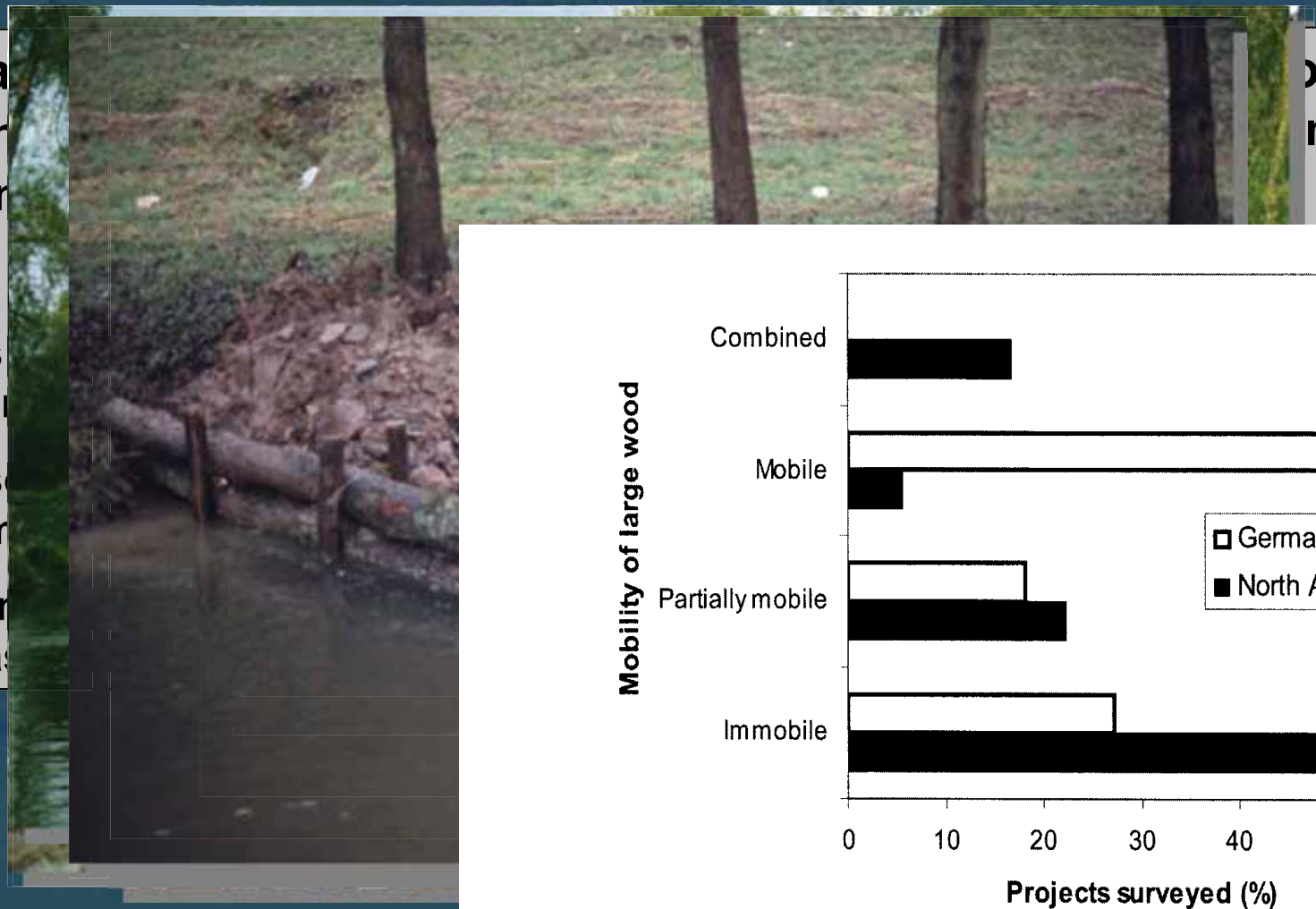
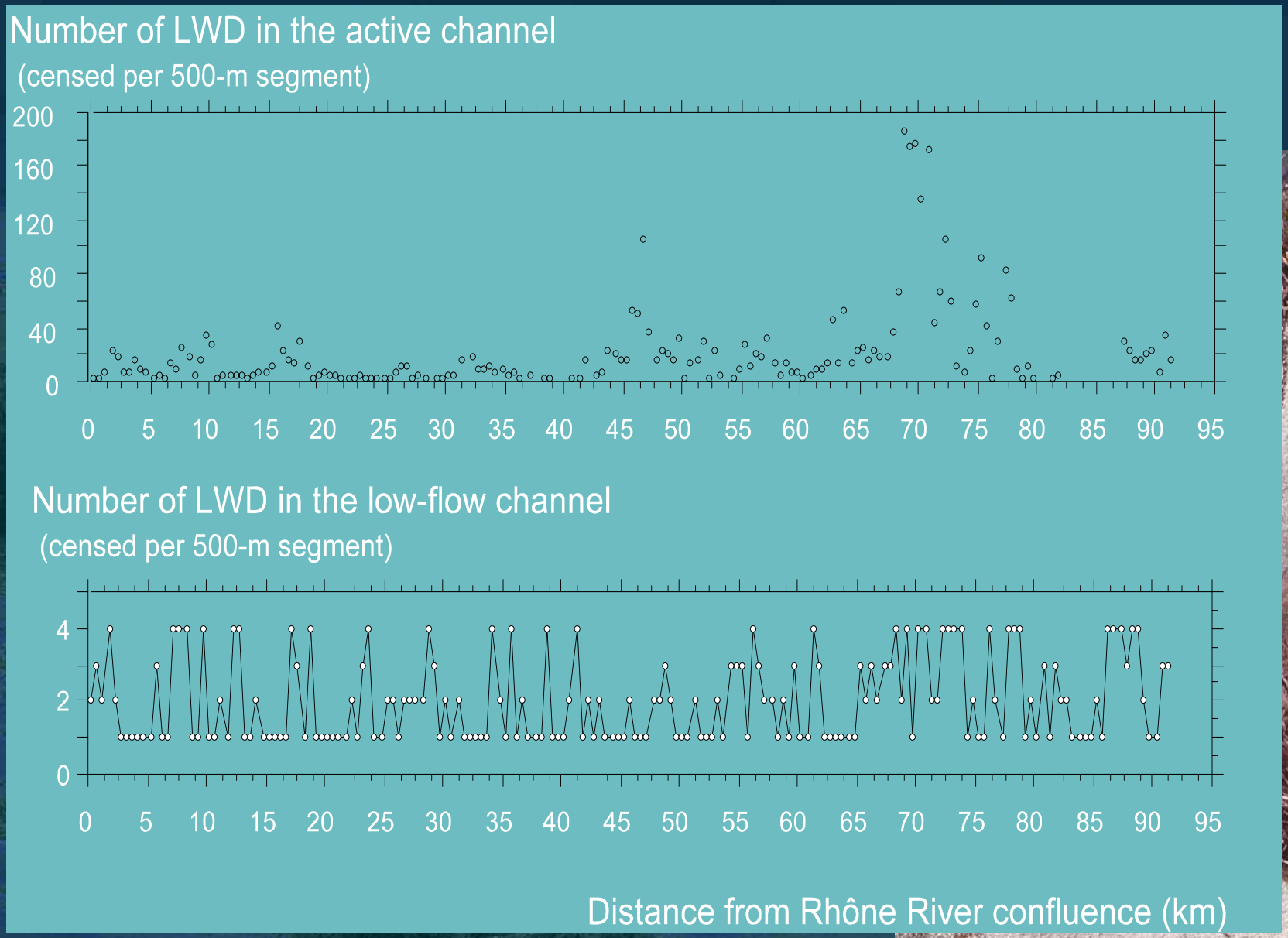
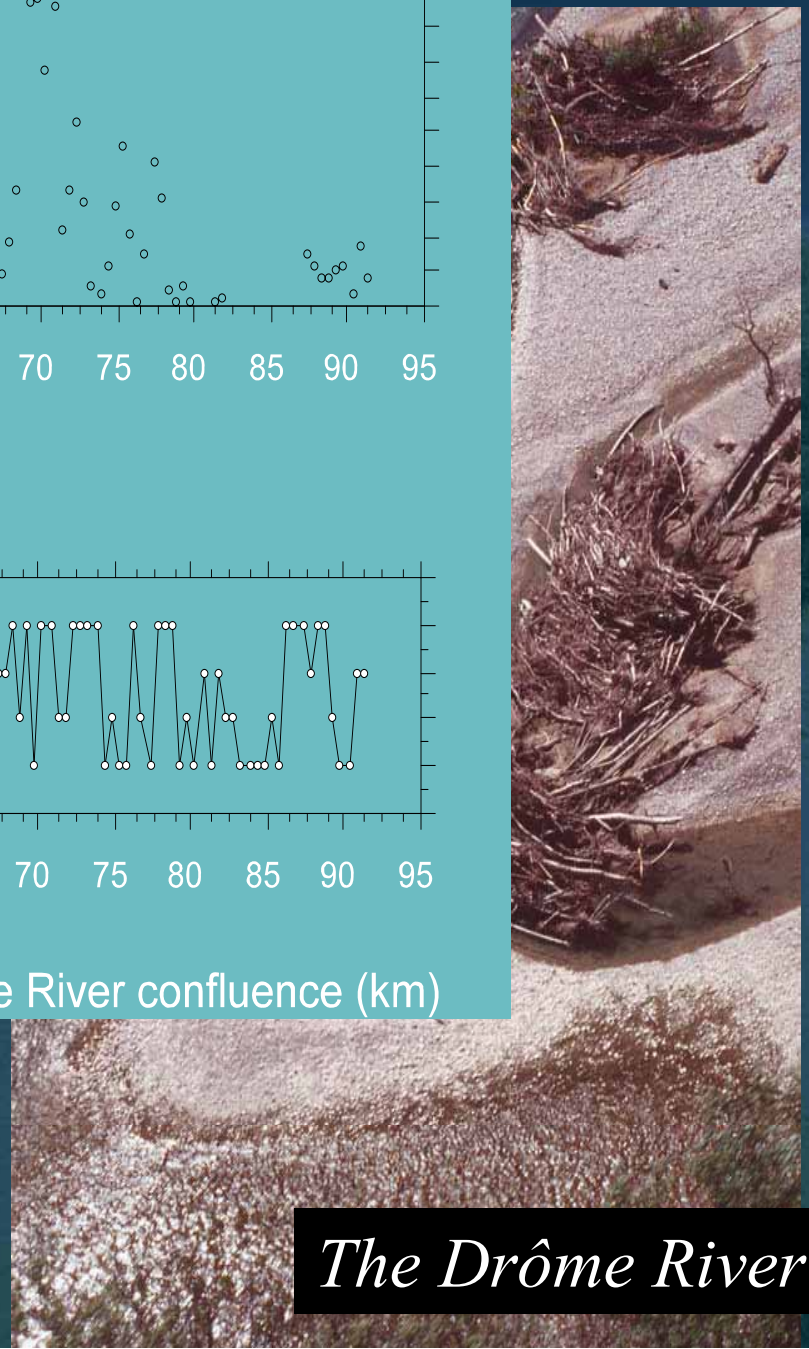


FIGURE 5. Mobility of the large wood in restoration projects in North America (n = 18) and Germany (n = 11).

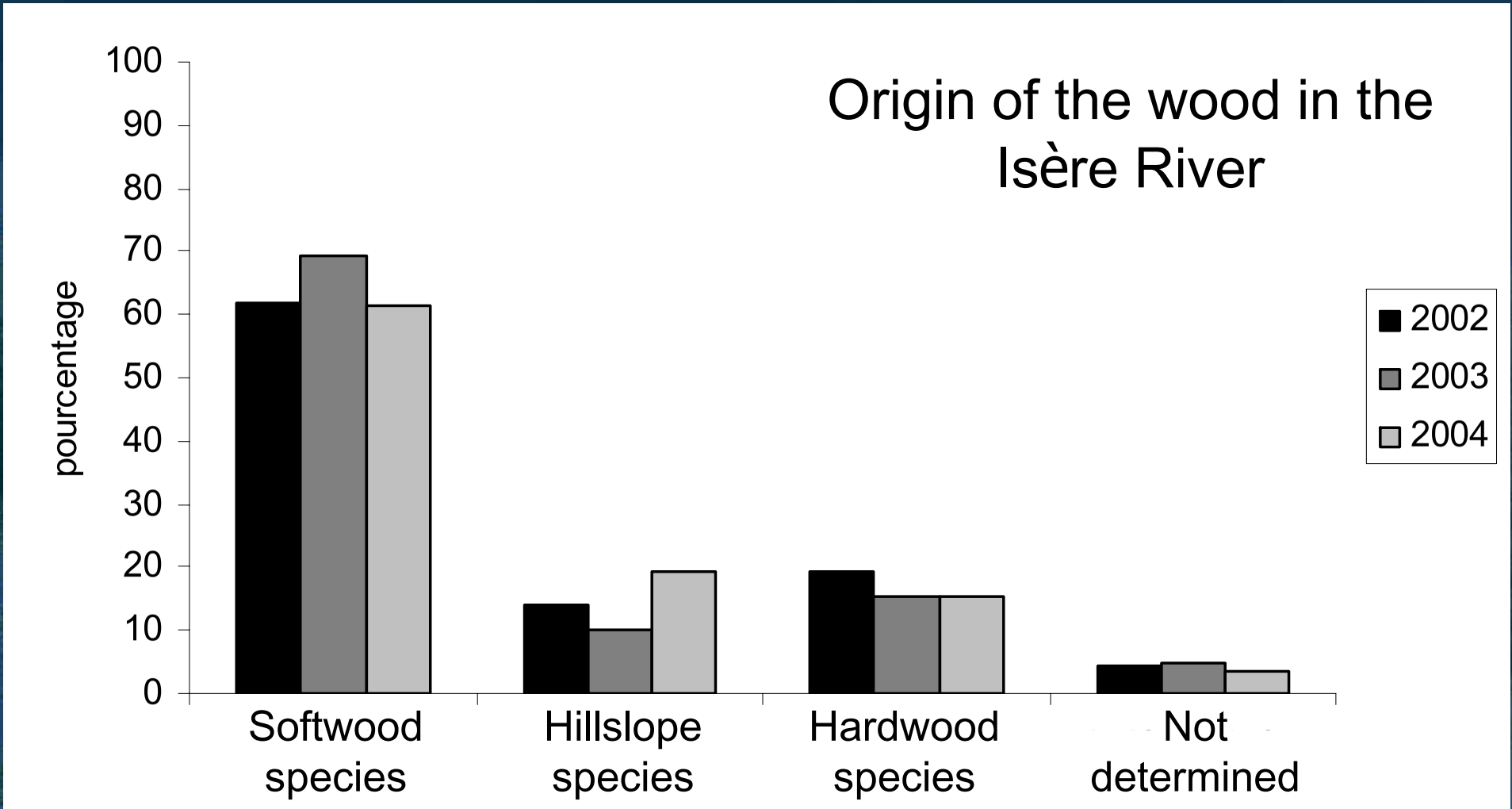
http://www.totholz.de/





Distribution of LWD frequency per 500 m channel segment along the Drôme River

The Drôme River



➢ Question de l'origine des bois, de la gestion de ces réservoirs et des tronçons de transfert

A intégrer dans les schémas d’entretien de la végétation
et lier invariablement gestion écologique et gestion du risque

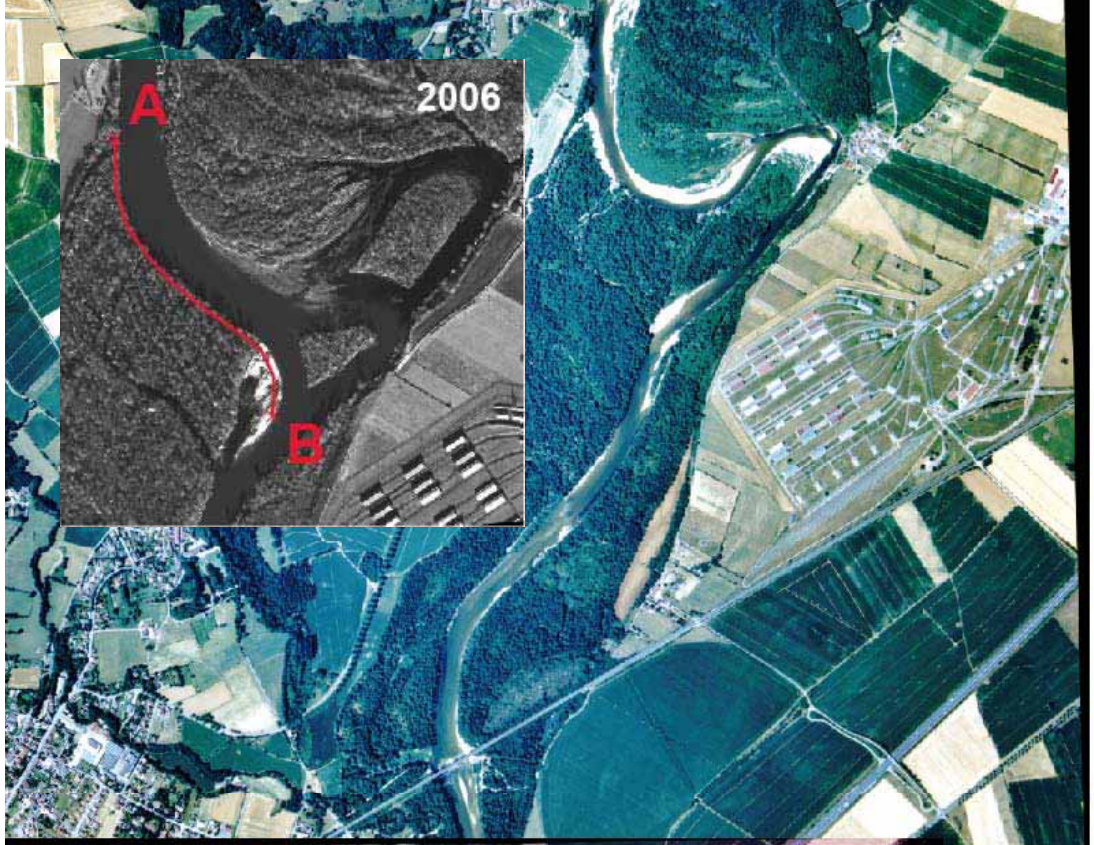
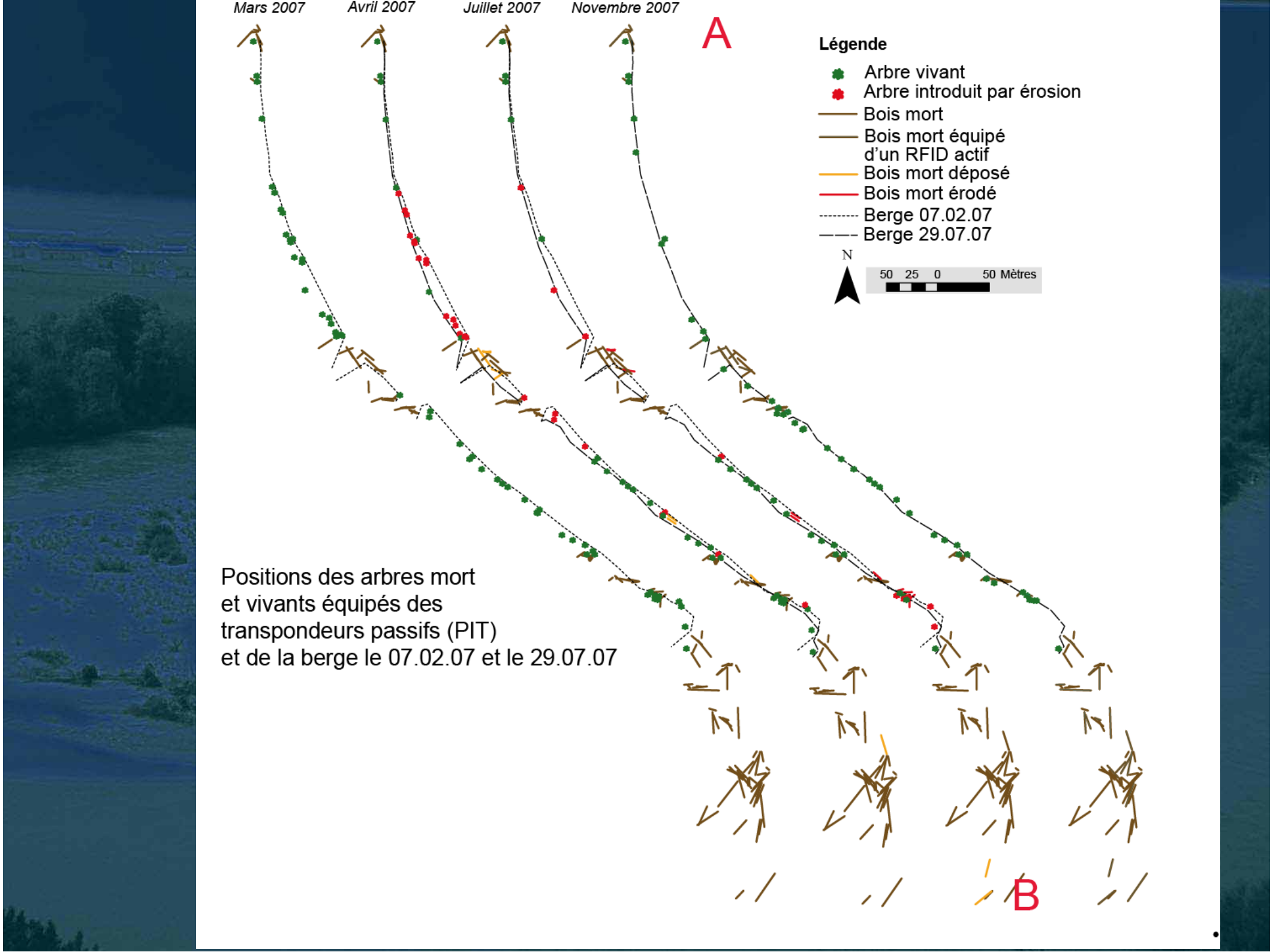


Fig 5 - Les technologies RFID utilisées.

