

# L'instabilité forestière sur les versants Connaissances, risques et impacts

Focus sur les effets en cascade des chutes d'arbres :  
des défis multiples pour la gestion du territoire métropolitain  
**Mardi 24 septembre 2024**



Isère en 2018 à St Martin d'Hères © G. Piton

## Bois en rivière et gestion des embâcles



Rioumajou en 2022 © S. Lambert

**Guillaume PITON**

IGE : Institut des Géosciences de l'Environnement, Univ. Grenoble Alpes, INRAE



Organisation



Avec le soutien de



Dans le cadre de la démarche TAGIRN

## ➤ Sommaire

- D'où vient le bois flottant?
- Quelle est sa mobilité?
- Pourquoi s'arrête il?
- Comment gérer ses effets indésirables?



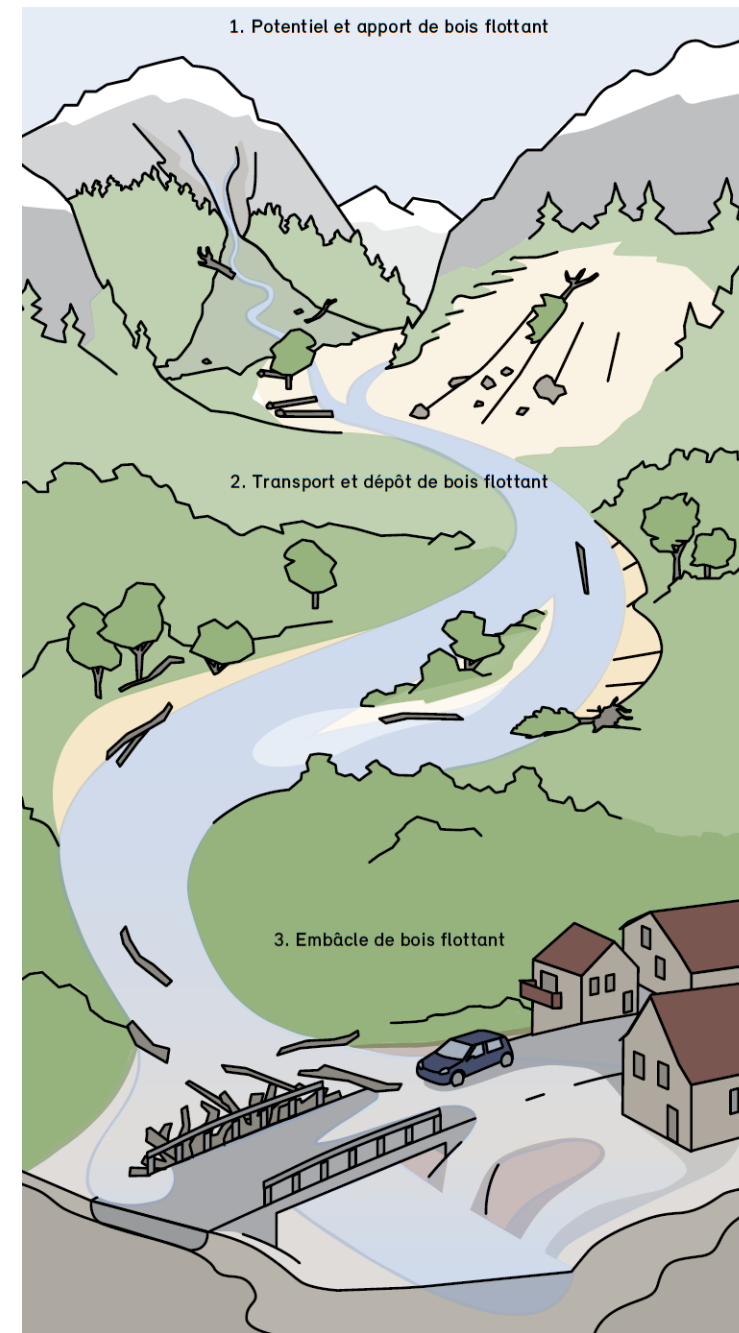
## ➤ Sources du bois flottant

\*: processus existant mais ponctuel

\*\*: processus parfois significatif

\*\*\*: processus généralement dominant

Processus	Importance dans les petits cours d'eau de montagne	Importance dans les petits cours d'eau de plaine	Importance dans les rivières
Avalanches	*		
Glissements de terrains	***	*	*
Torrents affluents	**	*	**
Erosions de berges	***	**	***
Bois mort tombé sur place (lit mineur et lit majeur)	*	*	*
Dépôts anthropiques (scieries, grumes)	*	*	*

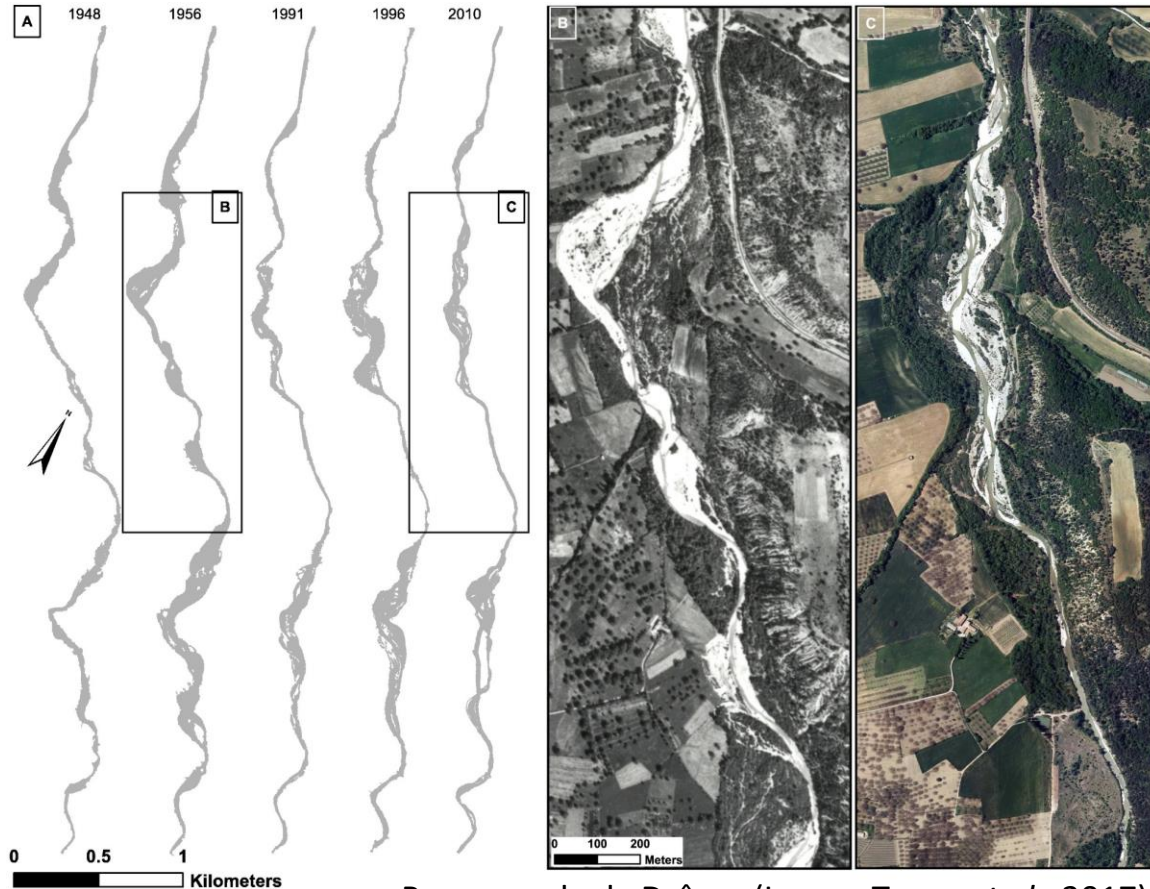


Source image: (OFEV, 2019)