Localisation de l'emplacement de la caméra et de l'antenne RFID permettant de détecter le passage des arbres équipés de transpondeurs RFID actifs à l'aval du site d'étude.



Positions des arbres mort et vivants équipés des transpondeurs passifs (PIT) et de la berge le 07.02.07 et le 29.07.07

ENREGISTREMENT VIDEO CONTINU DU PASSAGE D'OBJETS FLOTTANTS A LA STATION DE CHAZEY-SUR-AIN (EXEMPLE DE LA CRUE DU 18 mai 2007)

Exemples de fûts identifiés par suivi vidéo

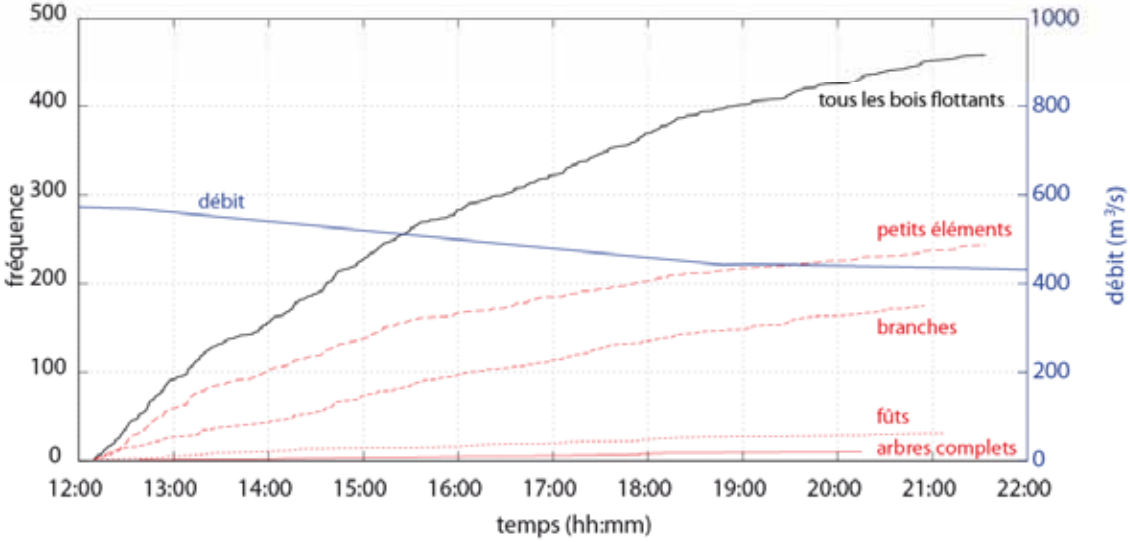


Fig 6- Fréquence cumulée des différents corps flottants transitant au droit de la station de Chazey entre 12h et 21h le 18 mai 2007.

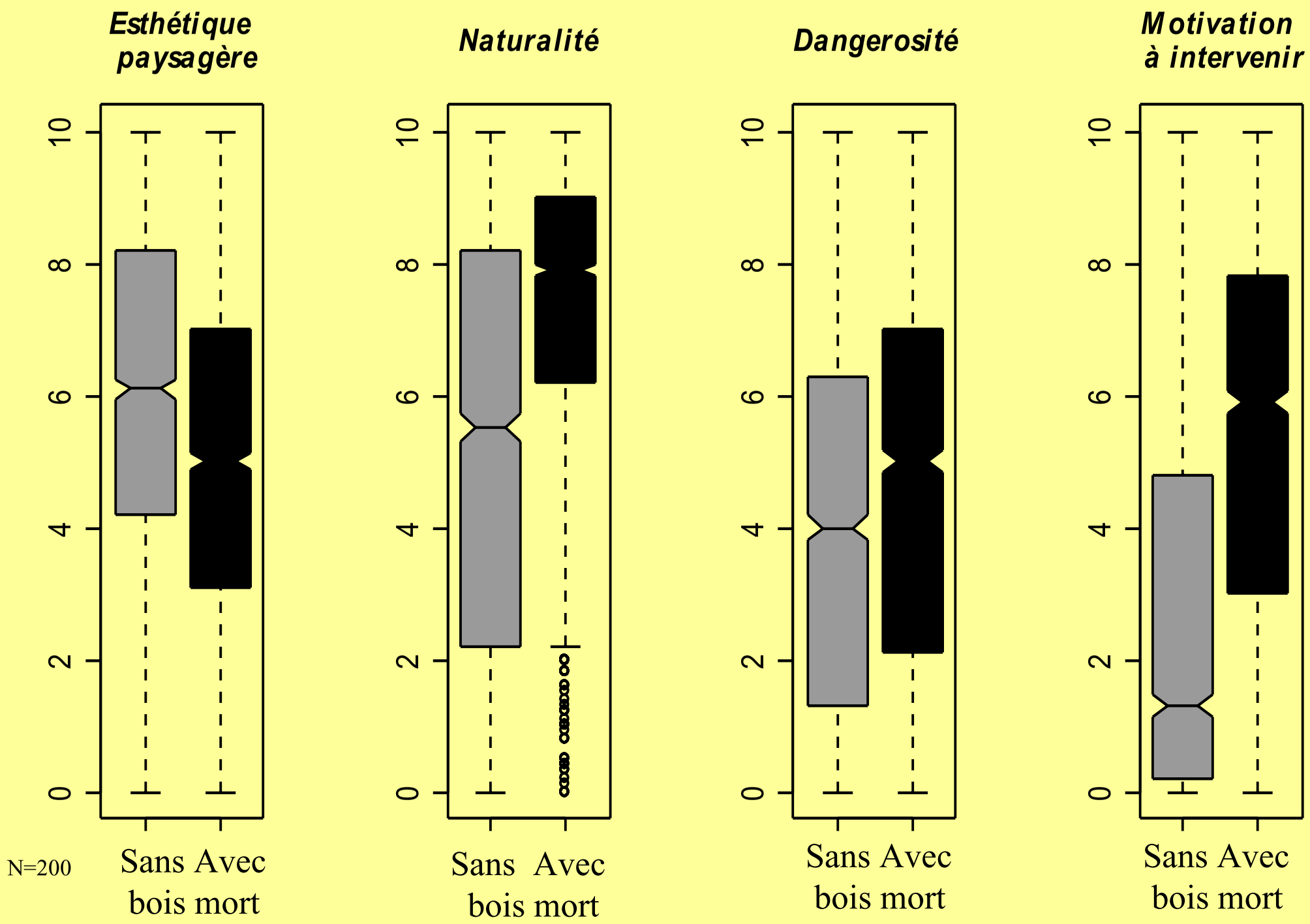
Conclusions

Synthèse

- le bois mort affecte le compartiment physique et biologique d'un cours d'eau,
- Il a pendant longtemps été extrait du cours d'eau pour assurer le libre écoulement de l'eau,
- Il est aujourd'hui réhabilité et réintroduit dans le cadre d'opérations d'ingénierie écologique

Promouvoir ces démarches ne peut se faire sans prendre en compte :

- de nouvelles connaissances concernant les bénéfices écologiques de ces structures ... et leur mobilité,
- les risques hydrauliques induits par ces actions,
- ... et l'adhésion du public.


Esthétique paysagère
Naturalité
Dangerosité
Motivation à intervenir
0
2
4
6
8
10
N=200
Sans
Avec
bois mort

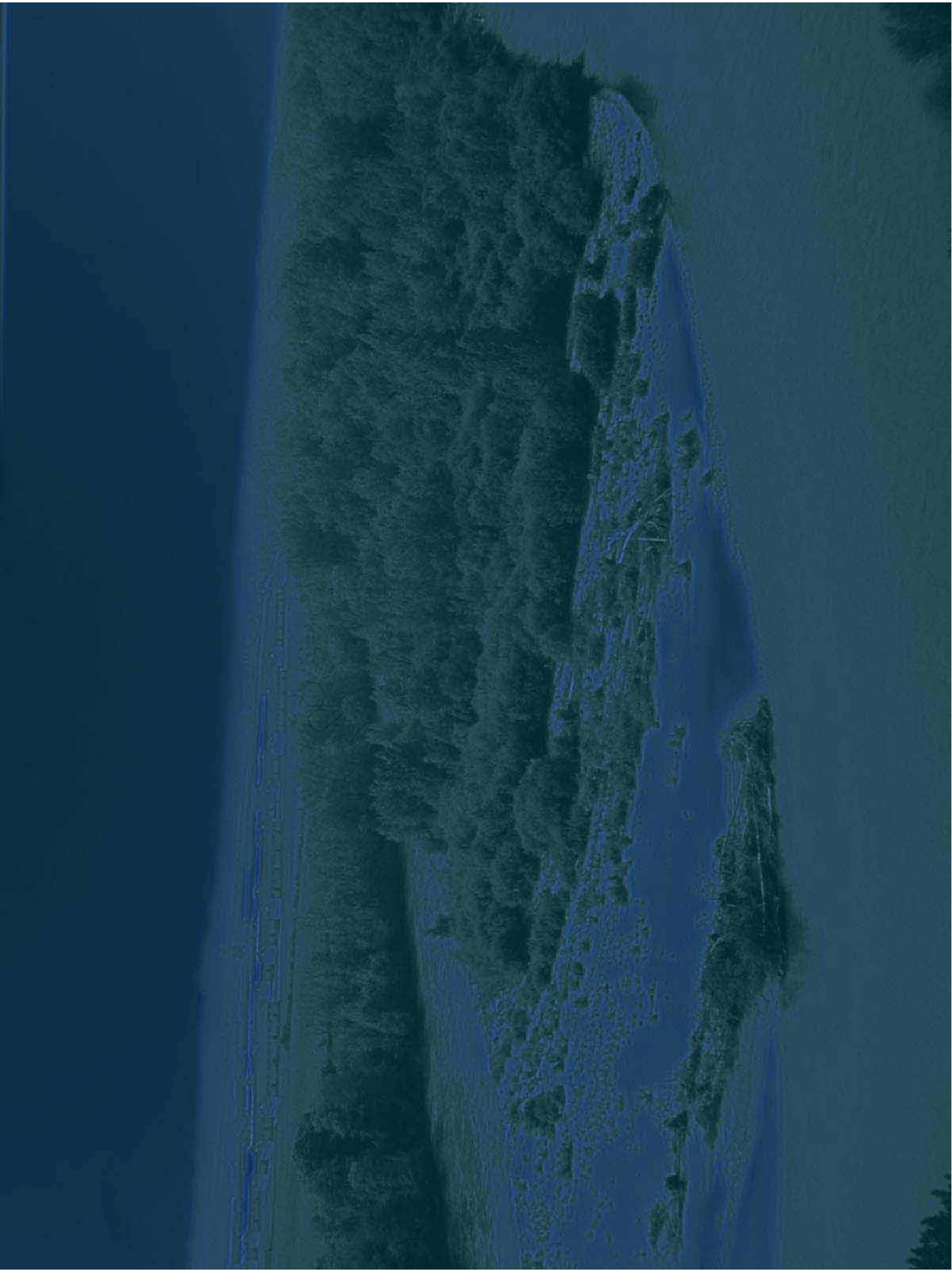
Merci à :

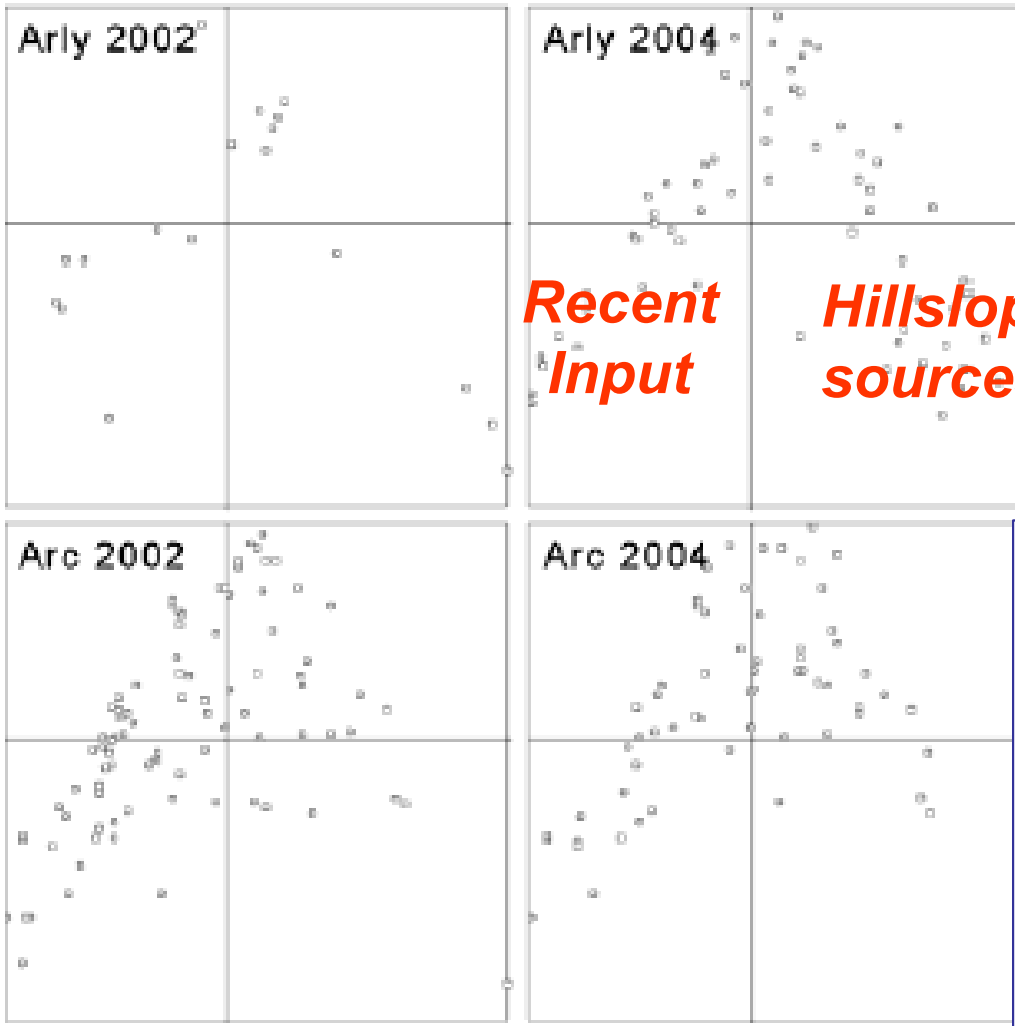
- P. Aubry, Doc.
- S. Dufour, Doc.
- Y. Le Lay, Doc.
- N. Lassettre, post-doc.
- B. MacVicar, post-doc
- B. Moulin, Doc.
- A. Thévenet, Doc.
- M. Tal, post-doc

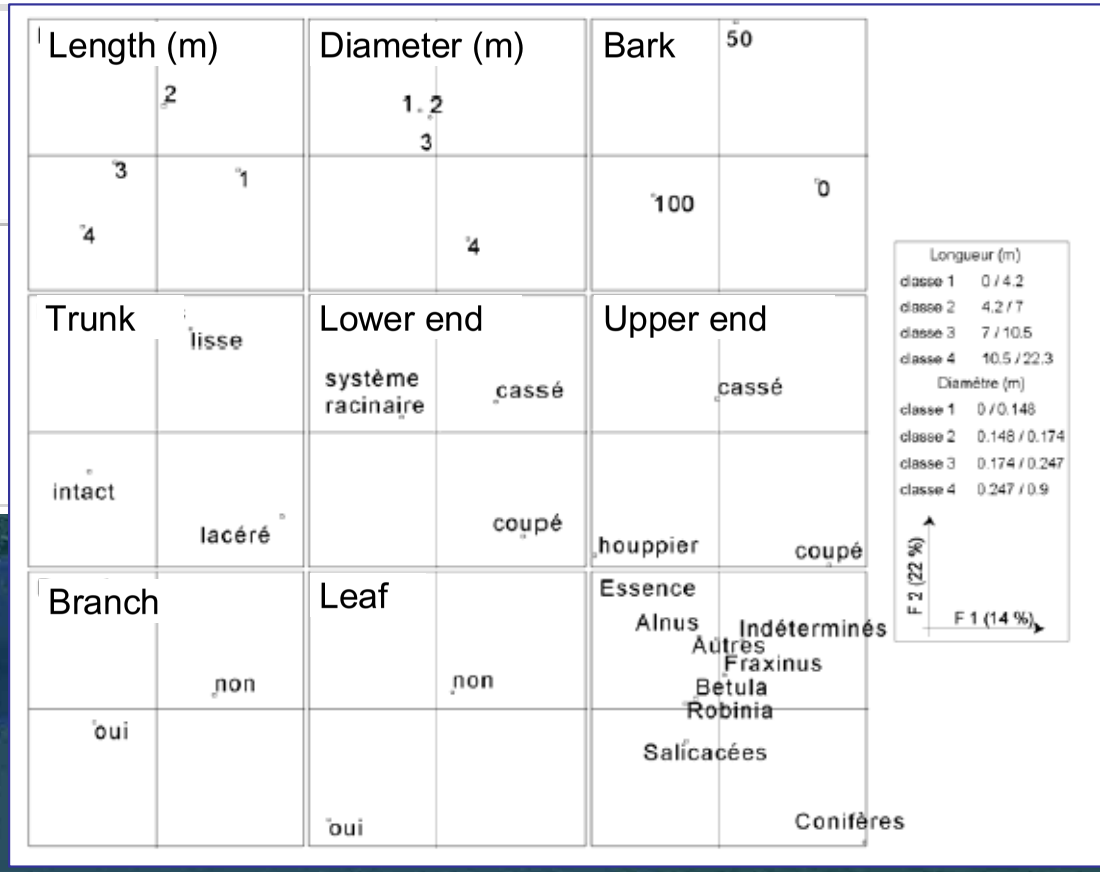
- K. Alexandrova, Master
- C. Brasset, Master
- A. Citterio, Master

- D. Marston, Oklahoma S.U.
- F. Métivier, IPG, Paris
- M. Rinaldi, Univ. Florence
- M.G. Kondolf, Berkeley, Ca

- **Agence de l'eau RMC,**
- **CNR,**
- **EDF,**
- **Région Rhône-Alpes,**
- **INSU / CNRS**
- **ESF / Europ. Scien. Fund.**





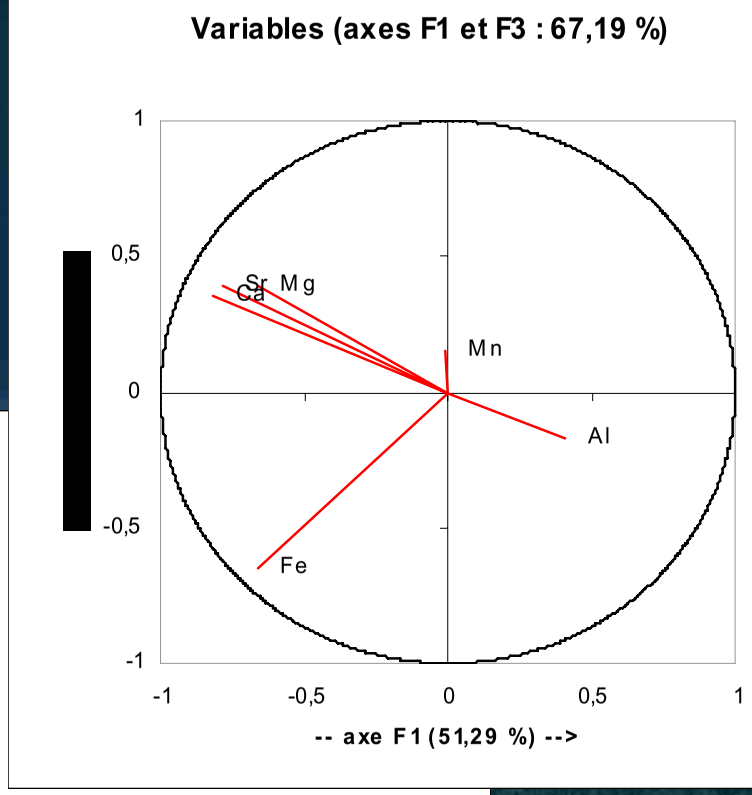


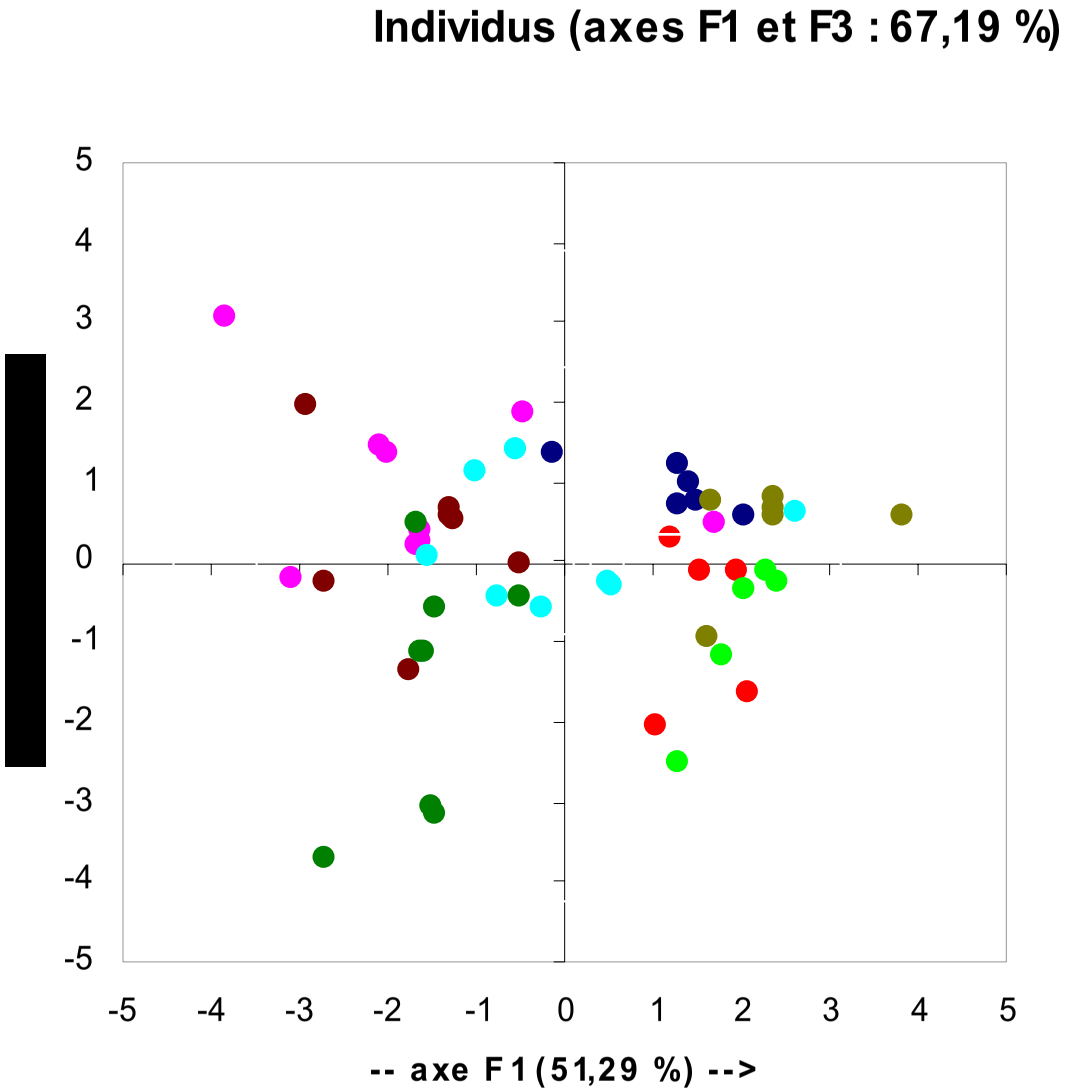
Spatial and temporal variability of wood characters

MCA

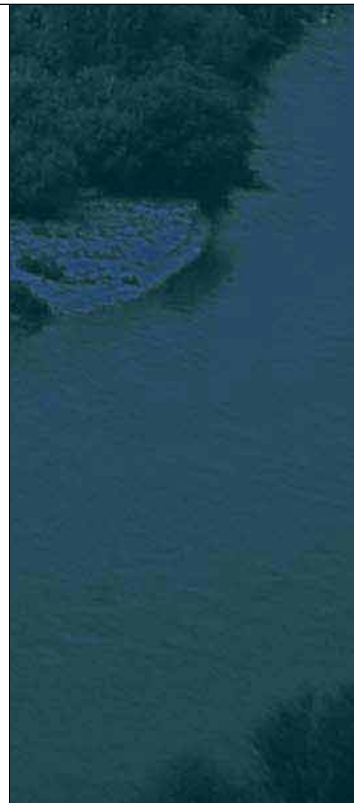
B. Moulin, 2005

- Geochemistry



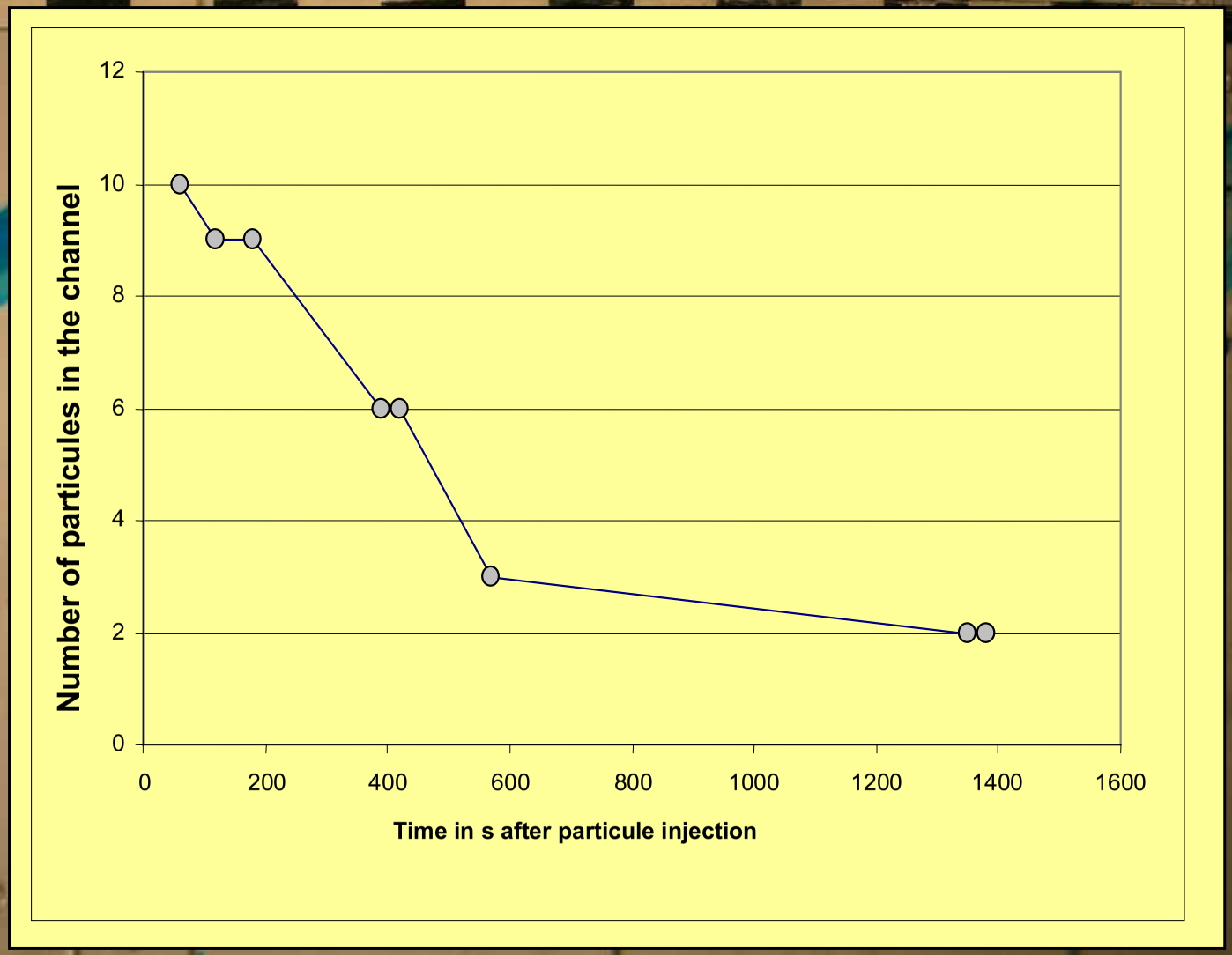


- Arlyinner
- Arlyouter
- Doroninner
- Doronouter
- Isère Amontinner
- Isère Amontouter
- Isère avalinner
- Isère avalouter



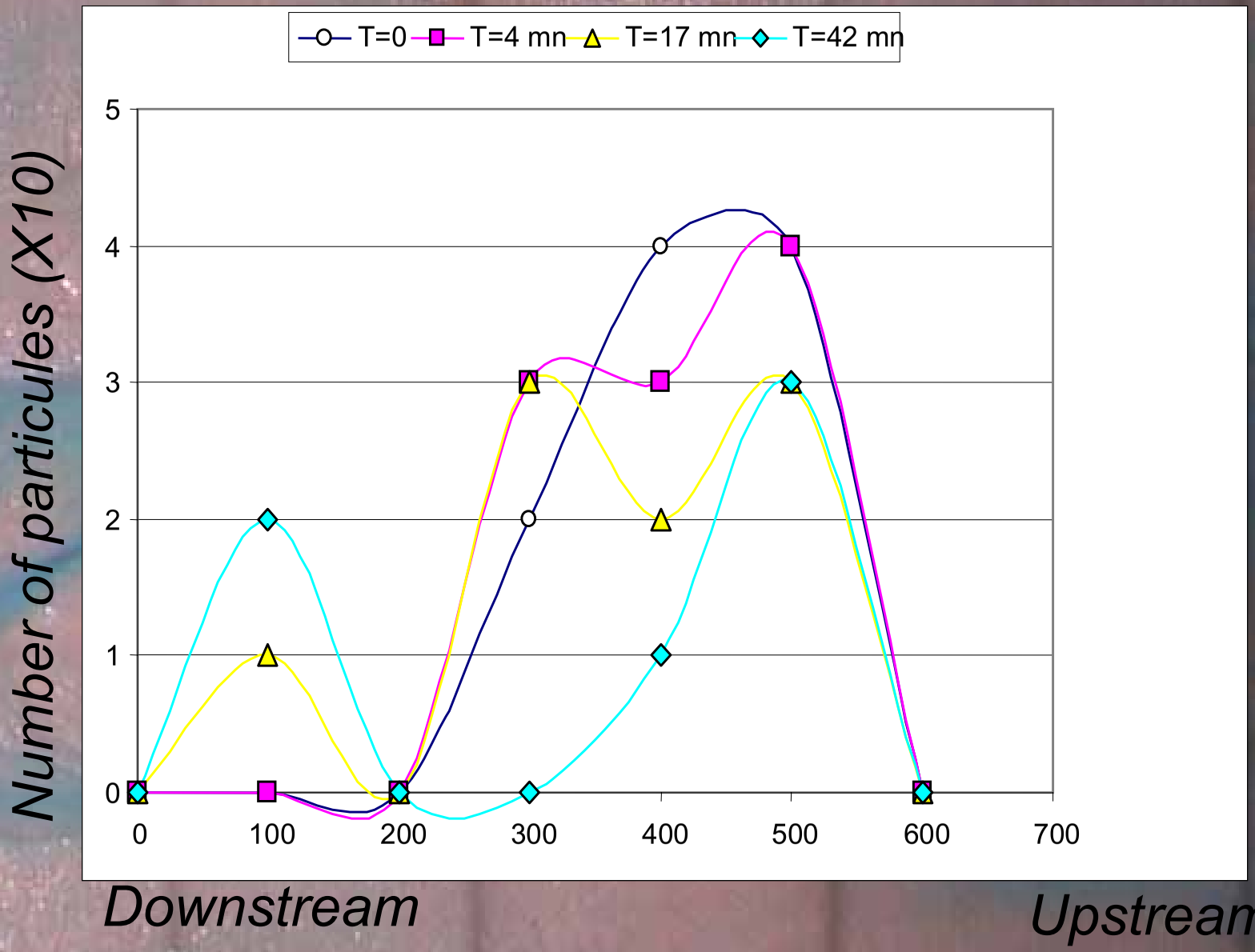
Prediction of the catchment origin of sampled wood pieces

		Predicted		
		Arly	Upper Isère	Lower Isère
Observed	Arly	13	1	0
	Upper Isère	3	15	0
	Lower Isère	22	5	1



Evolution of the frequency of particules in an experimental meandered channel

F. Métivier, preliminary tests (2005)



Experimental braided channel (width=80 cm) and evolution of the number of particules in relation to the downstream Distance for various time scales.

F. Métivier, preliminary tests (2005)

e i l

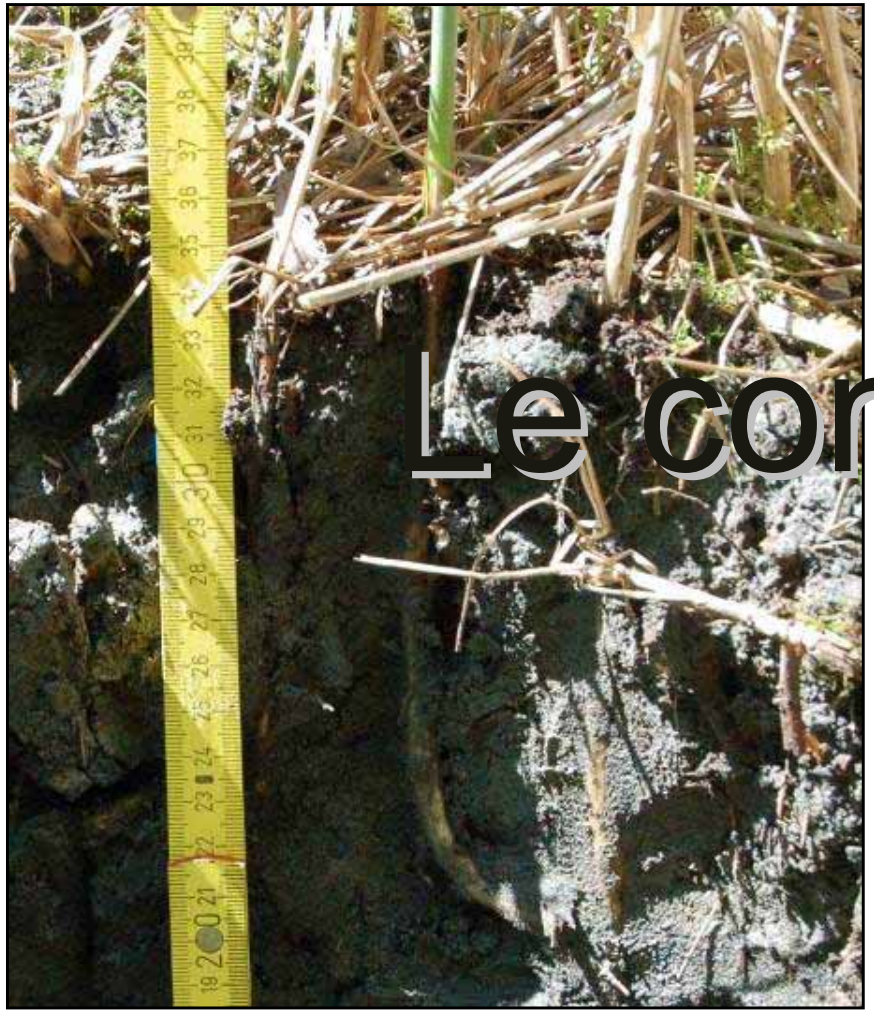
Ecole d'ingénieurs de Lullier

Autécologie de *Typha minima* Hoppe

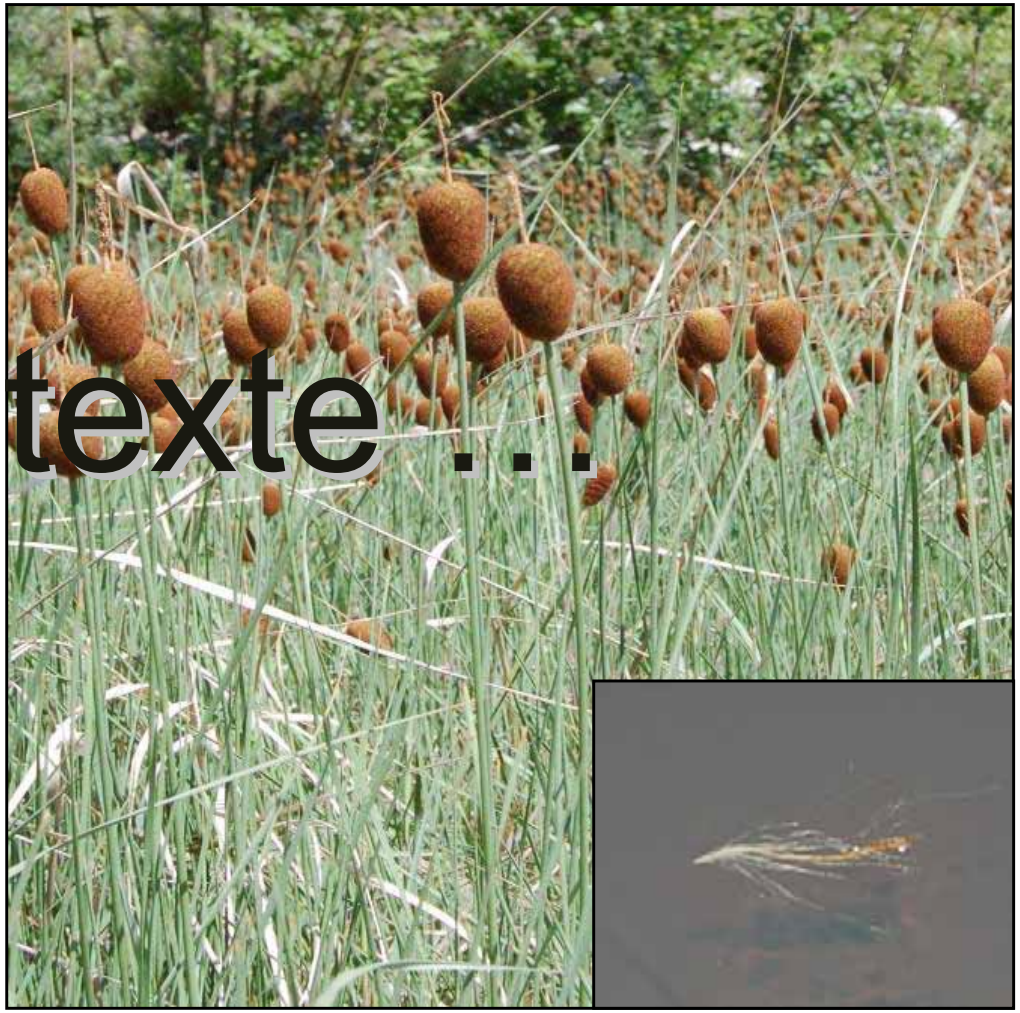
Contribution à la connaissance morphodynamique des cours d'eau nord alpin

P. Prunier & P.A. Frossard (Ecole d'Ingénieurs de Lullier) (GE – CH)

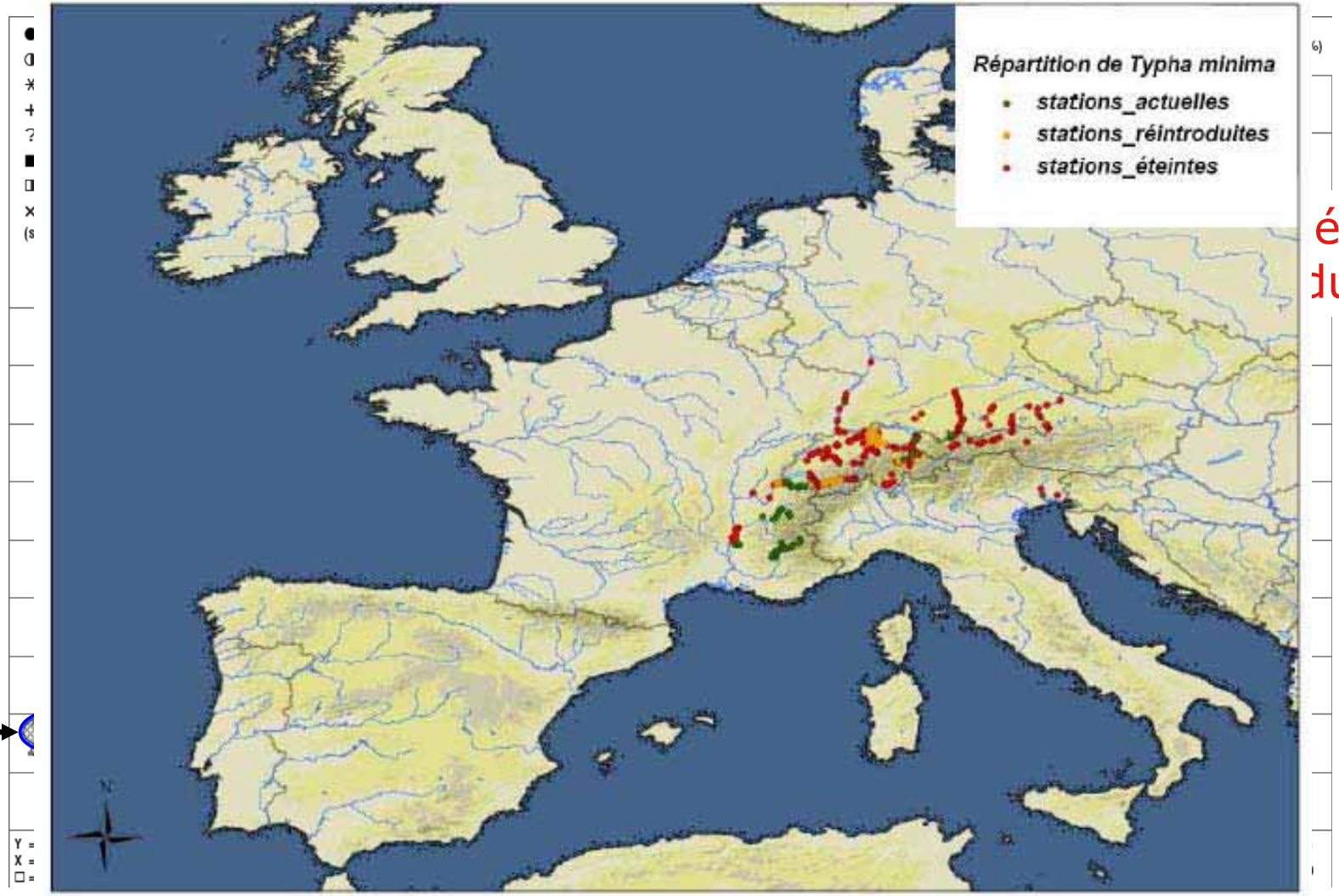
La petite massette (*Typha minima* Hoppe)