## ➤ Bois flottant ou bois mort?

On sait bien que les bandes actives des rivières et torrents montrent des cycles de contraction (période de calme hydrologique) et d'expansions (crues morphogènes)



Par exemple: la Drôme (LALLIAS-TACON *et al.*, 2017)

La quantité de bois vivant présent sur les zones érodées pendant les crues morphogènes est >> au bois mort présent dans le lit et recruté dans la zone inondable

➔ La très grande majorité du bois flottant est du bois vivant, frais !  
(par exemple 87%-98% dans les données de Steeb *et al.* 2023)



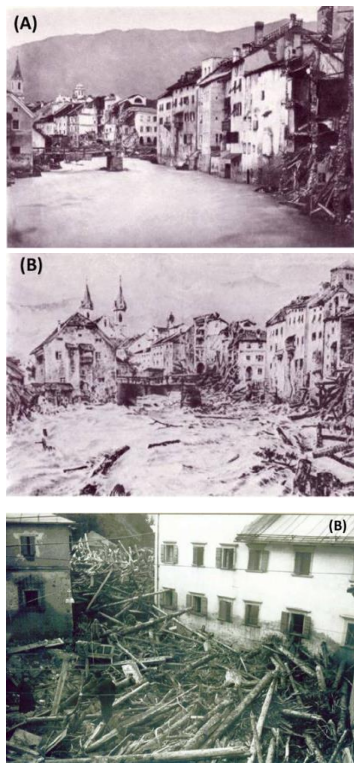
Lit de la Valmasque avant et après la crue de Oct. 2015 (Alpes Maritimes)

# Estimation de la production de bois flottant

Analyses historiques, formules empiriques et analyses SIG

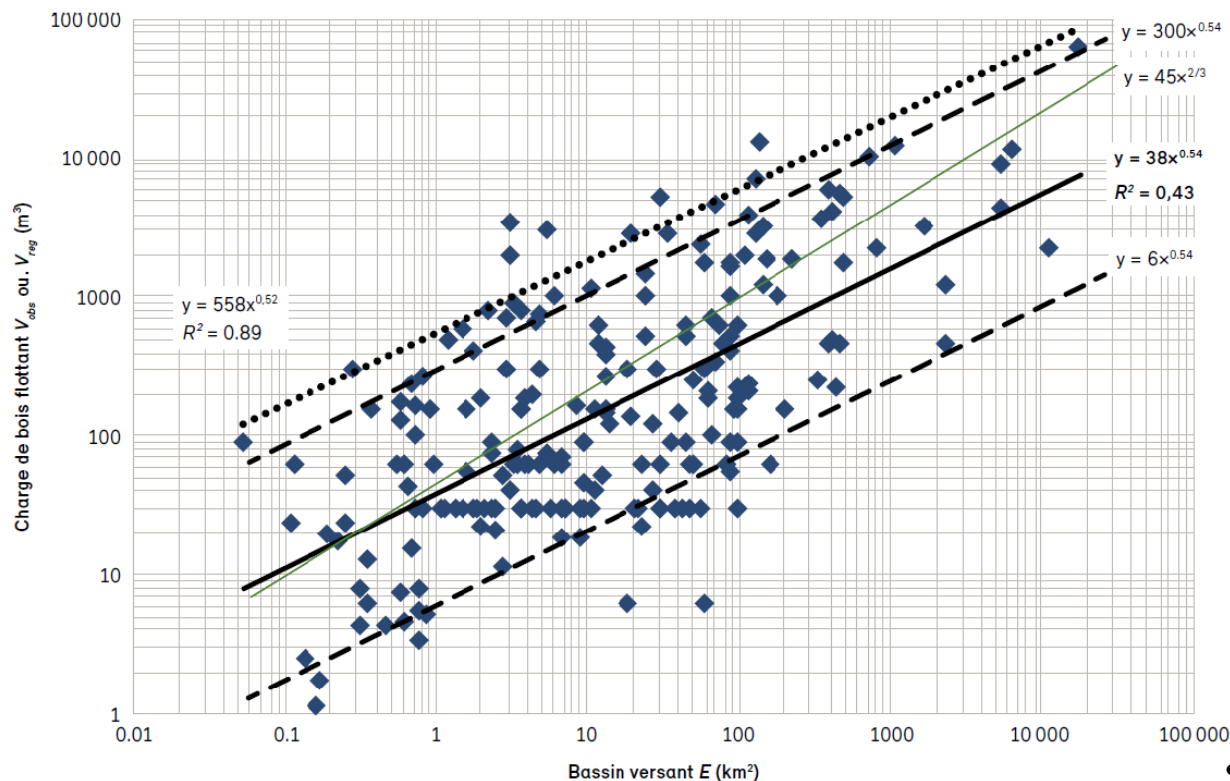
Torrent de la Combe de Lancey (38)

Archives



(COMITI *et al.*, 2016)

Formules empiriques (hypothèses faible, modérée, forte)

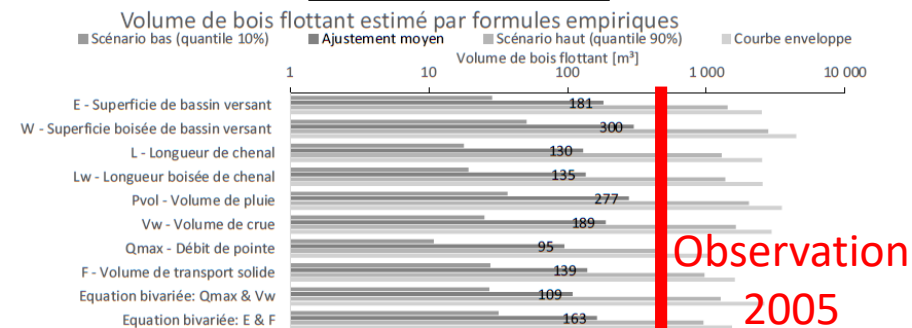


◆  $V_{obs}$       - - - Percentile 90%      ..... Scénario extrême  
— Fonction puissance      - - - Percentile 10%      — Rickenmann (1997)

(OFEV, 2019)