Le contexte …



Une très forte régression en Europe



énat
duel

Echecs

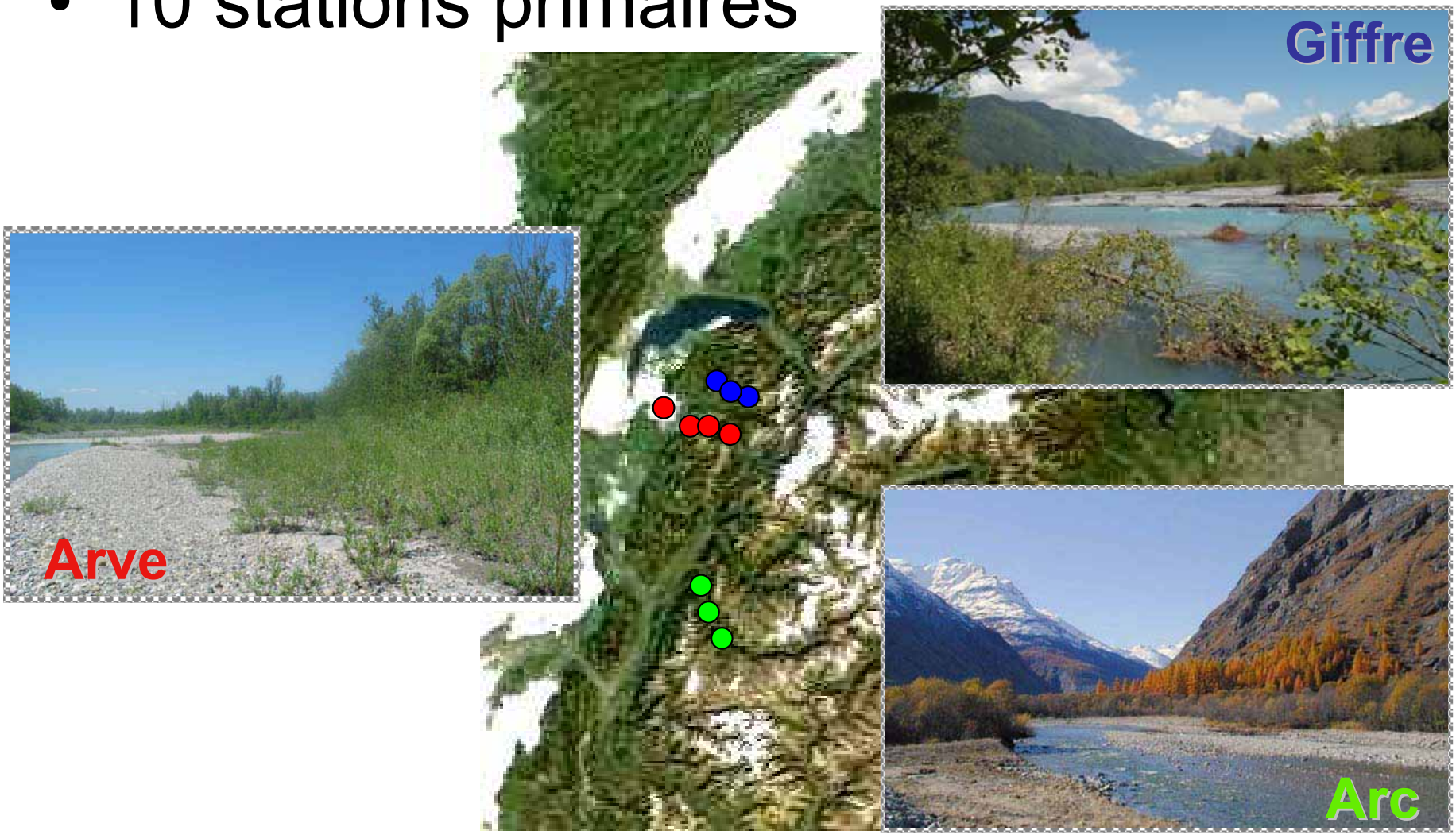
KÄSERMANN & MOSER (1999)

Problématique

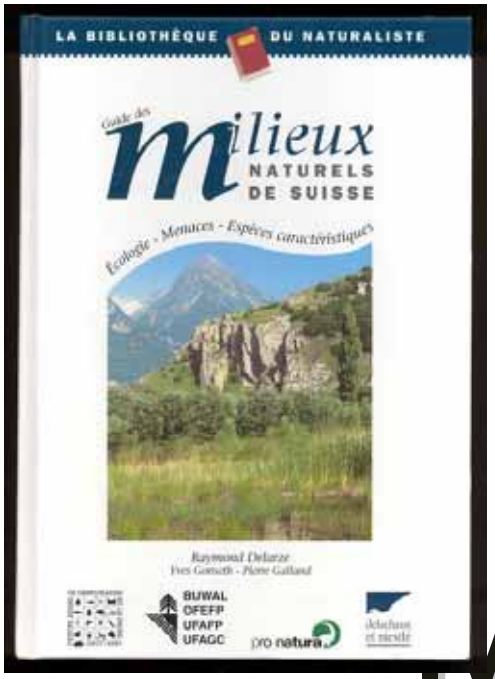
- Quelles sont les exigences écologiques précises de *Typha minima* :
  - phytosociologiques ?
  - pédologiques ?
  - hydrologiques ?
- Comment assurer la conservation de l'espèce dans le contexte actuel ?

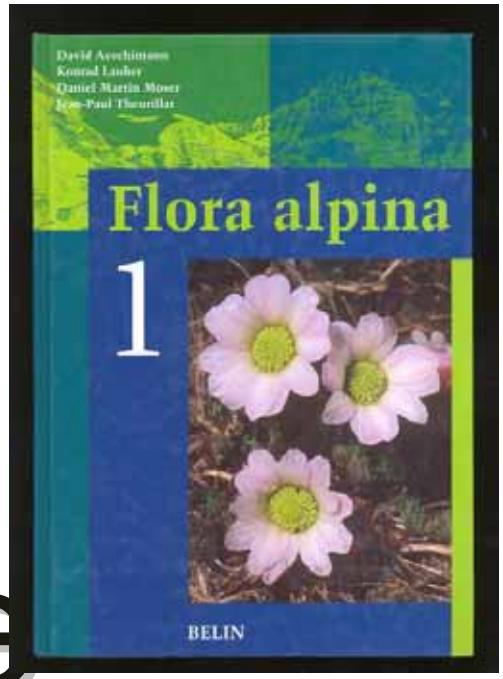
Les sites d'études

- 10 stations primaires



Végétation





Délimitation des quadrats

↓

Observation

↓

Analyse phytosociologique

↓

Groupes écologiques

↓

Analyse phyto-écologique

Méthodologie

Pédologie

- Profil
- Matière organique (Walkley & Black)
- Carbonates totaux (calcimètre « Bernard »)
- pH (méthode de l'eau)
- Granulométrie (loi de Stokes)

Phytosociologie

Tableau de présence

	Nbre de prés.	Présence	Coeff. de prés.	*Caractéristique du *Typhetum minimae*
Strate herbacée				
Typha minima Hoppe	10	100%	V	x
Salix triandra L.	8	80%	IV	x
Equisetum arvense L.	7	70%	IV	
Calamagrostis pseudophragmites (Hall. F.) Koeler	7	70%	IV	
Phragmites australis (Cavanilles) Steudel	6	60%	III	
Holcus lanatus L.	6	60%	III	
Salix alba L.	6	60%	III	
Salix daphnoides Villars	5	50%	III	
Solidago gigantea Aiton	5	50%	III	
Tussilago farfara L.	5	50%	III	
Alnus incana (L.) Moench	4	40%	II	
Rubus caesius L.	4	40%	II	
Brachypodium sylvaticum (Hudson) P. de Beauvois	4	40%	II	
Epilobium hirsutum L.	4	40%	II	
Juncus articulatus L.	4	40%	II	x
Daucus carota L.	3	30%	II	
Eupatorium cannabinum L.	3	30%	II	
Filipendula ulmaria (L.) Maximovicz	3	30%	II	
Molinia caerulea (L.) Moench	3	30%	II	
Poa trivialis L.S.L.	3	30%	II	
Salix elaeagnos Scopoli	3	30%	II	
Salix purpurea L. S. L.	3	30%	II	

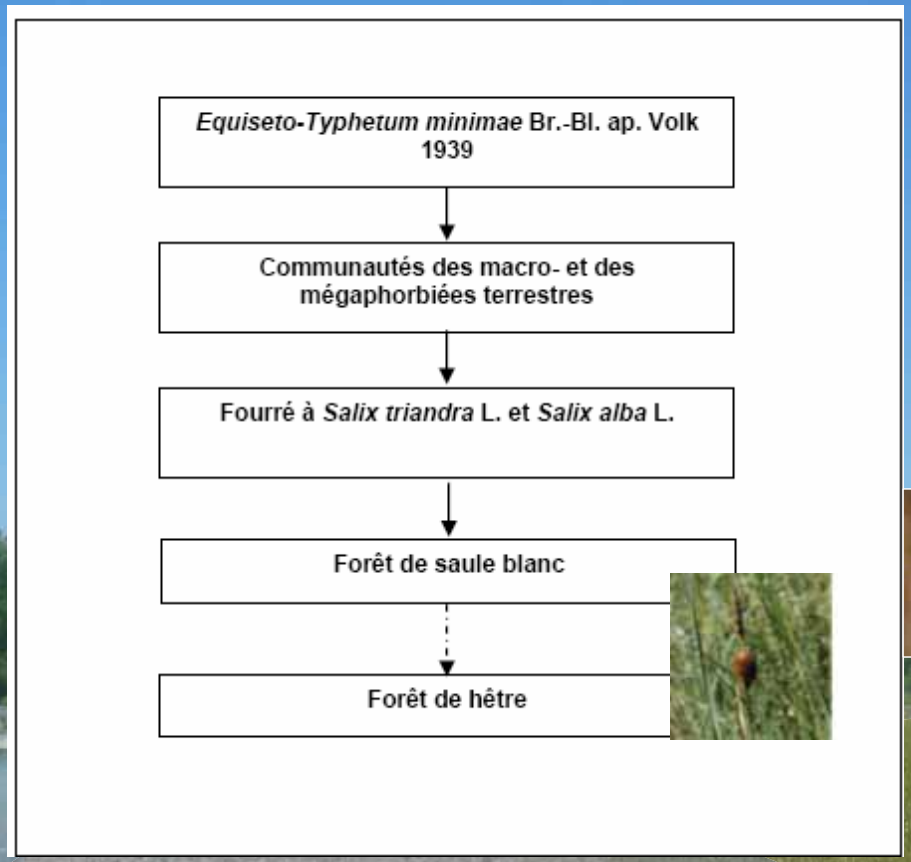
*Selon VOLK & BRAUN-BLANQUET (1939)

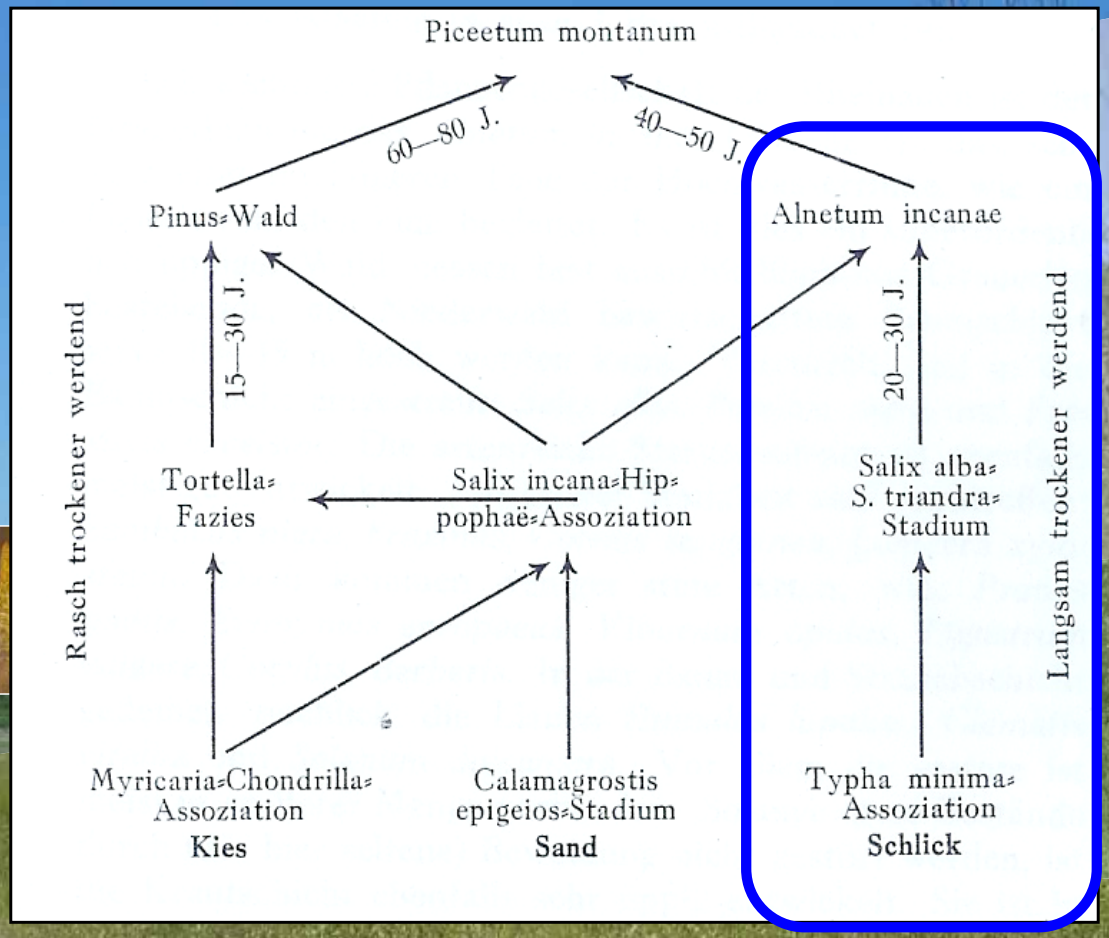
Résultats

Equiseto variegati-Typhetum minimae Br.-Bl. ap. Volk 1939

1. Une végétation perturbée mais peu stressée

	Coeff. de prés.
Communautés alluviales	
a. Equiseto-Typhetum minimae **Br.-Bl. ap. Volk 1939**	
Typha minima Hoppe	V
Salix triandra L.	IV
Juncus articulatus L.	II
A. Epilobion fleischeri **G. Br.-Bl. ex Br.-Bl. 1949**	
Calamagrostis pseudophragmites (Haller F.) Koeler	IV
Communautés des macro- et des mégaphorbiées terrestres	
C. Molinio-Arrhenatheretea **Tüxen 1937**	
Poa trivialis L.s.L.	II
Holcus lanatus L.	III
O. Molinietalia caeruleae **Koch 1926**	
Molinia caerulea (L.) Moench	II
C. Filipendulo-Convolvuletea **Géhu et Géhu-Franck 1987 nom. Inval.**	
Epilobium hirsutum L.	II
Filipendula ulmaria (L.) Maximovicz	II
Rubus caesius L.	II
O. Convolvuletalia sepium **Tüxen 1950 nom. Inval.**	
Eupatorium cannabinum L.	II
A. Convolvulion sepium **Tüxen in Oberdorfer 1957**	
Solidago gigantea Aiton	III
Communautés arbustives alluviales	
C. Saliceteae purpurae **Moor 1958**	
Salix purpurea L. S. L.	II
Salix elaeagnos Scopoli	II
A. Salicion incanae **Aichinger 1933**	
Salix daphnoides Villars	III
Communautés forestières	
C. Carpino-Fagetea sylvaticae **Jakucs 1967**	
Brachypodium sylvaticum (Hudson) P. de Beauvois	II
A. Salicion albae **Soò 1930**	
Salix alba L.	III
A. Alnion incanae **Pawlowski in Pawlowski, Sokolowski et Wallisch 1928**	
Alnus incana (L.) Moench	II
Communautés vivaces nitratophiles	
A. Dauco-Melilotion **Görs 1966**	
Daucus carota L.	II
C. Agropyretea intermedii-repentis **Oberdorfer, Müller et Görs in Müller et Görs 1969**	
Tussilago farfara L.	III
A. Convolvulo-Agropyrion repentis **Görs 1966**	
Equisetum arvense L.	IV
Communautés des mégaphorbiées aquatiques	
C. Phragmito-Magnocaricetea **Klika in Klika et Novàk 1941**	
Phragmites australis (Cavanilles) Steudel	III





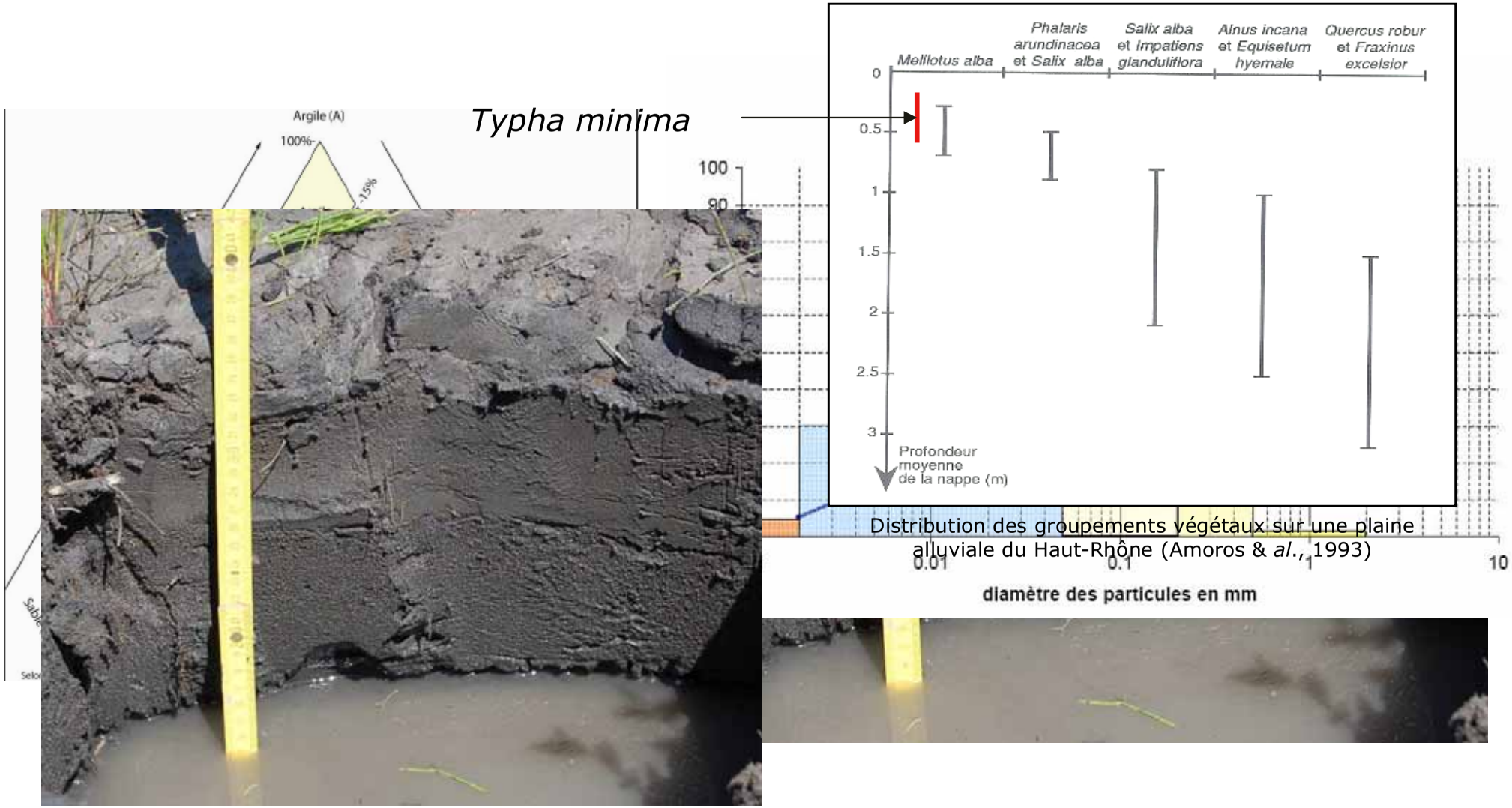
Evolution de l'*Equiseto-Typhetum*

Volk & Braun-Blanquet (1939)

Myricario-Chondrilletum

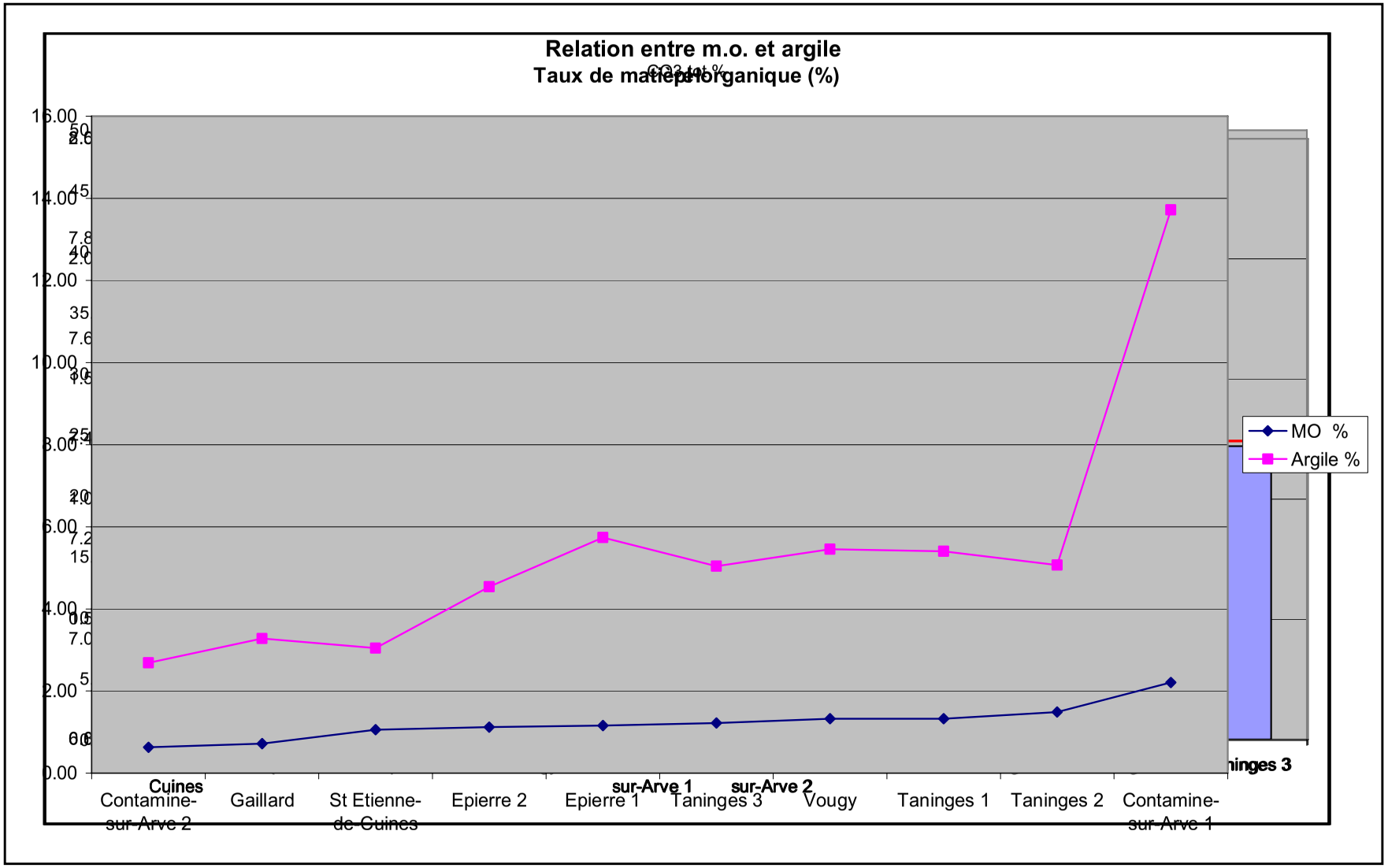
2. Un sol sablo-limoneux

Majorité de silts et de sables fins



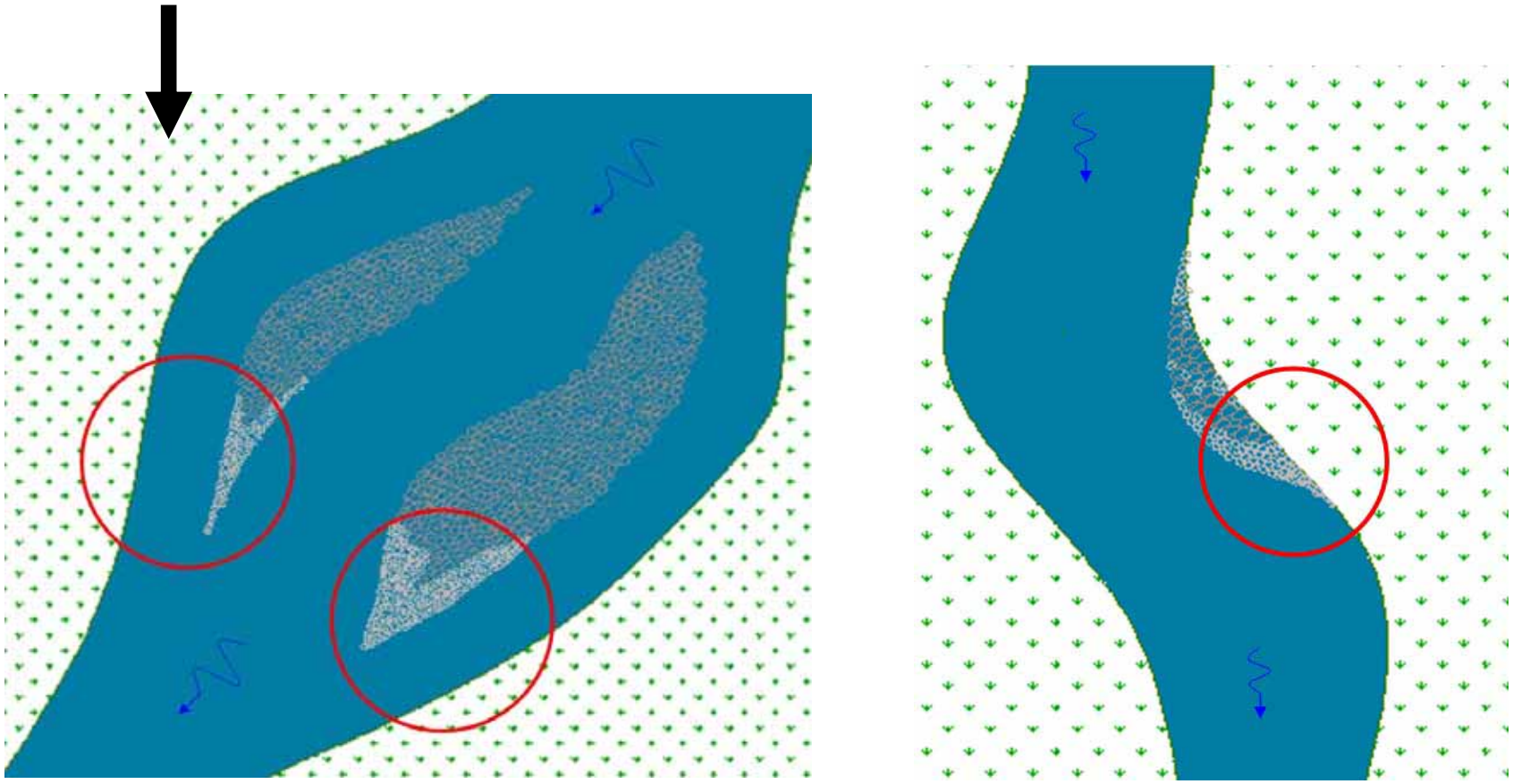
Distribution des groupements végétaux sur une plaine alluviale du Haut-Rhône (Amoros & *al.*, 1993)

- Moyenne matière organique : 10,2 % ± 0,4

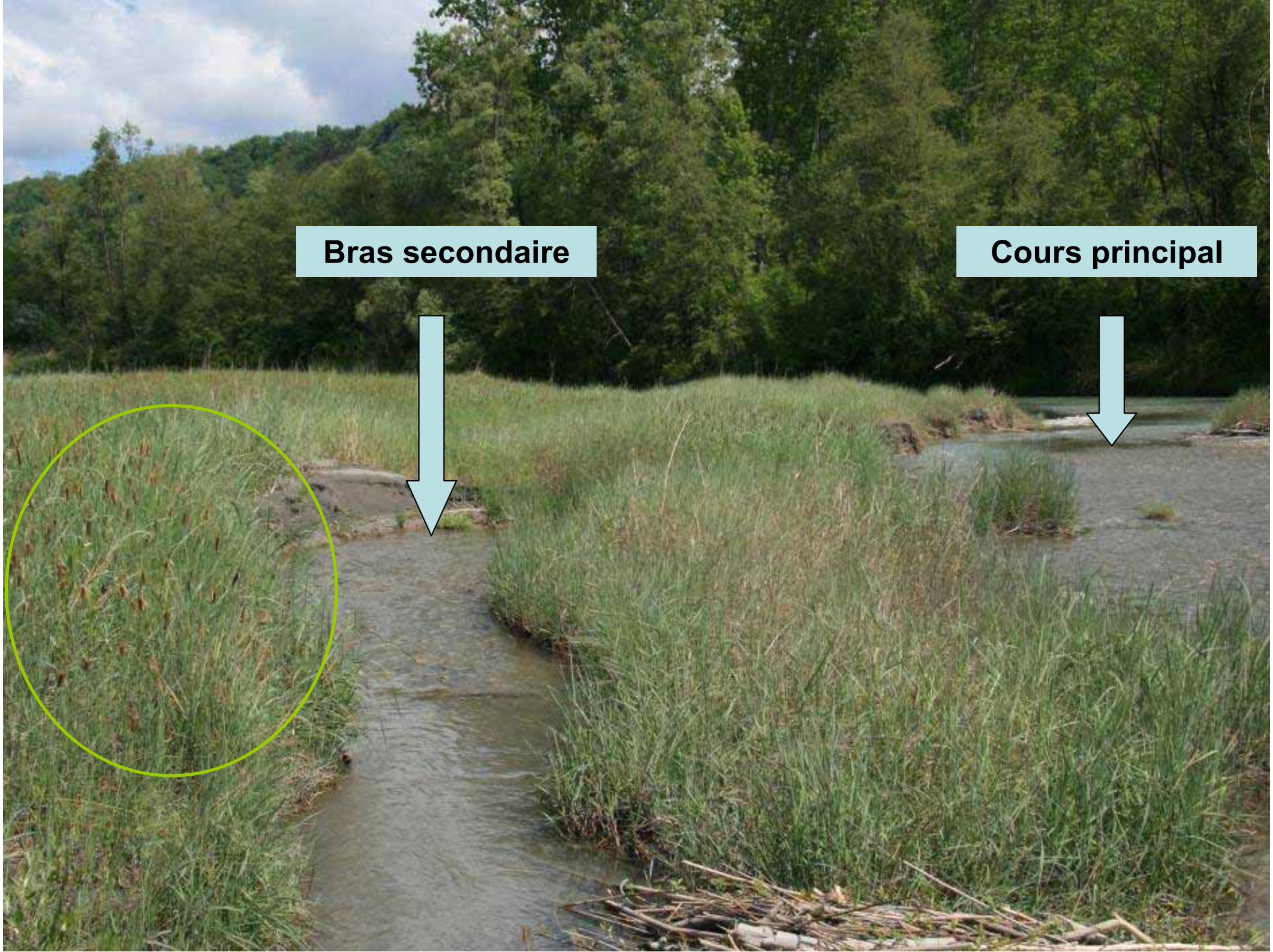


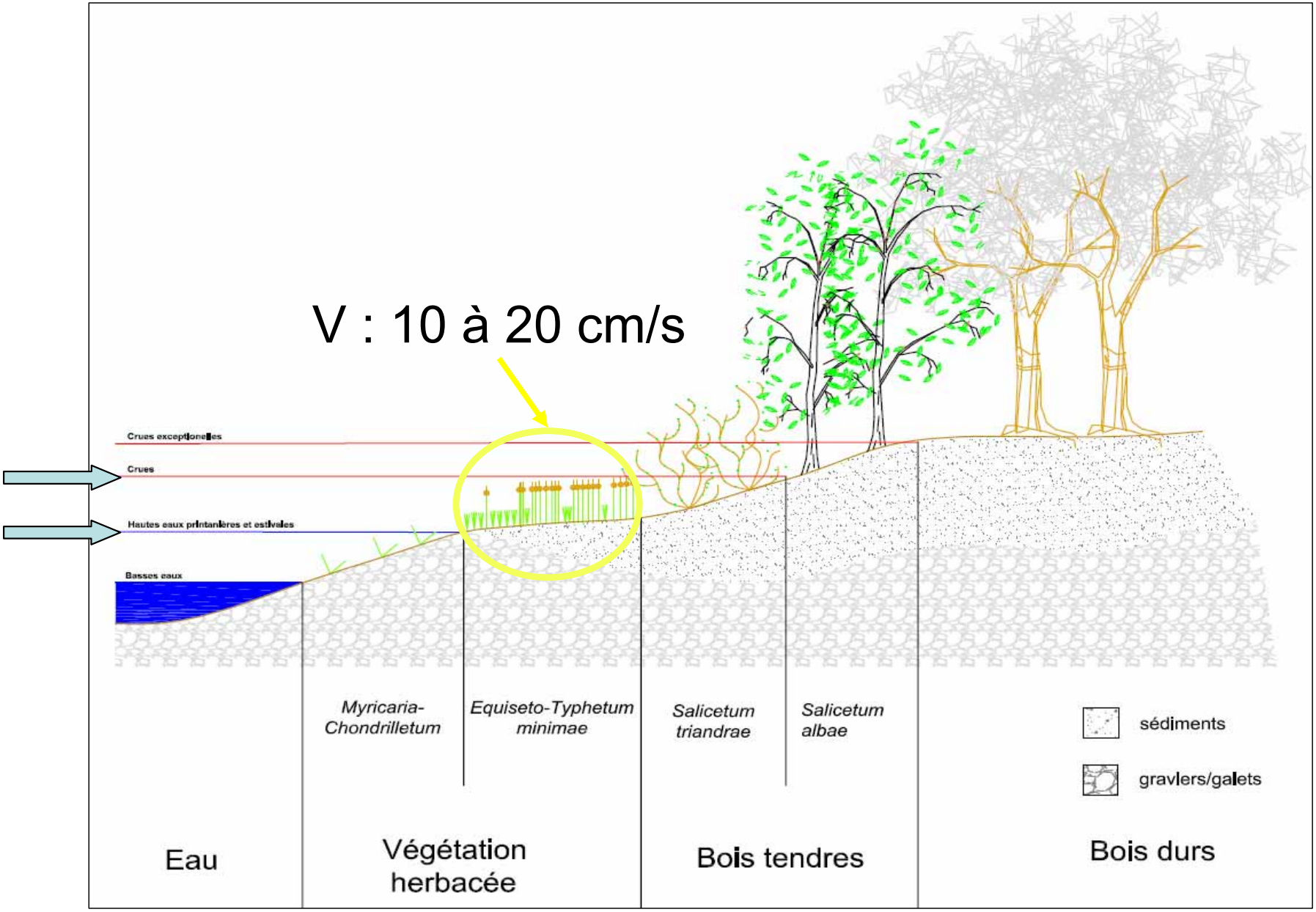
3. Deux situations hydrologiques

Tressage (9/10) ; Régime nival (9/10)



Q moyens : 19 à 75 m^3/s ; Q crue : 38 à 132 m^3/s


Bras secondaire
Cours principal


V : 10 à 20 cm/s
Crues exceptionelles
Crues
Hautes eaux printanières et estivales
Basses eaux
Myricaria-Chondrilletum
Equiseto-Typhetum minimae
Salicetum triandrae
Salicetum albae
sédiments
gravlers/galets
Eau
Végétation herbacée
Bois tendres
Bois durs

II - Perspectives

1. Rechercher des sites favorables

2. Engager des opérations de restauration ciblées

3. Utiliser l'opportunité de nouveaux projets d'aménagement pour des opérations de réimplantation

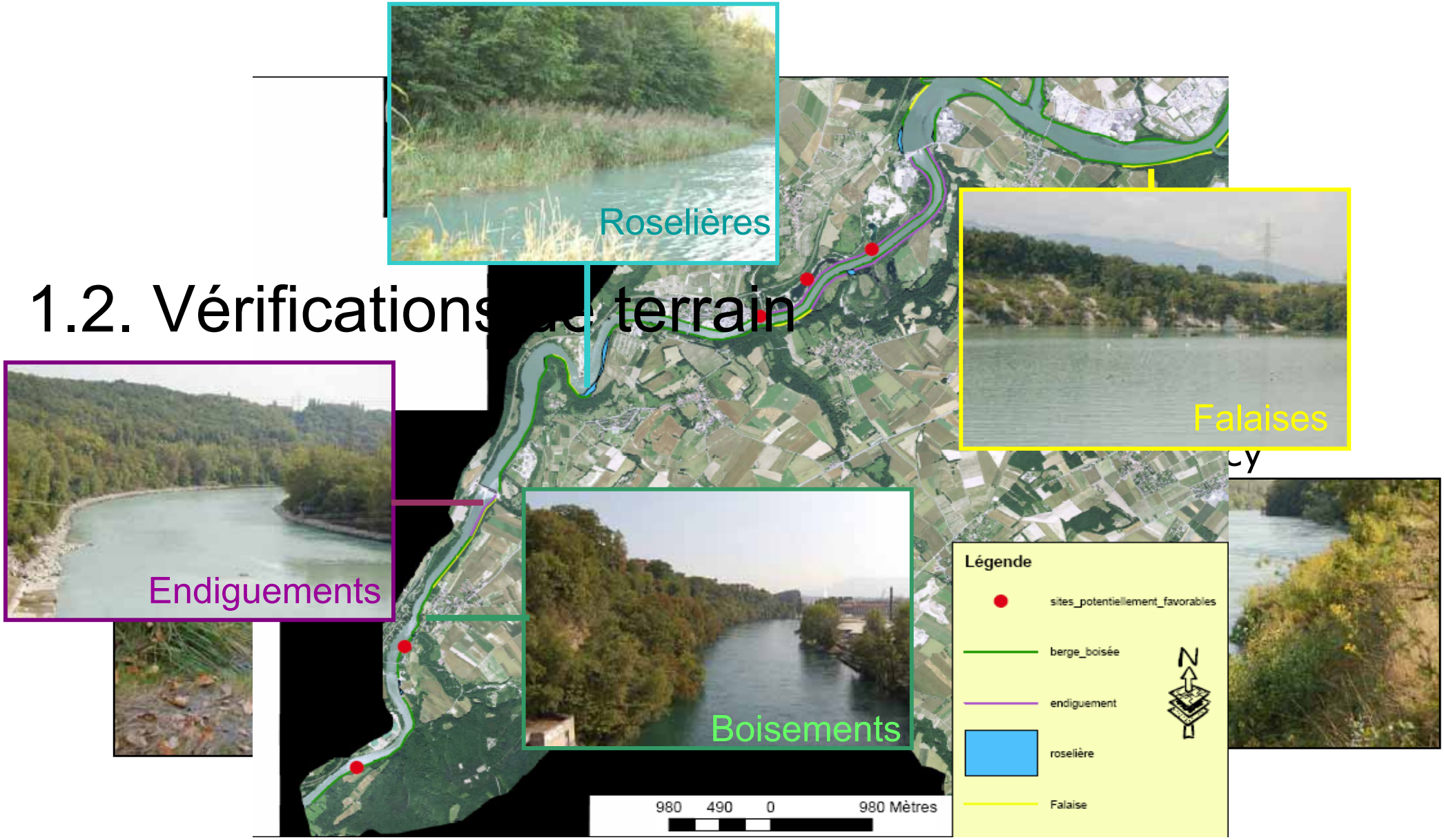
LeS perspectives DE CONSERVATION

e i l
Ecole d'ingénieurs de Lullier

1. Recherche de sites

1.1. Définition de critères d'exclusions sur photos

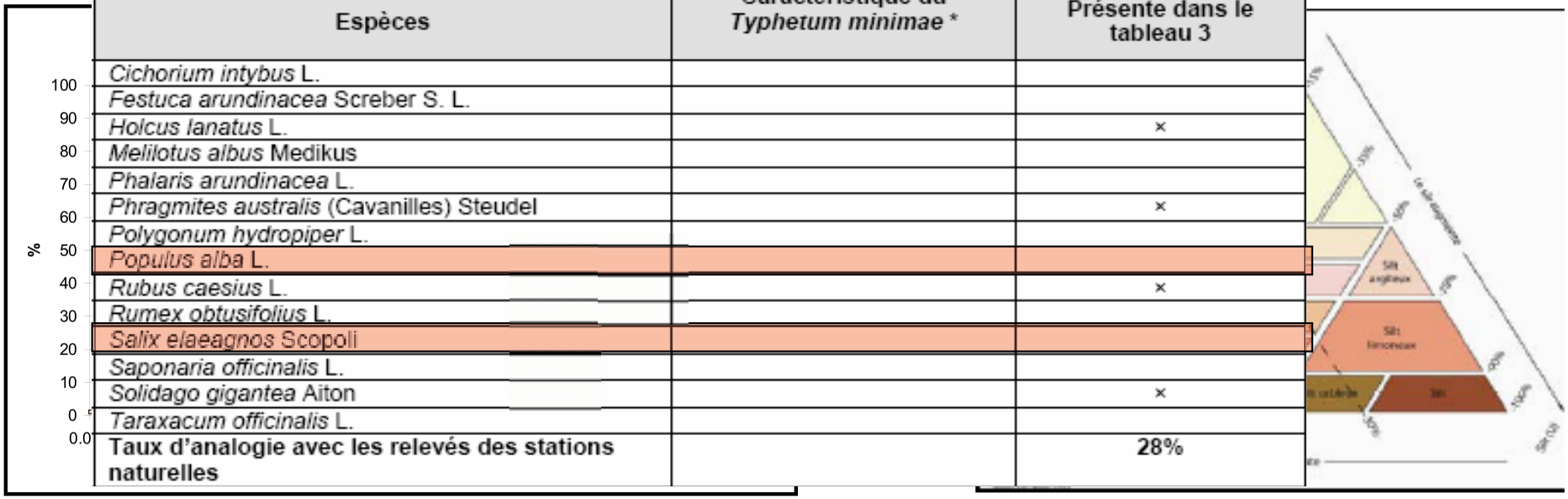
1.2. Vérifications de terrain



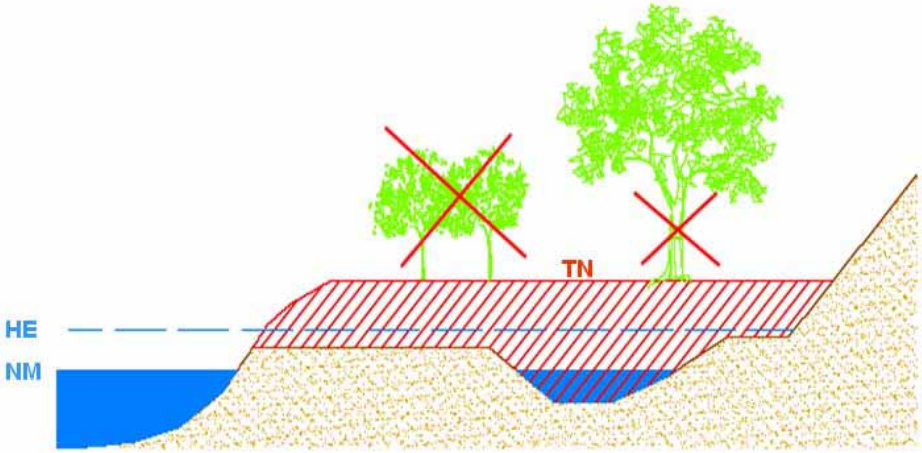
Un exemple : l'embouchure de l'Allondon

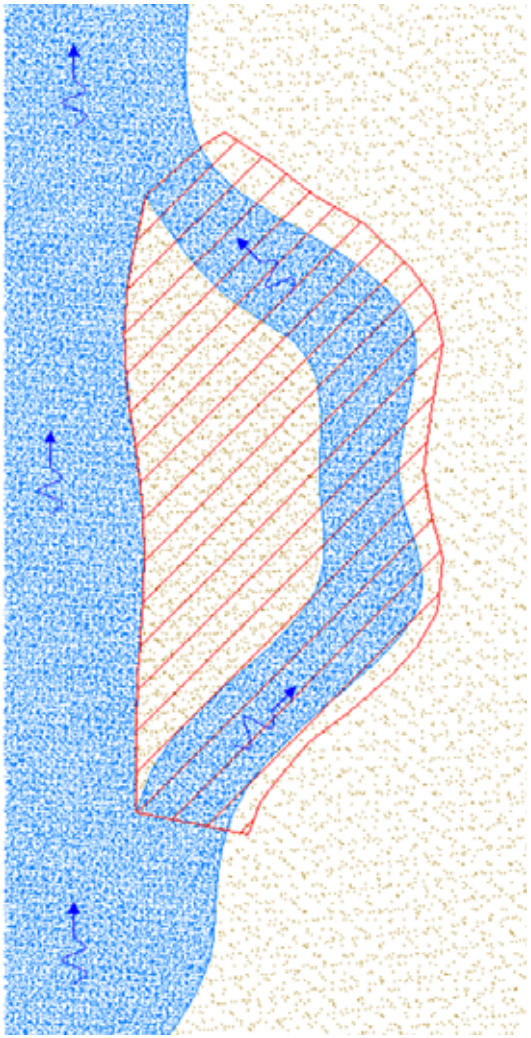
- Granulométrie trop grossière de type sableuse