Paramètre	Valeur	Unité	Scénario bas (quantile 10%)	Ajustement moyen	Scénario haut (quantile 90%)	Courbe enveloppe
E - Superficie de bassin versant	18	km <sup>2</sup>	29	181	1 429	2 508
W - Superficie boisée de bassin versant	11.32	km <sup>2</sup>	51	300	2 802	4 458
L - Longueur de chenal	11.56	km	18	130	1 295	2 525
Lw - Longueur boisée de chenal	7.57	km	19	135	1 376	2 545
Pvol - Volume de pluie	2 790 000	m <sup>3</sup>	37	277	2 030	3 514
Vw - Volume de crue	900 000	m <sup>3</sup>	25	189	1 635	2 963
Qmax - Débit de pointe	22	m <sup>3</sup> /s	11	95	500	1 065
F - Volume de transport solide	23 500	m <sup>3</sup>	28	139	971	1 606
Equation bivariée: Qmax & Vw			27	109	1 272	2 629
Equation bivariée: E & F			32	163	953	1 533

## Représentation graphique



## Source valeurs paramètres

E - Superficie de bassin versant	Cartographie automatique via <a href="https://reseau.eaufrance.fr/geotraitements">https://reseau.eaufrance.fr/geotraitements</a>
W - Superficie boisée de bassin versant	Croisement emprise bassin versant et BD Forêt V2 IGN.
L - Longueur de chenal	Tronçons BD Topo
Lw - Longueur boisée de chenal	Croisement tronçon BD Topo et BD Forêt V2 IGN.
Pvol - Volume de pluie	Lame d'eau moyenne de 155 mm: hypothèse haute de ETRM 2021
Vw - Volume de crue	Lame d'eau ruissellée de 50 mm: hypothèse trentennale de ETRM 2021
Qmax - Débit de pointe	Pic de crue 2005 selon Alp'Géorisque 2007
F - Volume de transport solide	Volume total transporté en 2005 selon Alp'Géorisque 2007

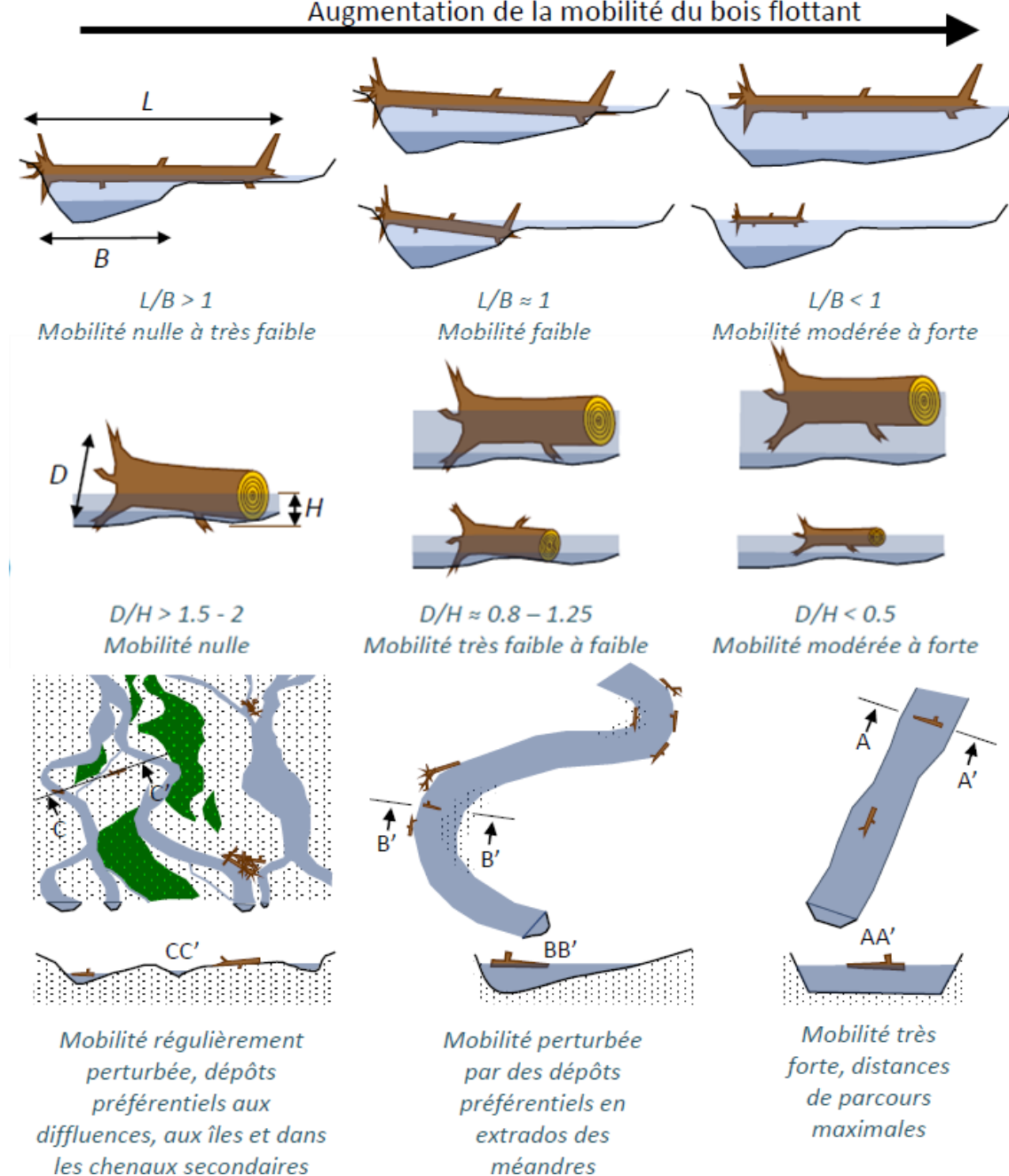
- Crue de Août 2005 : 600 m<sup>3</sup> de flottants (RTM38)
- scénario bas: 20-40 m<sup>3</sup>
- scénario moyen: 100-200 m<sup>3</sup>
- scénario haut: 1000-2000 m<sup>3</sup>
- Enveloppe: 1500-3000 m<sup>3</sup>



## ➤ Paramètres principaux contrôlant le transfert des bois flottants

L/B, D/H, morphologie

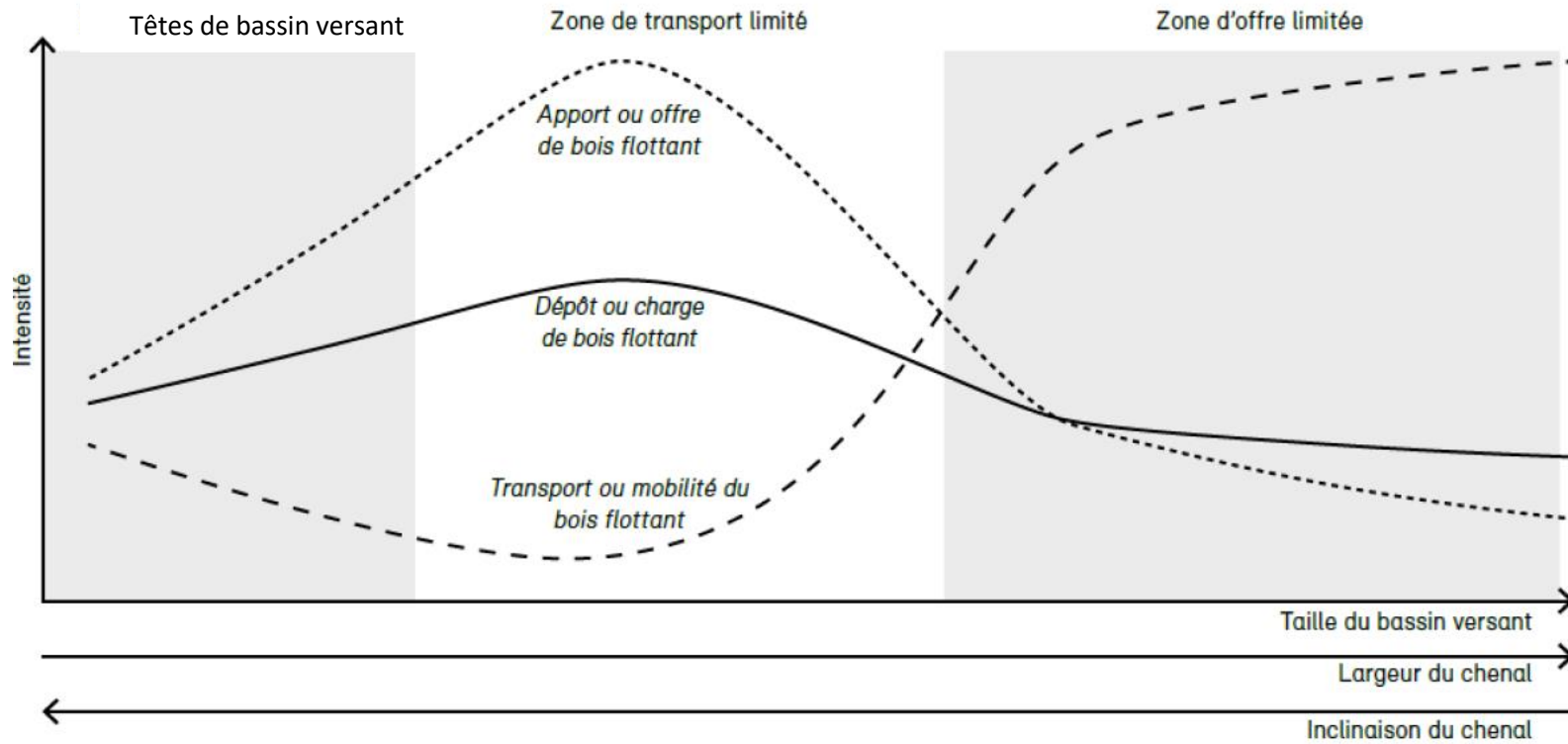
- La mobilité du bois flottant augmente si:
  - La largeur du cours d'eau (B) est grande par rapport à la taille des pièces de bois (L)
  - La hauteur d'eau (H) est importante par rapport au diamètre des pièces de bois (D)
  - L'écoulement est homogène et la morphologie du chenal est uniforme



# ➤ Régimes de fonctionnement

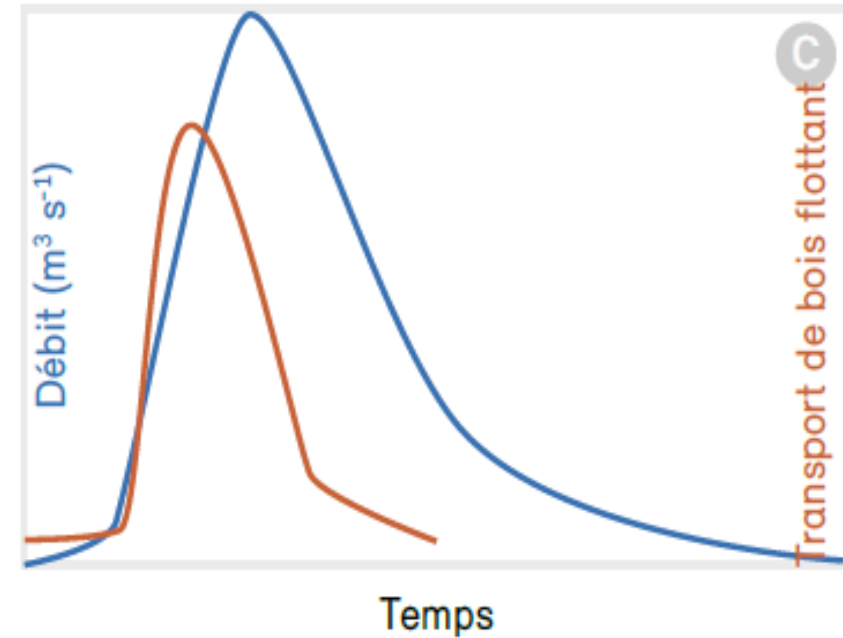
Spatial et temporel

Spatial (tête de bassins / petites rivières / grandes rivières)



(OFEV, 2019)

Temporel (avant / après le pic)



(OFEV, 2019)



**INRAE**

Bois en rivière et gestion des embâcles

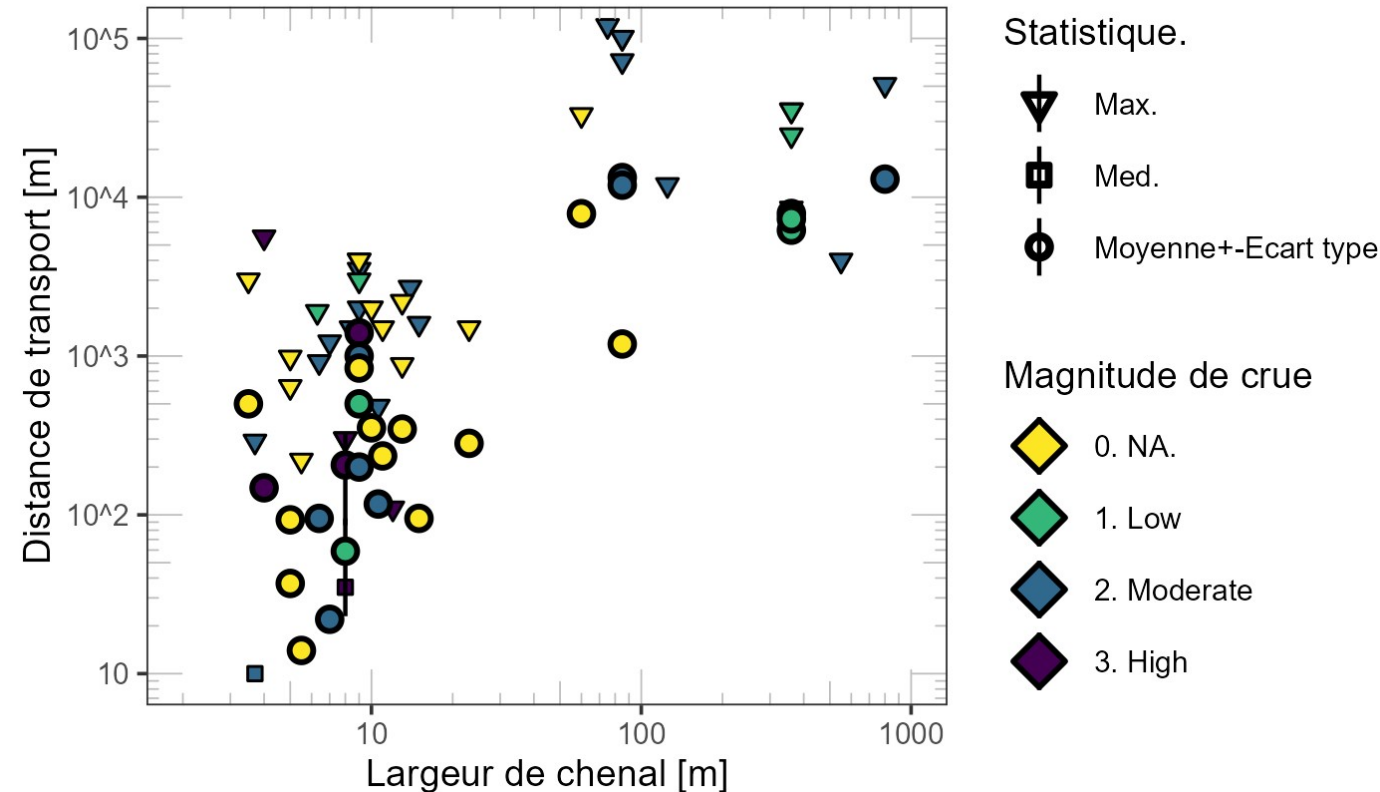
24 Sept. 2024 / Guillaume PITON – INRAE IGE / Séminaire « L'instabilité forestière sur les versants – Connaissances, risques et impacts »