Espèces	Caractéristique du *Typhetum minimae* *	Présente dans le tableau 3
Cichorium intybus L.		
Festuca arundinacea Screber S. L.		
Holcus lanatus L.		×
Melilotus albus Medikus		
Phalaris arundinacea L.		
Phragmites australis (Cavanilles) Steudel		×
Polygonum hydropiper L.		
Populus alba L.		
Rubus caesius L.		×
Rumex obtusifolius L.		
Salix elaeagnos Scopoli		
Saponaria officinalis L.		
Solidago gigantea Aiton		×
Taraxacum officinalis L.		
Taux d'analogie avec les relevés des stations naturelles		**28%**



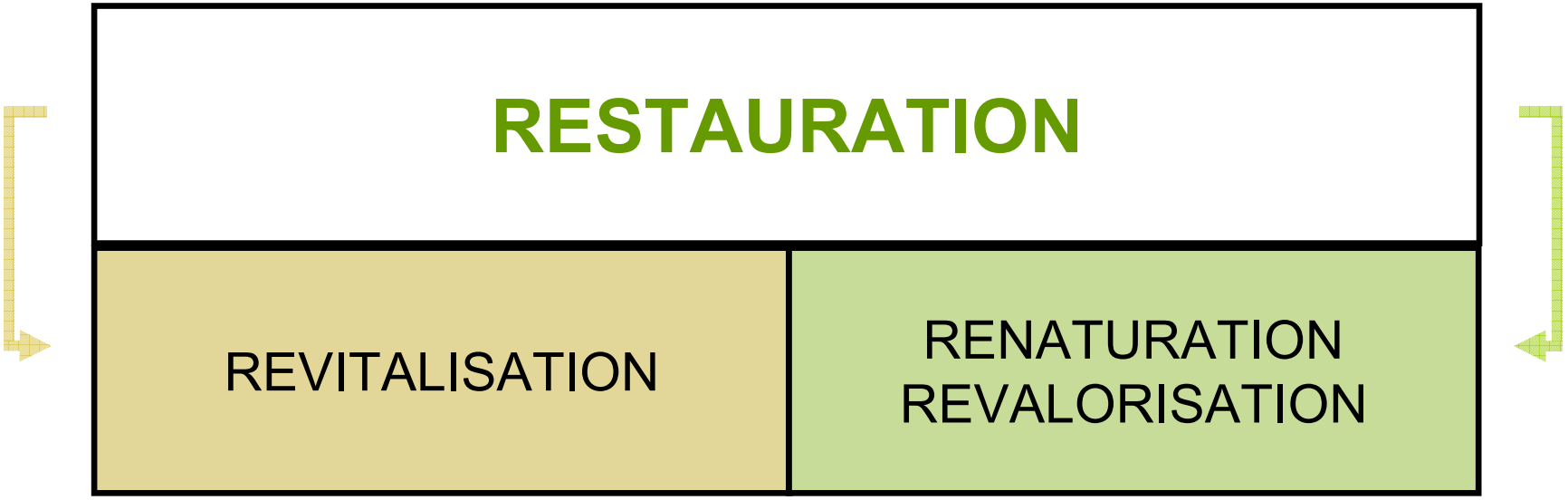
2. Un exemple de restauration ciblée



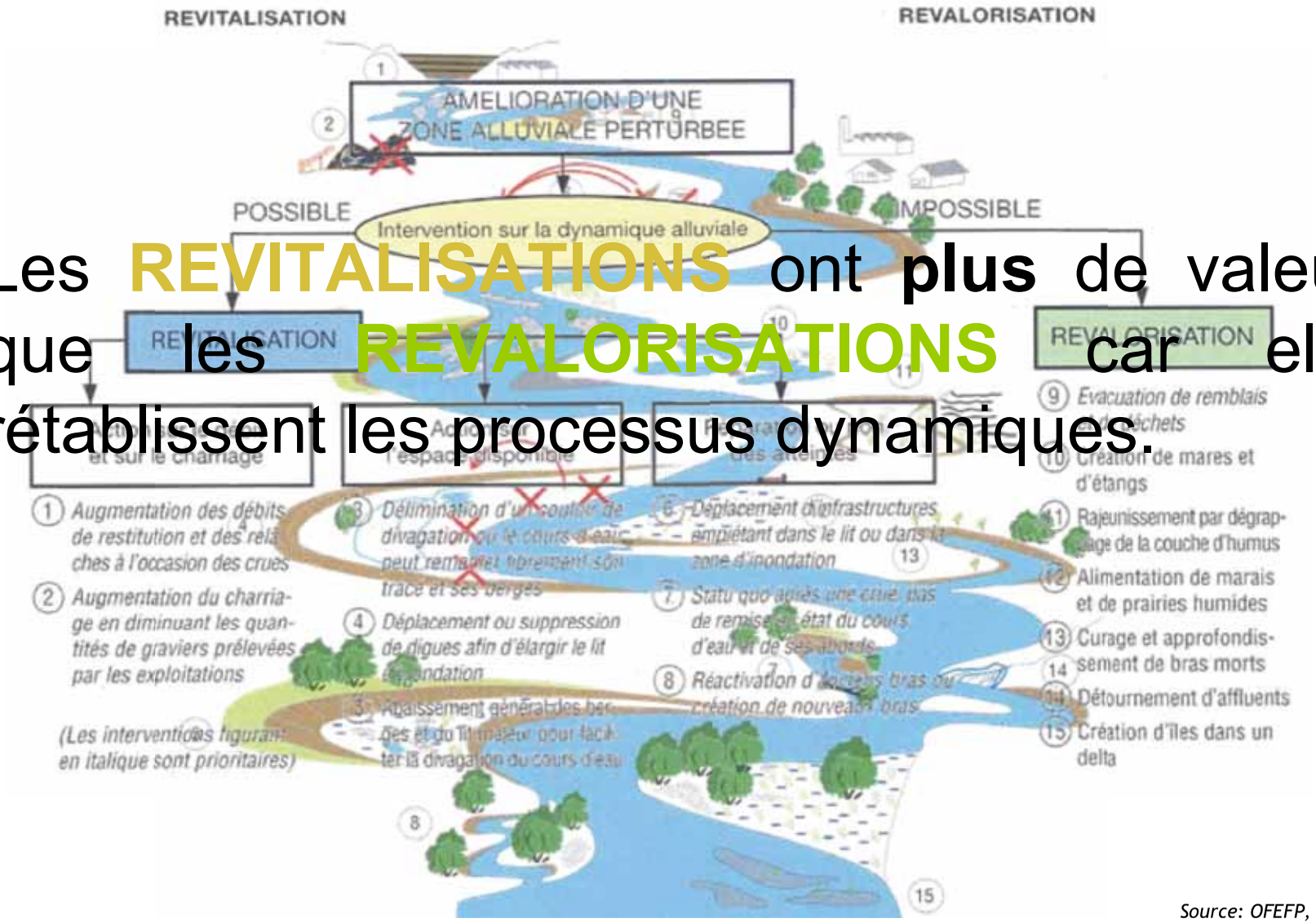


3. L'aménagement des cours d'eau

Dans la restauration, on peut distinguer deux types d'interventions distinctes :



Revitalisation ou revalorisation ?

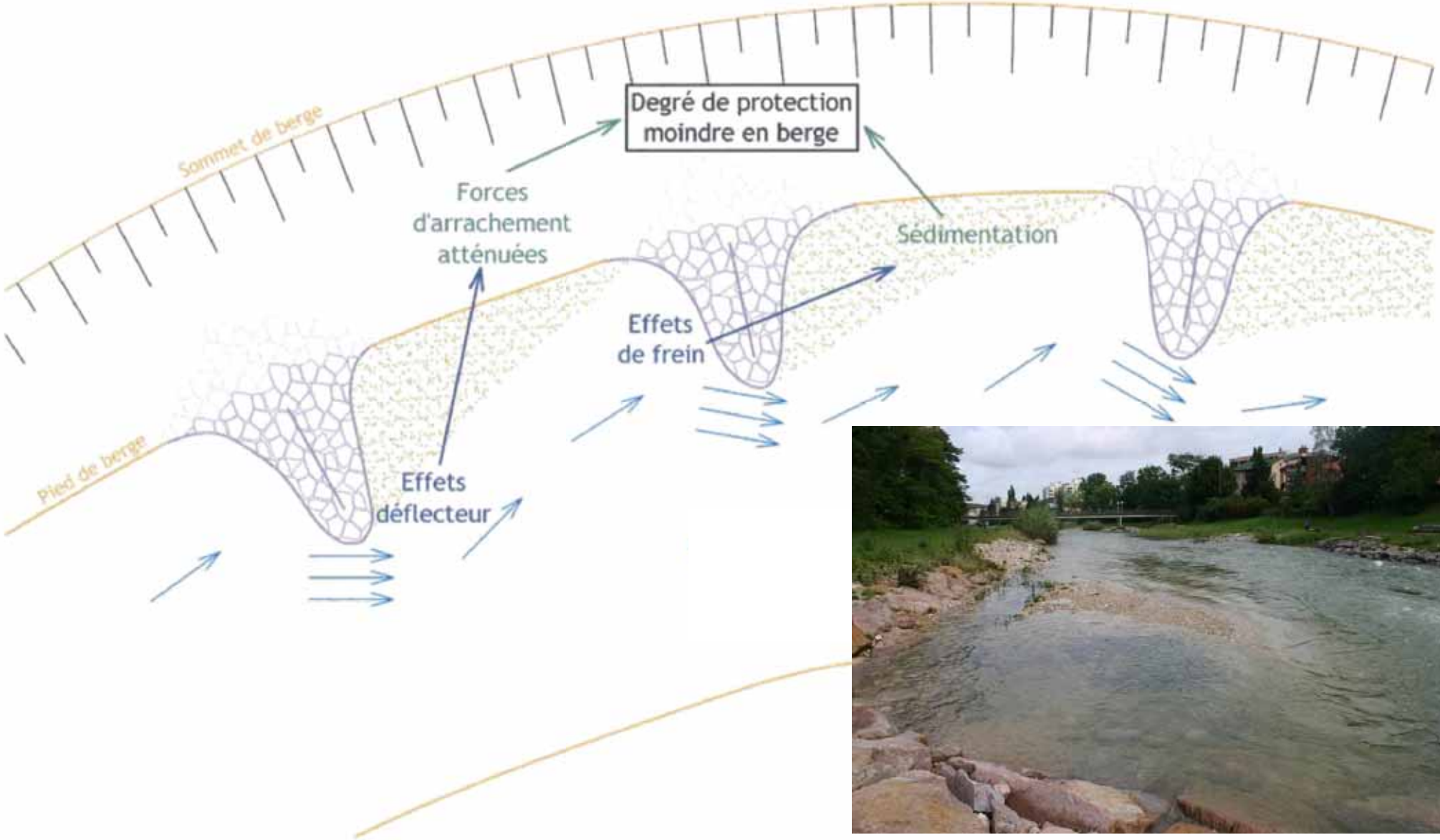


Les **REVITALISATIONS** ont **plus** de valeurs que les **REVALORISATIONS** car elles rétablissent les processus dynamiques.