## ➤ Distance de transport des pièces de bois flottant

Déficit important de données mais mobilité type de l'ordre de quelques centaines de mètres pour les petits rivières et beaucoup plus forte pour les grandes rivières

### Deux régimes

- "Petites" rivières (n=29 campagnes de mesure)
  - Largeur de chenal : <25 m
  - Distance de transport (quantiles 5% | 50% | 95%)
    - 5 | 200 | 1000 m (moyenne)
    - 250 | 1500 | 4000 m (pièce la plus mobile)
- Grandes rivières (n=14 campagnes de mesure)
  - Largeur de chenal : 50 – 1000m
  - Distance de transport (quantiles 5% | 50% | 95%)
    - 3 | 8 | 13 km (médiane)
    - 6 | 35 | 110 km (pièce la plus mobile)



Réanalyse de données compilées par  
RUIZ-VILLANUEVA *et al.* (2024)



# ➤ Blocage aux ponts et ouvrages hydrauliques

La probabilité de formation d'embâcles augmente :

Pour de faibles largeurs de chenal  $B$  (ouvrage ou simplement chenal étroit)

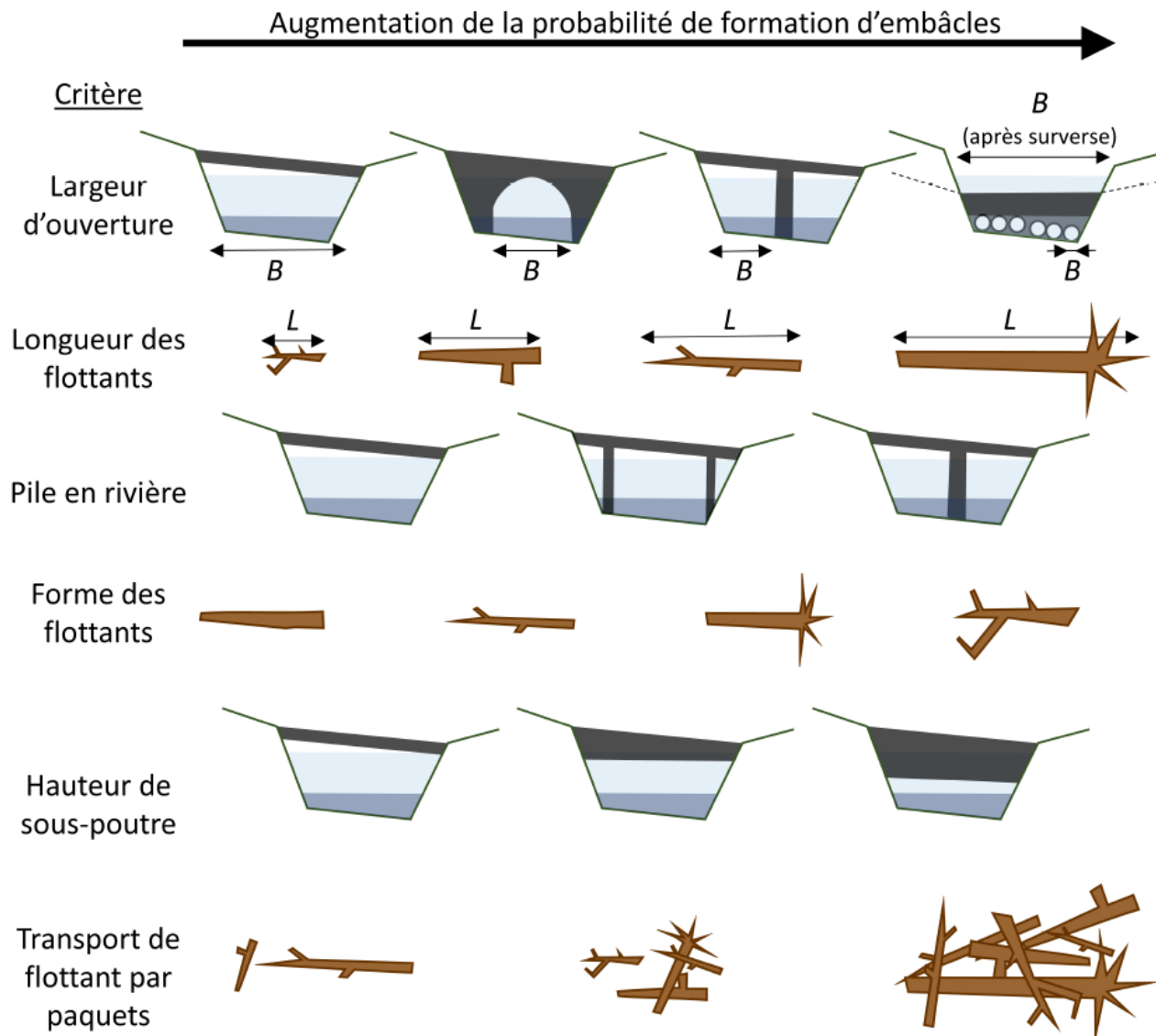
Pour de fortes longueurs de flottants  $L$

En présence de pile(s) en rivières

En présence de troncs pourvus de racines et/ou de branches

Pour les ouvrages de faible hauteur  $H$  (faible section de passage), mis en charge plus probablement