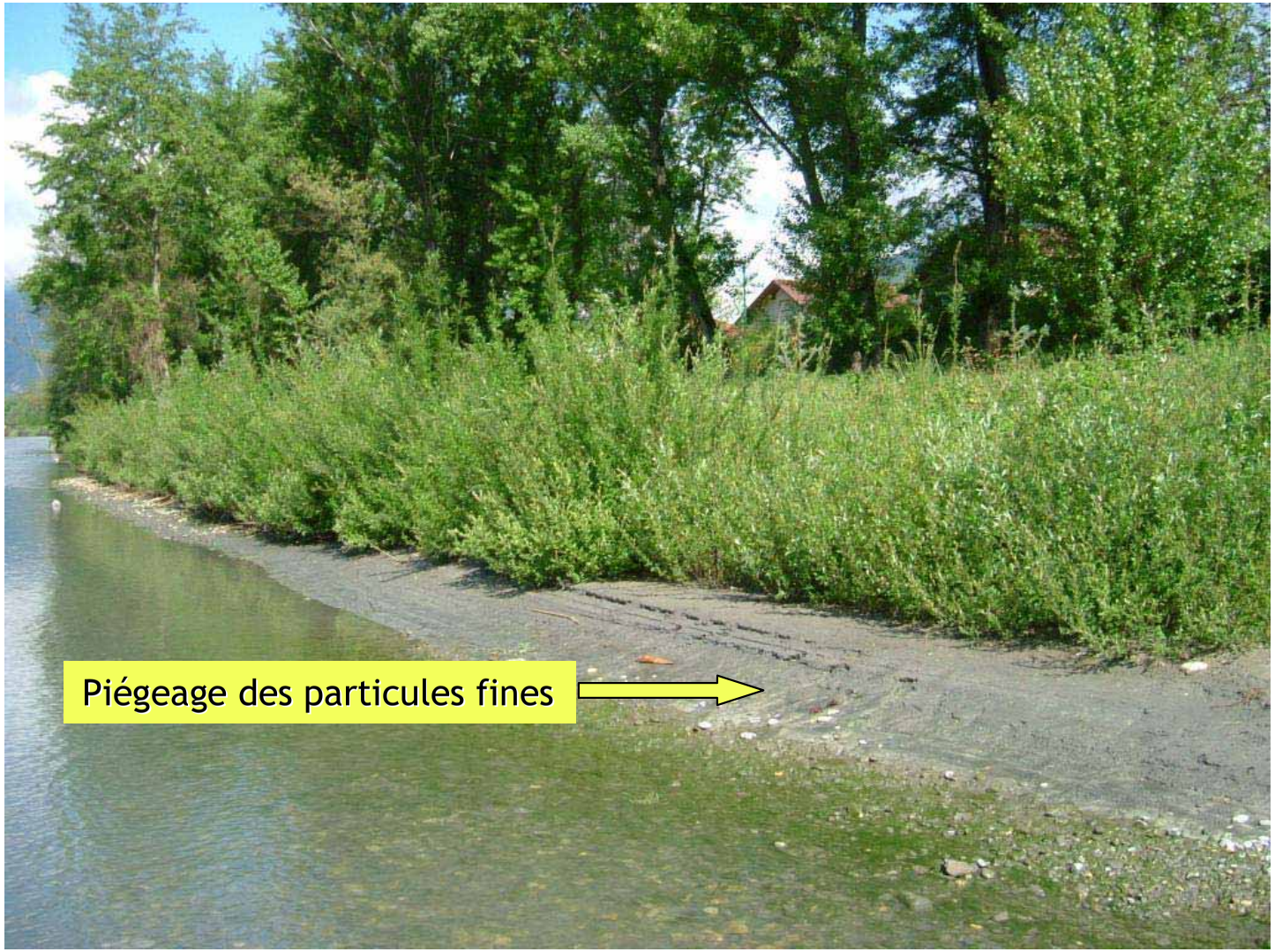
Source: OFEFP, 1998

Un exemple de revalorisation

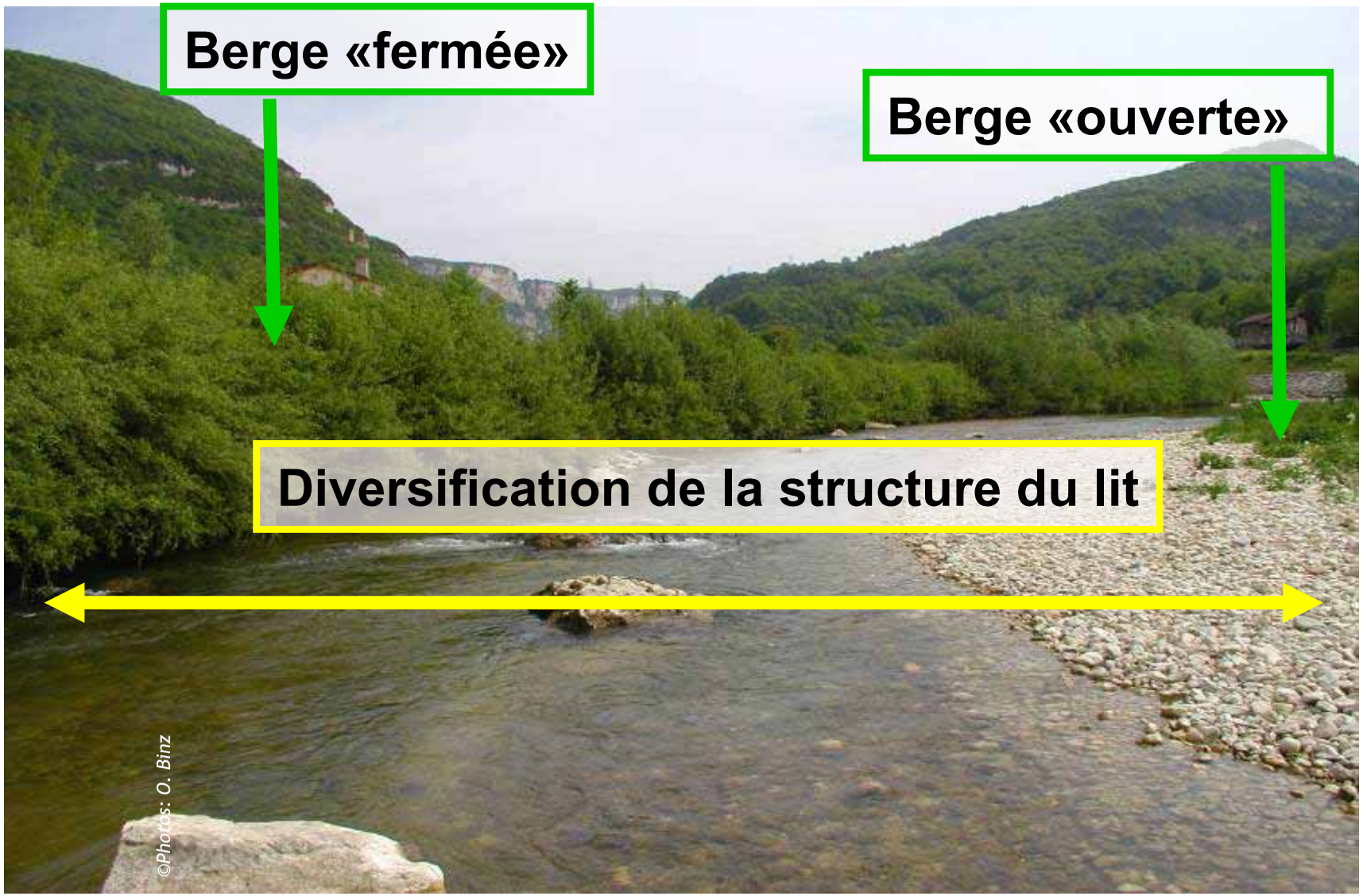
Les épis : une protection indirecte



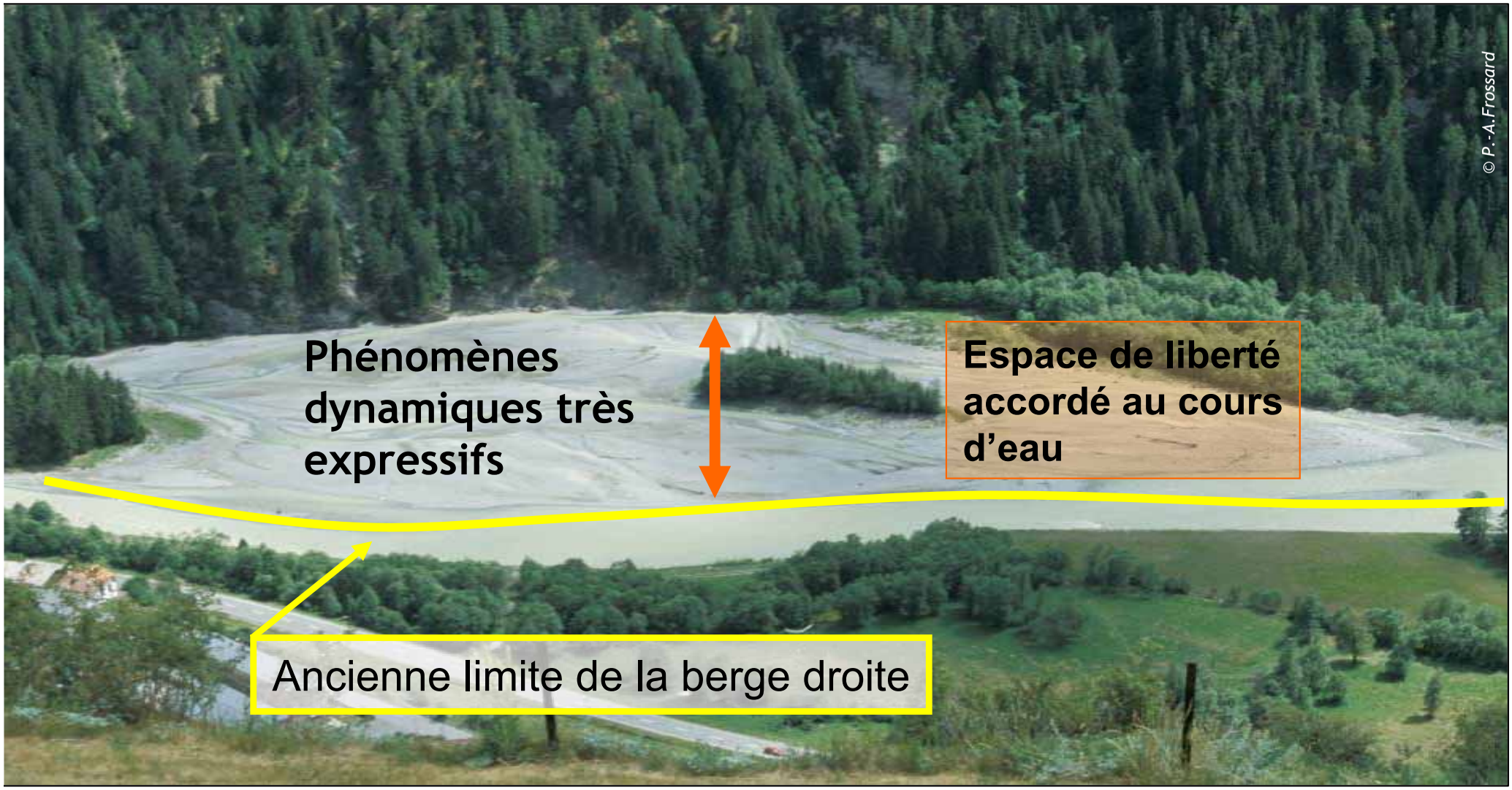
Stabilisation de berges



Protection ciblée et espace

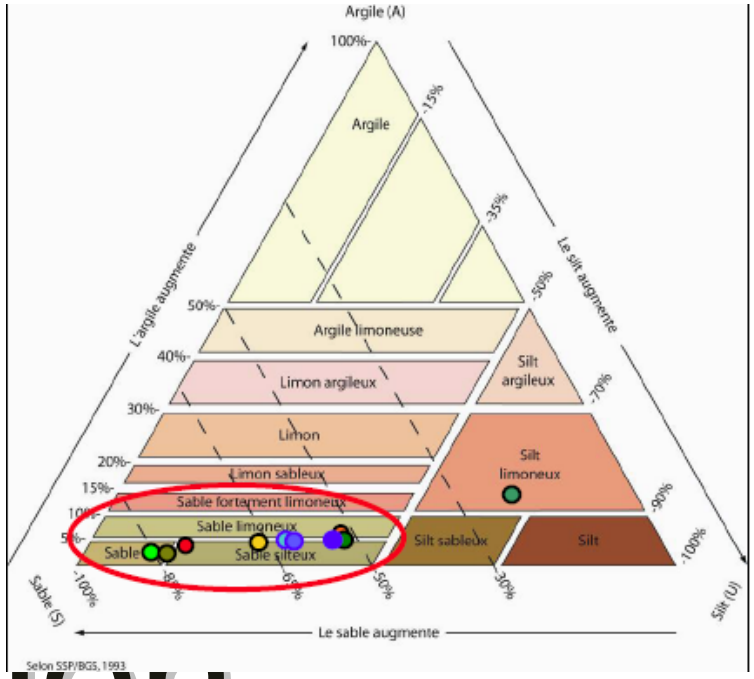


Un exemple de revitalisation



e i l

Ecole d'ingénieurs de Lullier



Conclusion

- *Typha minima* étroitement liée à la dynamique du cours d'eau
  → pas de réimplantation durable (Arve & Rhône – CH)

- Importance de la sauvegarde des populations naturelles alpines (F)

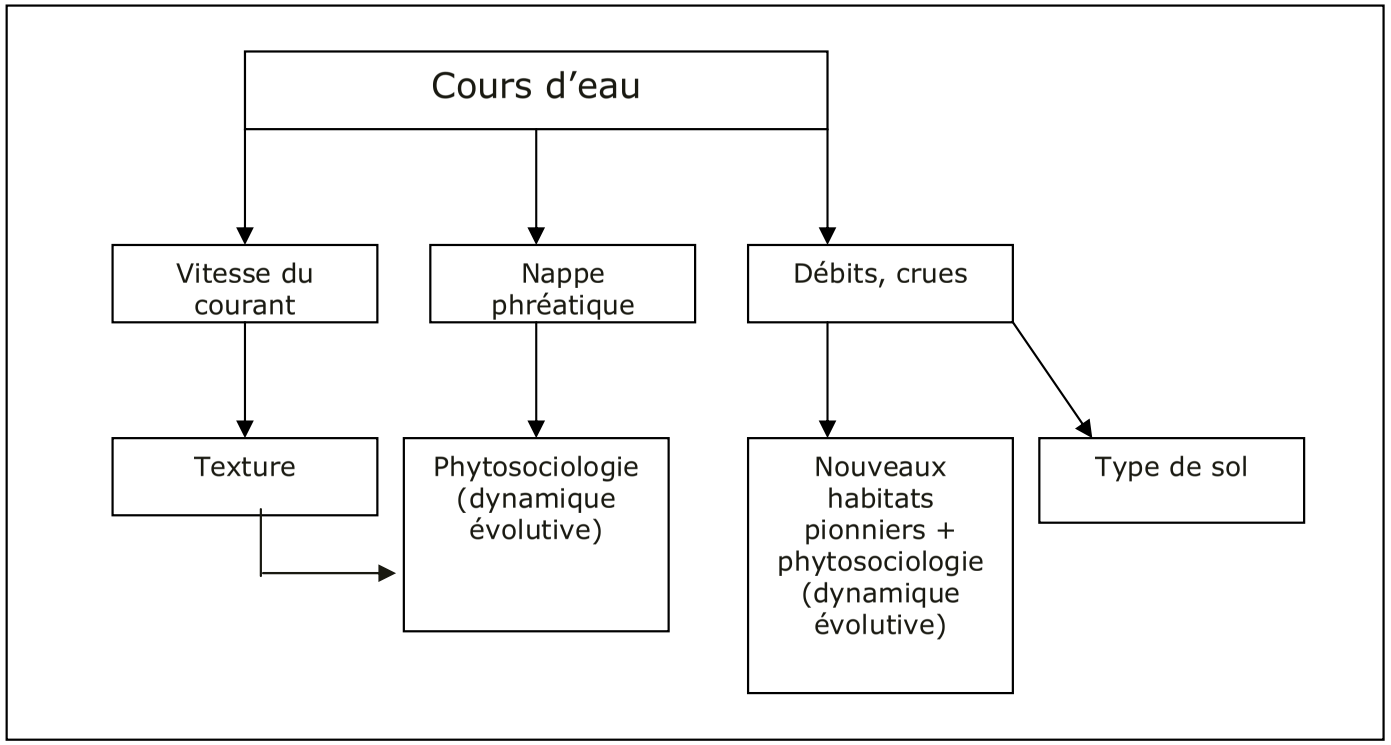
- Intégration d'objectifs de conservation dans les projets de restauration (revitalisation et génie biologique)

Remerciements

- M. Ch. Köhler
- CJBG: Mme C. Lambelet
- M. F. Celardin, M. F. Cuénoud, M. T Delahaye, Mme S. Dunand-Martin, M. D. Jordan, M. F. Lamy, M. A. Rouillon, M. P. Werner

Hydrologie

- Influence du cours d'eau



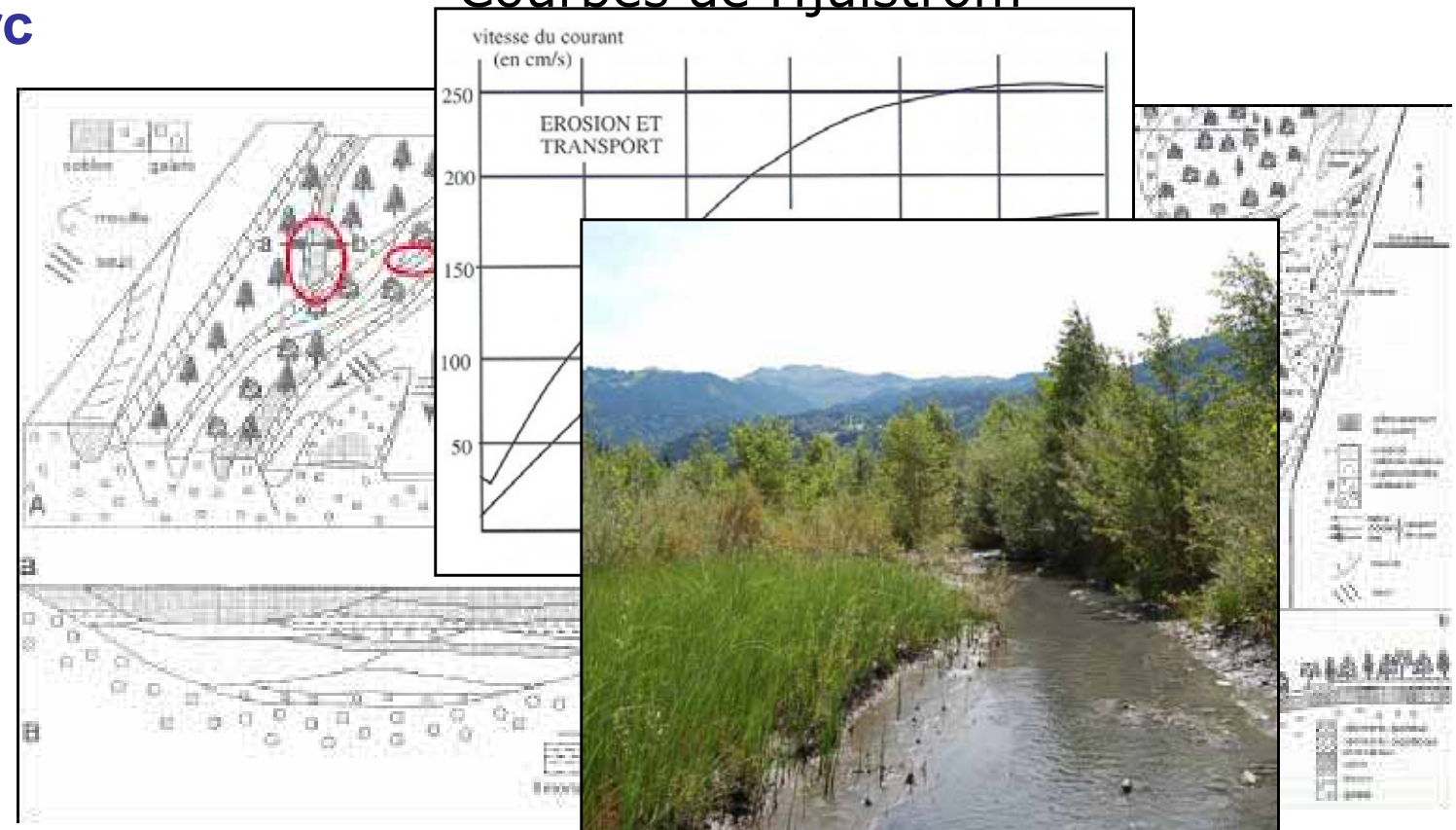
Situations hydrologiques

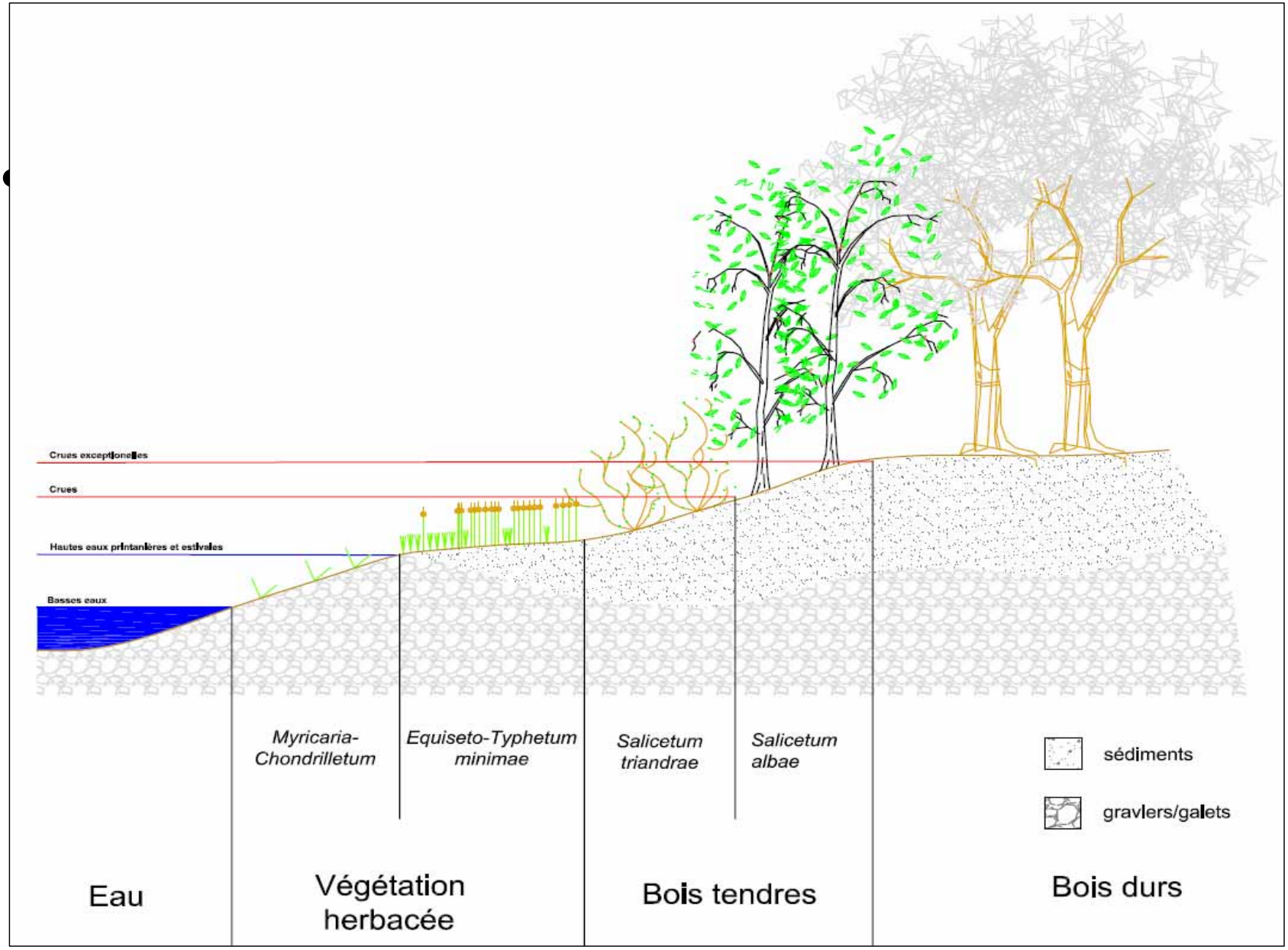
Tressage ou méandrage

Arve

Arc

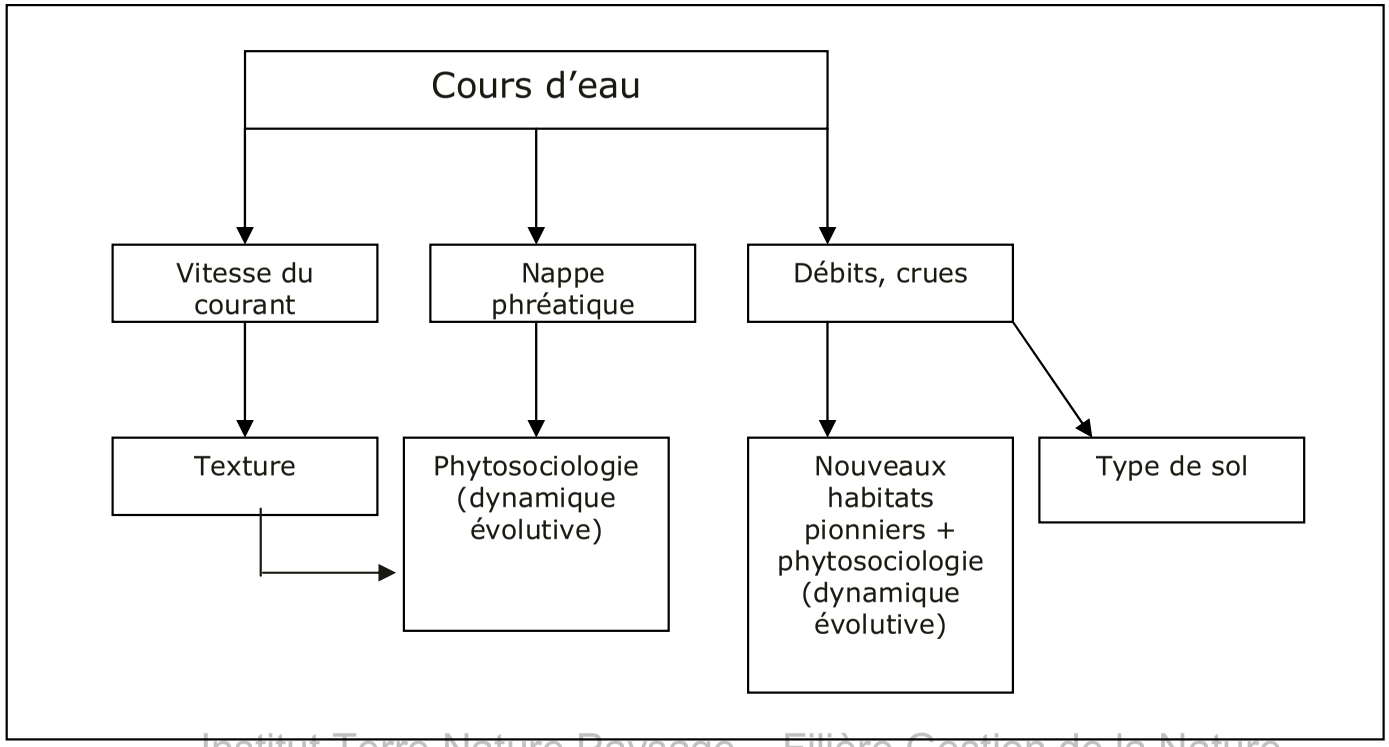
Courbes de Hjulström




Crues exceptionelles
Crues
Hautes eaux printanières et estivales
Basses eaux
Myricaria-Chondrilletum
Equiseto-Typhetum minimae
Salicetum triandrae
Salicetum albae
sédiments
gravlers/galets
Eau
Végétation herbacée
Bois tendres
Bois durs

Hydrologie

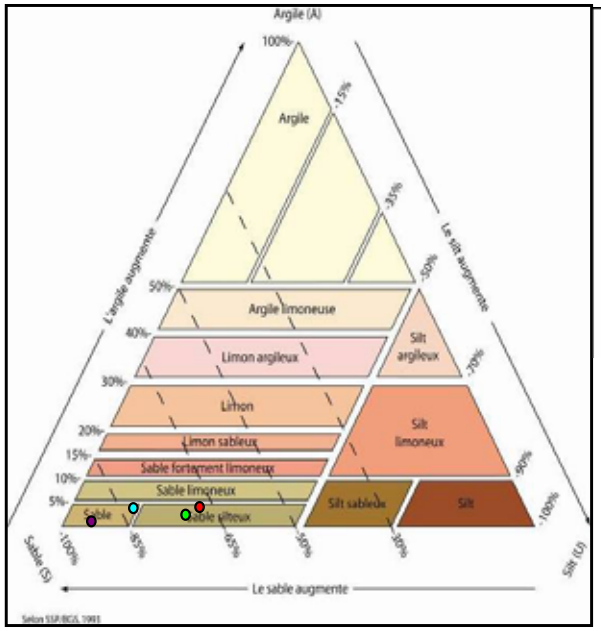
- Profondeur de la nappe variant de 15 à 60 cm
- Influence du cours d'eau



Tolérances écologiques

Station N°	1	2	3	4	Nbre de prés.	présence
Surface du quadrat (m^2)	12.1	5.8	9.3	-		
Recouvrement (%)	70	40	60	90		
Strate herbacée						
Typha minima Hoppe	4	2	2	*	4	100.0%
Phragmites australis (Cavanilles) Steudel	1		+	*	3	75.0%
Calamagrostis epigeios (L.) Roth	+	+	2		3	75.0%
Rubus caesius L.			+	*	2	50.0%
Festuca arundinacea Schreber S. L.		+		*	2	50.0%
Alnus incana (L.) Moench			+		1	25.0%
Betula pubescens Ehrhart		+			1	25.0%
Carpinus betulus L.		+			1	25.0%
Cirsium arvense (L.) Scopoli				*	1	25.0%
Convolvulus arvensis L.				*	1	25.0%
Dactylis glomarata L.				*	1	25.0%
Dactylorhiza maculata Aggr.			+		1	25.0%
Daucus carota L.		+			1	25.0%
Equisetum arvense L.			1		1	25.0%
Geranium robertianum L.S.L.				*	1	25.0%
Holcus lanatus L.				*	1	25.0%
Juncus arcticus Willdenow		+			1	25.0%
Leontodon hispidus L.S.L.		+			1	25.0%
Medicago lupulina L.			+		1	25.0%
Mélilotus albus Medikus				*	1	25.0%
Myricaria germanica (L.) Desvaux		1			1	25.0%
Poa pratensis L.				*	1	25.0%
Salix myrsinifolia Salisbury S.L.			+		1	25.0%
Salix triandra L.		+			1	25.0%
Saponaria officinalis L.				*	1	25.0%
Strate arbustive						
Alnus incana (L.) Moench			1		1	25.0%
Salix myrsinifolia Salisbury S.L.			3		1	25.0%