Si les flottants sont transportés par "paquets" plutôt que séparément



# ➤ Protection des ponts et dalots contre les embâcles

Adaptation de l'ouvrage

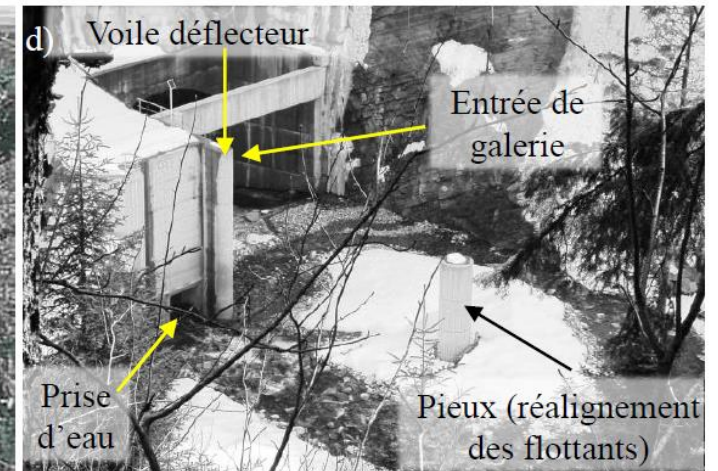
Exemple: Pont Mezet sur l'Isère (Moûtiers, 73) ouvrage à pile centrale remplacé par un pont à travée unique (12 m de large, portée: 24 m, coût: 1 000 000 €HT)



Ajout de déflecteurs sur l'ouvrage

Fonctions:

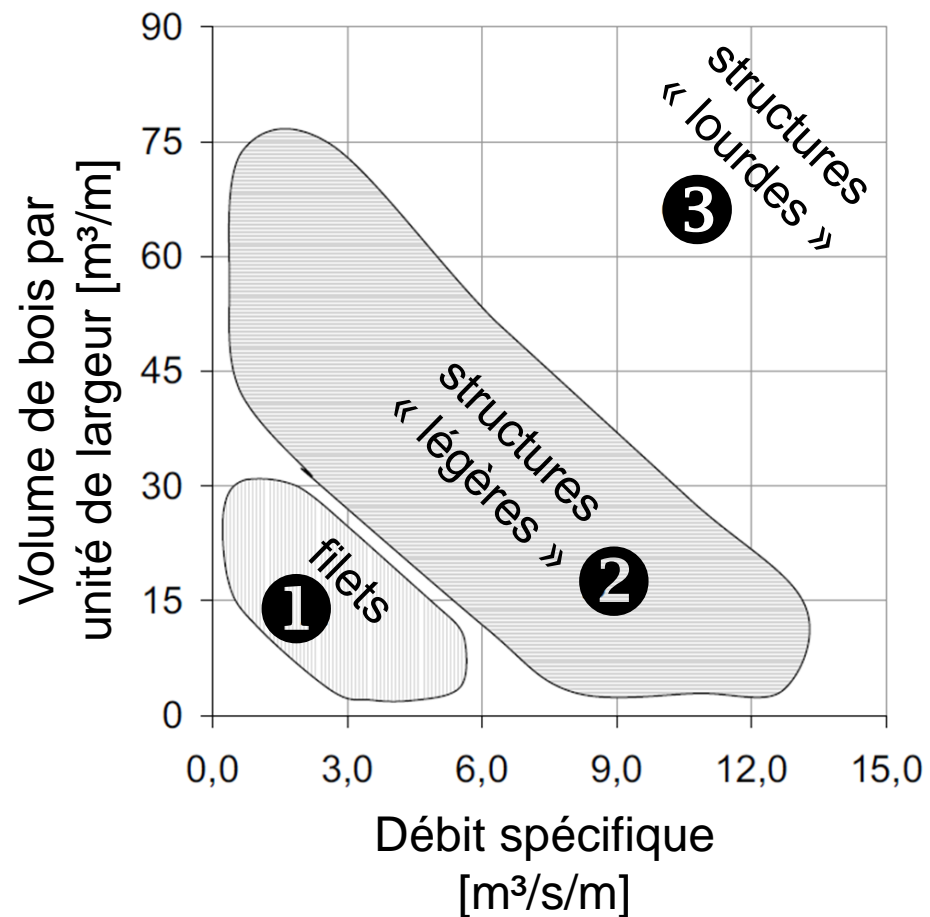
- Réoriente certaines pièces permettant leur passage dans l'ouvrage
- Augmente la surface d'étalement de l'embâcle, diminuant sa compacité et les pertes de charge associées
- Déporte l'embâcle en amont de l'ouvrage où son retrait est facilité





# ➤ Piégeage du bois flottant

Capacité de piégeage des ouvrages transversaux



(RIMBÖCK, 2004)



(BERGMEISTER *et al.*, 2009 ; PITON *et al.*, 2024) p. II





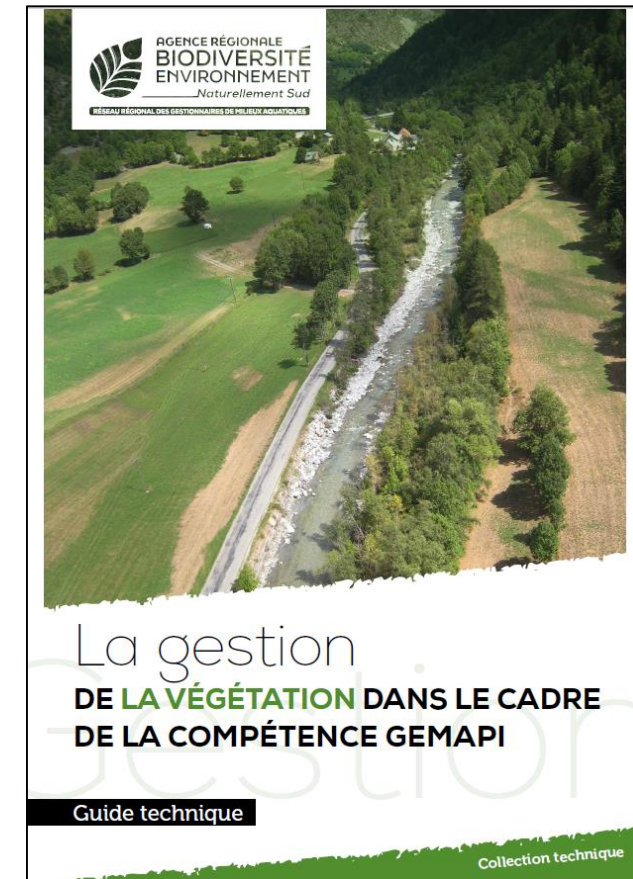
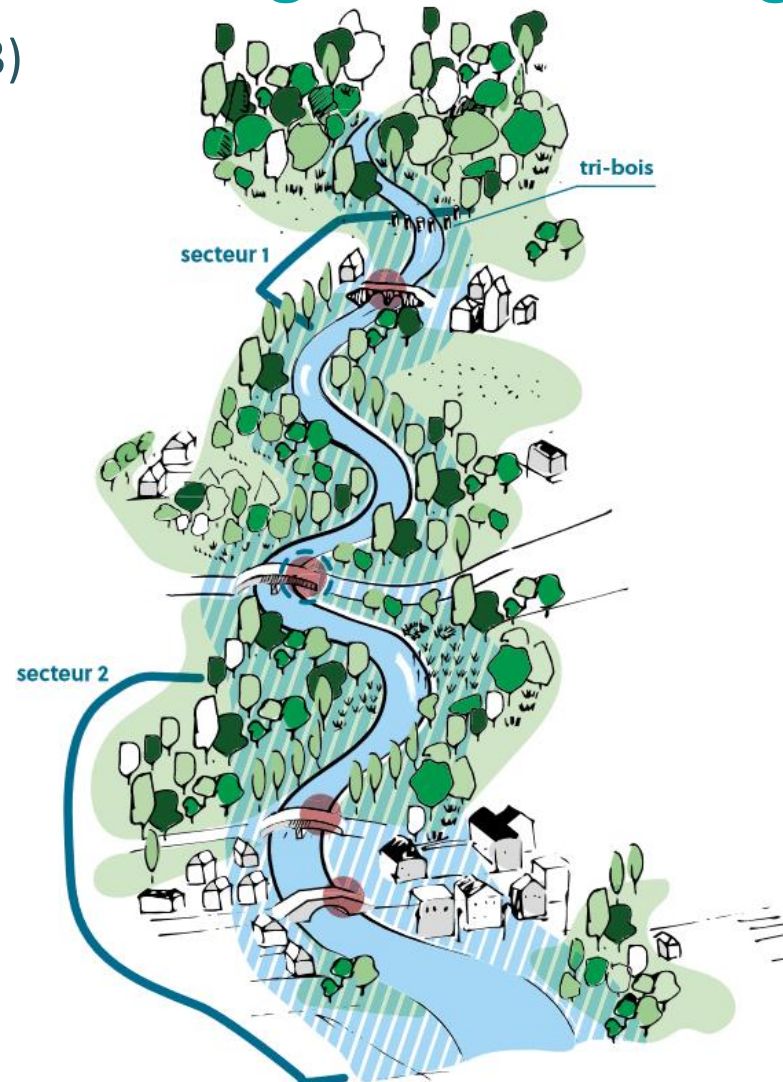


## ➤ Définition de plan pluriannuel de gestion de la végétation

Nouveau guide de Boyer et al. (2023)

### Gestion du bois mort par secteur délimité selon les enjeux adjacents et les verrous hydrauliques

- La DIG portera uniquement sur cette zone
- L'intention de gestion est prédéfinie par secteur et éventuel site ponctuel
- L'entretien mené ne sera pas pour autant identique tout le long de ce secteur mais dépendra de l'état des boisements et des buts techniques



Boyer et al. (2023)

<https://www.arbe-regionsud.org/Block/download/?id=219971>



INRAE

Bois en rivière et gestion des embâcles

24 Sept. 2024 / Guillaume PITON – INRAE IGE / Séminaire « L'instabilité forestière sur les versants – Connaissances, risques et impacts »



Secteur  
de gestion



Pont avec risque  
d'embâcle



Intervention  
ponctuelle

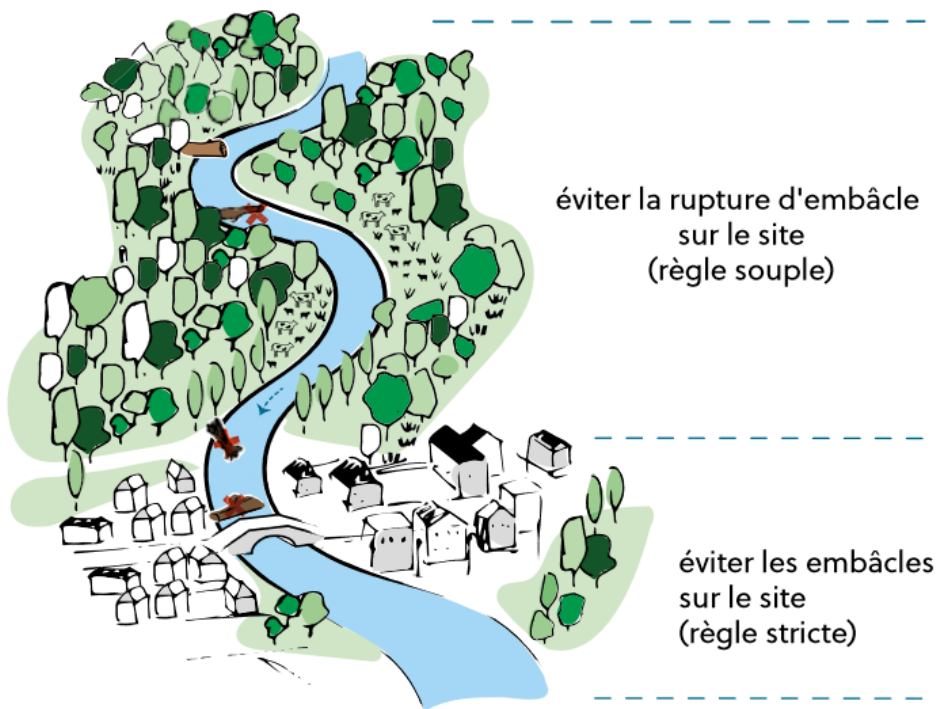


Zone  
inondable

## ➤ Définition de plan pluriannuel de gestion de la végétation

La gestion est différenciée pour les éléments structurants (grosses pièces maîtresses peu mobiles) contribuant à former de nouveau embâcles et pour les éléments non-structurants (petites pièces mobiles)

Gestion des éléments structurants  
(cas 1)

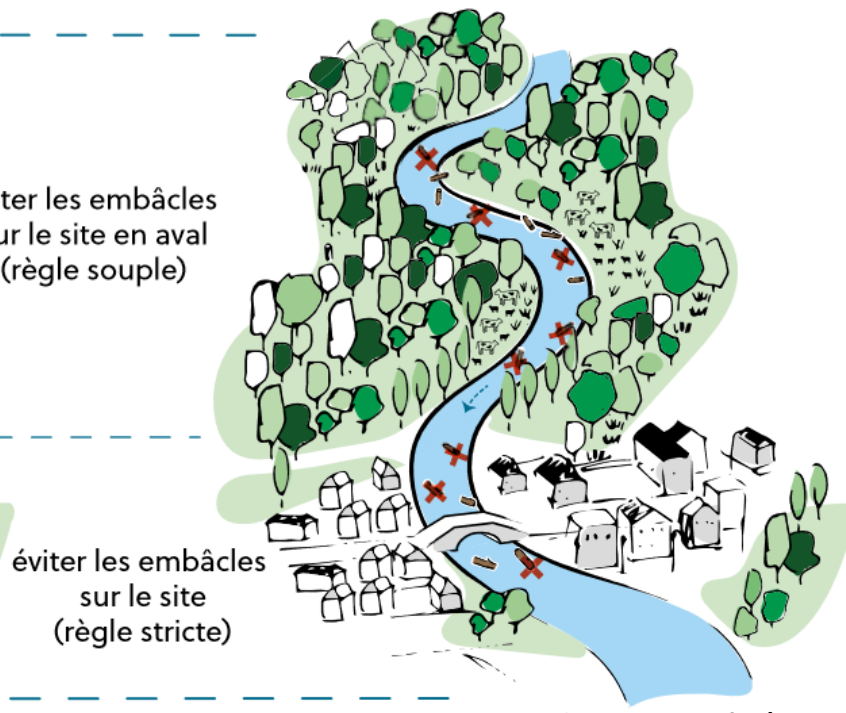


Gestion des éléments non structurants

En cas de densité faible (cas 2)