Stations :
1. Bois-de-Finges 1
2. Bois-de-Finges 2
3. Bois-de-Finges 3
4. Chancy



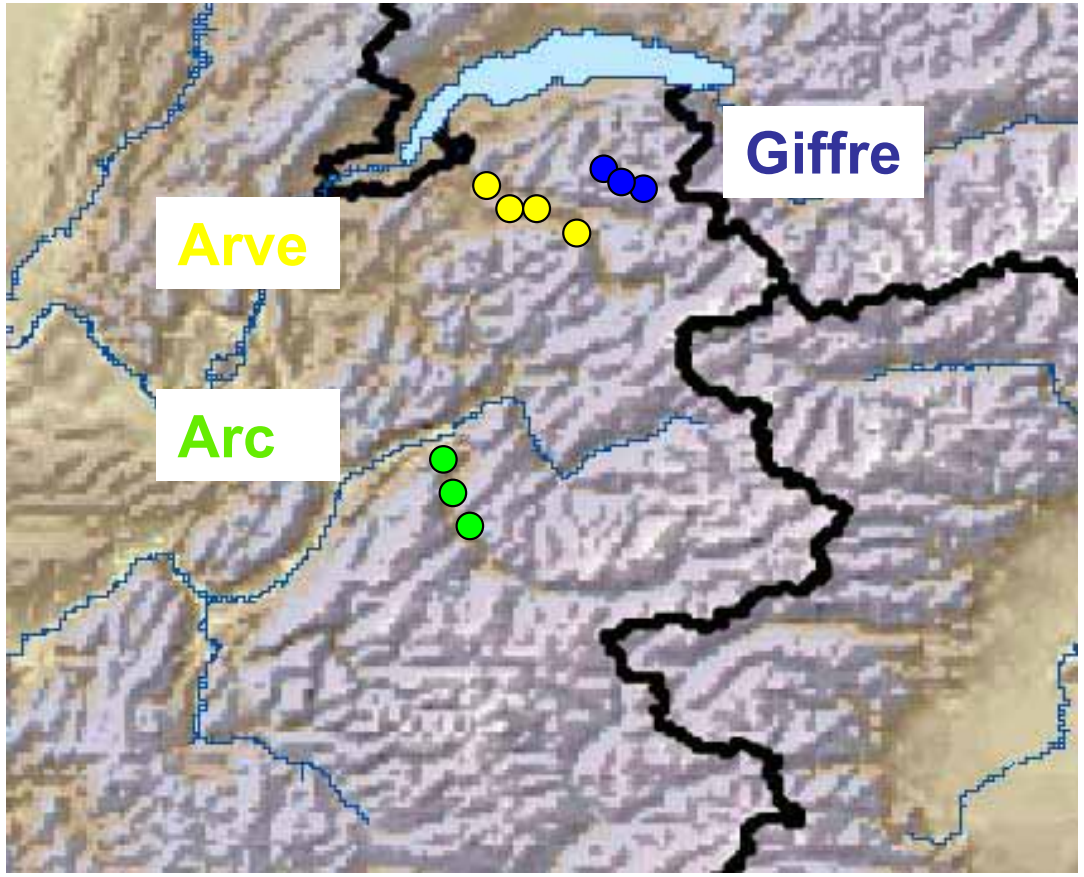
Légende
- Station Bois-de-Finges 1
- Station Bois-de-Finges 2
- Station Chancy

Tableau de vitalité

	Hauteur moyenne des tiges fertiles (cm)	Recouvrement (%)	Nombre de tiges fertiles	Nombre de tiges stériles
Stations naturelles				
Moyenne	69.3	63.5	6.3	39.1
Ecart Type	14.3	13.3	3.8	23.5
Stations réintroduites				
Moyenne	59.5	65	4.75	27.5
Ecart Type	6.3	20.8	3.0	35.0

Les sites d'études

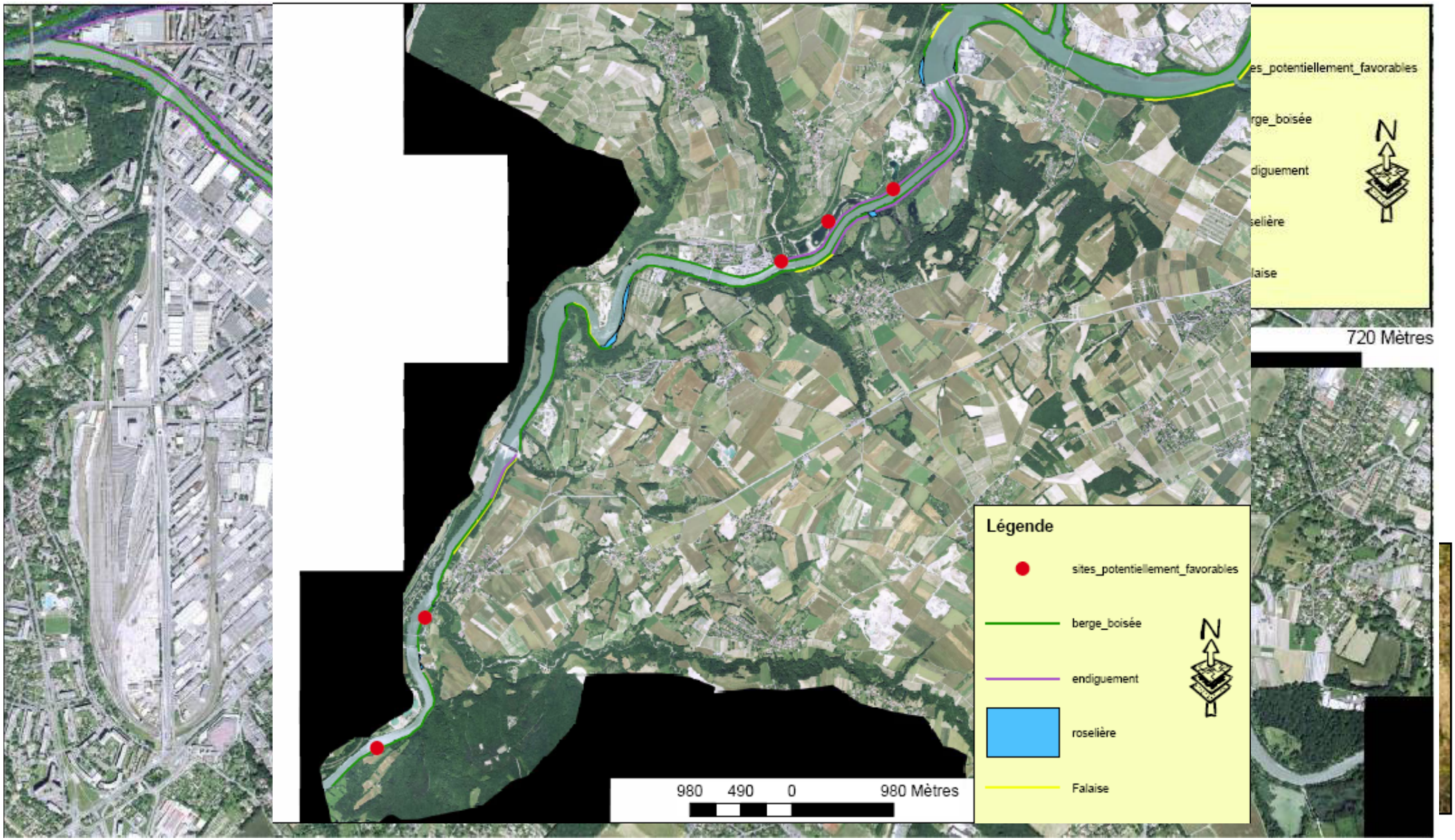
- 10 stations primaires



Résultats

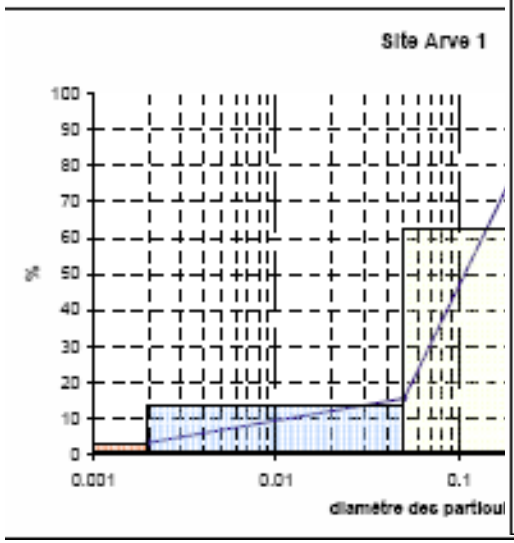
Recherche des sites

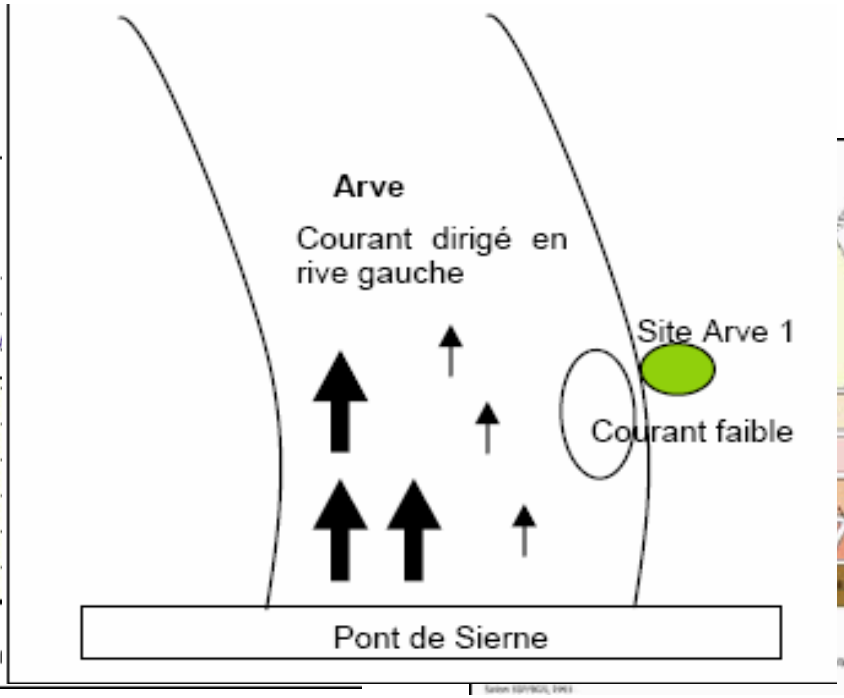
Recherche de sites

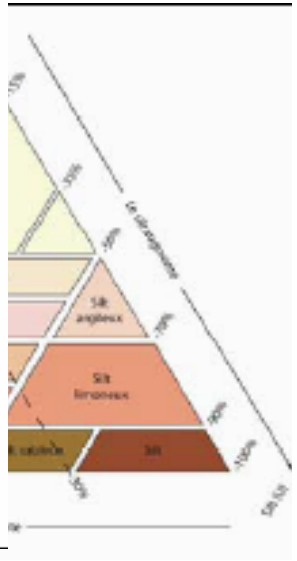


Site Pont de Sierne

- Offre les conditions écologiques
- sa taille est réduite (25-30 m2)







Site Vessy

- Milieu trop évolué

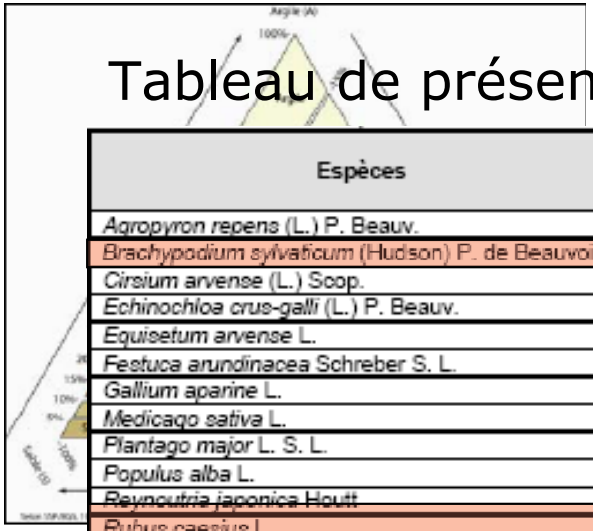
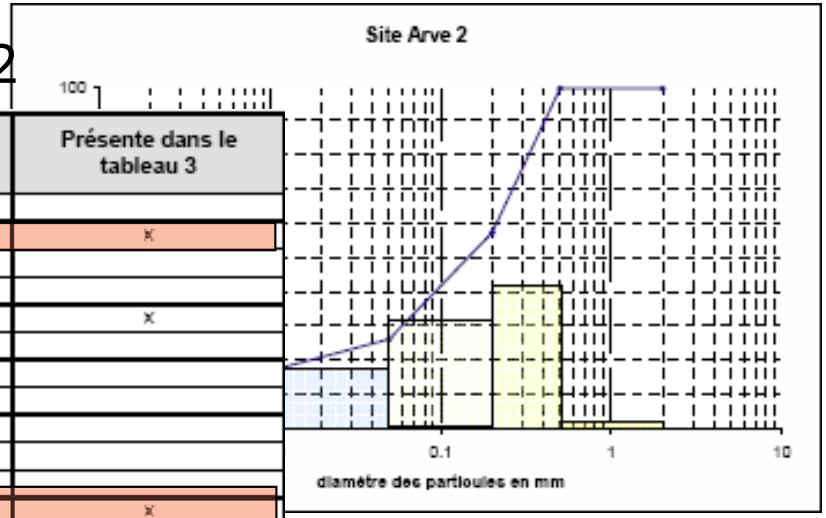


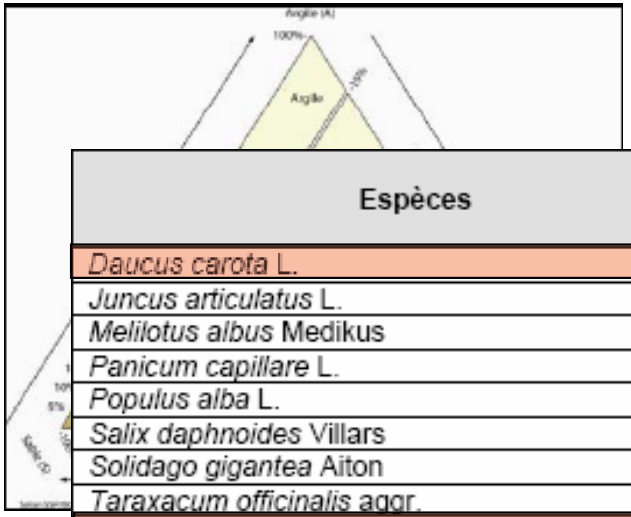
Tableau de présence site Arve 2

Espèces	Caractéristique du *Typhetum minimae* *	Présente dans le tableau 3
Agropyron repens (L.) P. Beauv.		
Brachypodium sylvaticum (Hudson) P. de Beauvois		x
Cirsium arvense (L.) Scop.		
Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.		
Equisetum arvense L.		x
Festuca arundinacea Schreber S. L.		
Gallium aparine L.		
Medicago sativa L.		
Plantago major L. S. L.		
Populus alba L.		
Reynoutria japonica Houtt		
Rubus caesius L.		x
Saponaria officinalis L.		
Trifolium pratense L.		
Taux d'analogie avec les relevés des stations naturelles		**21 %**



Site étang des Teppes

- déconnecté du Rhône le privant ainsi de toute dynamique alluviale

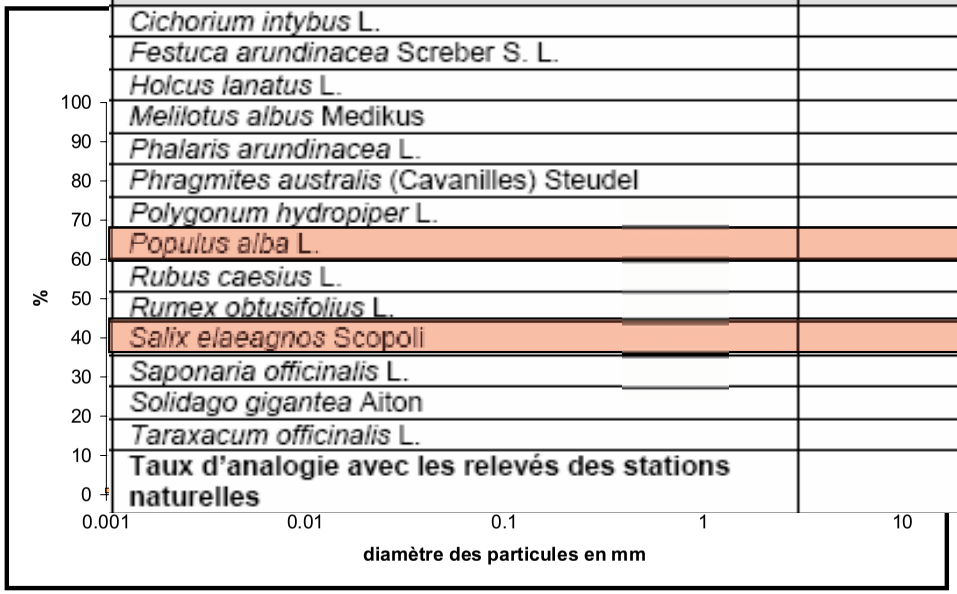


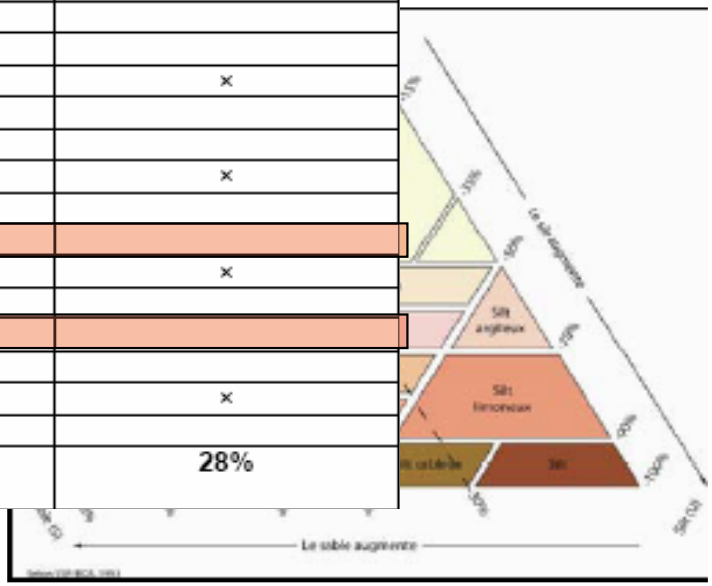
Espèces	Caractéristique du *Typhetum minimae* *	Présente dans le tableau 3
Daucus carota L.		×
Juncus articulatus L.	×	×
Melilotus albus Medikus		
Panicum capillare L.		
Populus alba L.		
Salix daphnoides Villars		×
Solidago gigantea Aiton		×
Taraxacum officinalis aggr.		
Tussilago farfara L.		×
Taux d'analogie avec les relevés des stations naturelles		**55%**

Site embouchure Allondon

- granulométrie trop grossière de type sableuse

Espèces	Caractéristique du *Typhetum minimae* *	Présente dans le tableau 3
Cichorium intybus L.		
Festuca arundinacea Screber S. L.		
Holcus lanatus L.		×
Melilotus albus Medikus		
Phalaris arundinacea L.		
Phragmites australis (Cavanilles) Steudel		×
Polygonum hydropiper L.		
Populus alba L.		
Rubus caesius L.		×
Rumex obtusifolius L.		
Salix elaeagnos Scopoli		
Saponaria officinalis L.		
Solidago gigantea Aiton		×
Taraxacum officinalis L.		
Taux d'analogie avec les relevés des stations naturelles		**28%**





Site île de Vers-Vaux

- Milieu trop évolué

Espèces	Caractéristique du *Typhetum minimae* *	Présente dans le tableau 3
Agropyron repens (L.) P. de Beauvois		
Alnus incana (L.) Moench		x
Calamagrostis pseudophragmites (Haller F.) Koeler		x
Equisetum arvense L.		
Festuca arundinacea Screber S. L.		
Juncus articulatus L	x	x
Mentha aquatica L.		
Mentha longifolia (L.) Hudson		
Phalaris arundinacea L.		
Phragmites australis (Cavanilles) Steudel		x
Rubus caesius L.		x
Salix alba L.		x
Salix triandra L.	x	x
Solidago gigantea Aiton		x
Cirsium arvense (L.) Scopoli		
Lythrum salicaria L.		
Taux d'analogie avec les relevés des stations naturelles		50 %

Conclusion

- *Typha minima* étroitement liée à la dynamique du cours d'eau
- Rhône absent de dynamique n'offre plus de site favorable
- Arve de caractère plus naturel offre 1 site favorable
- Résultat trop faible pour une réimplantation durable
- Sauvegarde des populations encore en place dans certaines vallées alpines

Station	Localisation de la station de mesure	Distance de la station de mesure	Hautes eaux	Etiage	Débit moyen
St.-Etienne-de-Cuines	Commune d'Hermillon	11 km en aval	78,8 m^3/s	8,5 m^3/s	45,1 m^3/s
Epierre 1	Commune d'Epierre	0 km	125,0 m^3/s	13.5 m^3/s	48,8 m^3/s
Epierre 2	Commune d'Epierre	0 km	125,0 m^3/s	13.5 m^3/s	48,8 m^3/s
Vougy	Commune de Sallanches	23 km en aval	59,0 m^3/s	11,0 m^3/s	27,4 m^3/s
Contamine-sur-Arve 1	Arthaz-Pont-Notre-Dame	8 km en amont	132,0 m^3/s	39,8 m^3/s	75,4 m^3/s
Contamine-sur-Arve 2	Arthaz-Pont-Notre-Dame	8 km en amont	132,0 m^3/s	39,8 m^3/s	75,4 m^3/s
Gaillard	Arthaz-Pont-Notre-Dame	9 km en aval	132,0 m^3/s	39,8 m^3/s	75,4 m^3/s
Taninges 1	Commune de Taninges	0 km	38,1 m^3/s	8,07 m^3/s	18,8 m^3/s
Taninges 2	Commune de Taninges	0 km	38,1 m^3/s	8,07 m^3/s	18,8 m^3/s
Taninges 3	Commune de Taninges	0 km	38,1 m^3/s	8,07 m^3/s	18,8 m^3/s

Remerciements

- M. P. Prunier, M. P.-A. Frossard
- CJB, Mme C. Lambelet
- M. F. Celardin, M. F. Cuénoud, M. T Delahaye, Mme S. Dunand-Martin, M. D. Jordan, M. F. Lamy, M. A. Rouill
Werner