En cas de densité forte (cas 3)



Boyer et al. (2023)

INRAE

Bois en rivière et gestion des embâcles

24 Sept. 2024 / Guillaume PITON – INRAE IGE / Séminaire « L'instabilité forestière sur les versants – Connaissances, risques et impacts »

# ➤ Où laisser le bois billonné? En haut de berge ou dans l'eau??

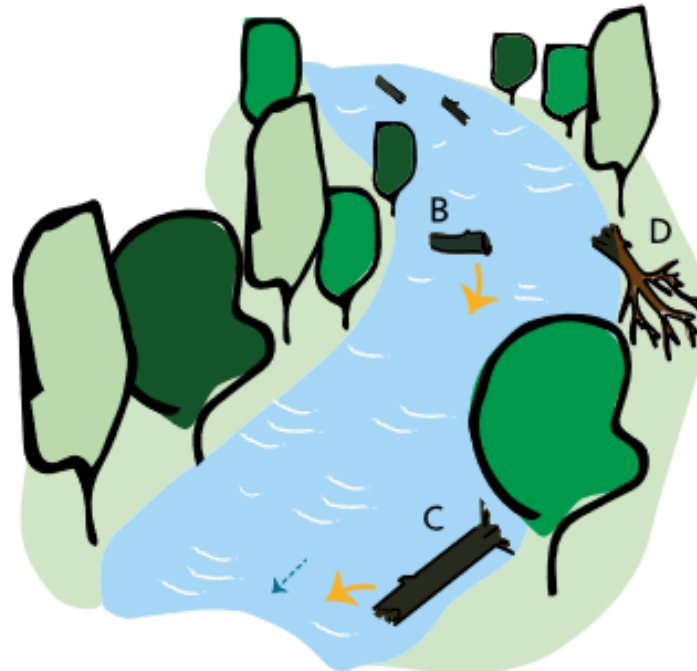
La variation des flux de corps flottants lors des crues

Boyer et al. (2023)

Crue courante  
ou début de crue

Crue plein bord à décennale  
quand le débit de la crue augmente

Crue forte et morphogène  
juste avant le pic de crue



## Dans l'eau!!

Pour qu'ils partent plus tôt, avant le pic de crue (et que les milieux en profitent d'ici là...



## Messages à retenir

- Le bois flottant est principalement issu de l'activité géomorphologique du bassin versant, sa présence est systématique lors des crues morphogènes, il faut vivre avec.
- Le bois flottant est très peu mobile dans les petits cours d'eau, moyennement mobile dans les petites rivières et très mobile dans les grandes rivières.
- Il s'arrête de façon préférentielle si la largeur d'écoulement  $<$  longueur des grandes pièces mobiles, si la hauteur d'écoulement  $<$  diamètre (y/c les branches et racines) et si les écoulements sont diversifiés et changeant.
- La meilleure façon d'en limiter les effets indésirables est de maintenir une continuité de son transport, le cas échéant, de choisir les zones de dépôts et de les adapter pour optimiser ce processus.
- Chaque bassin versant étant unique et les données manquantes, il est important de mener un diagnostic pour définir un plan de gestion, et après un événement majeur, il est utile de mener des levés lors des visites et de bancariser ces dernières, par exemple via l'appli mobile INRAE & AE-RMC.



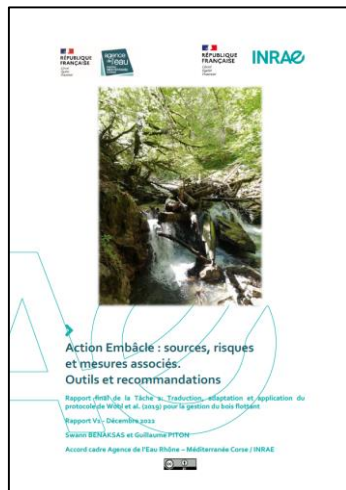
# ➤ Compléments

➔ Deux webinaires: Etat de l'art sur le bois flottant et étude du cas de la Brague (<https://www.youtube.com/watch?v=xcoWGtjSWso>) et Pièges à flottants (<https://www.youtube.com/watch?v=ayrrNo-GbPc>)



Piton & Benaksas 2023.  
Notes grand public sur le bois flottant

<https://hal.inrae.fr/hal-04239762>



Piton & Benaksas 2022.  
Protocole de terrain et aide à la décision

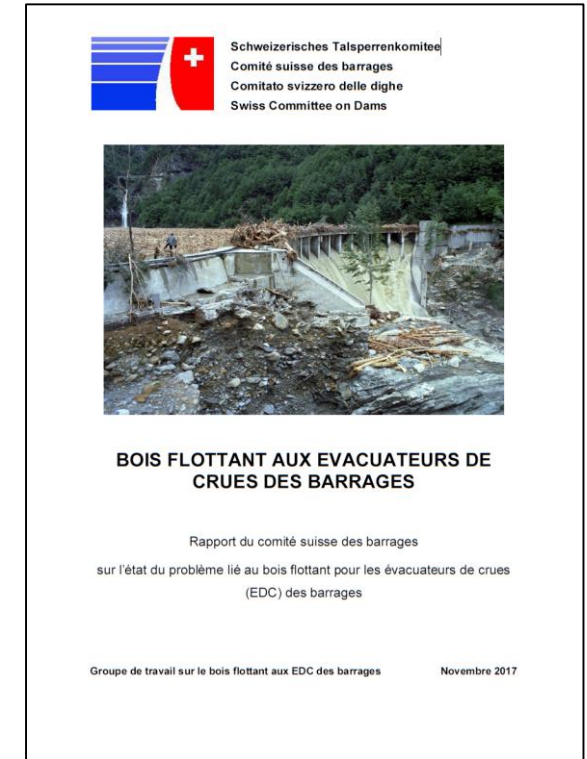
<https://hal.inrae.fr/hal-03926838>



OFEV. 2019. Bois flottant dans les cours d'eau. Office fédéral de l'environnement, Berne  
[www.bafu.admin.ch/uw-1910-f](http://www.bafu.admin.ch/uw-1910-f)



Quiniou M, Piton G. 2022. Embâcles : concilier gestion des risques et qualité des milieux. Guide de diagnostic et de recommandations. Rapport de synthèse ISL Ingénierie – INRAE. 131p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03621373v1>



CSB. 2017. Bois Flottant Aux Evacuateurs De Crues Des Barrages [floating Debris at Reservoir Dam Spillways] . techreport. Comité suisse des barrages - Groupe de travail sur le bois flottant aux Evacuateurs de Crues des barrages. 82 p.  
[http://www.swissdams.ch/it/publications/publications-csb/20190515\\_STK\\_Schwemmholz\\_Schlussbericht\\_FR\\_Final.pdf](http://www.swissdams.ch/it/publications/publications-csb/20190515_STK_Schwemmholz_Schlussbericht_FR_Final.pdf)

INRAE

Bois en rivière et gestion des embâcles

24 Sept. 2024 / Guillaume PITON – INRAE IGE / Séminaire « L'instabilité forestière sur les versants – Connaissances, risques et impacts »