

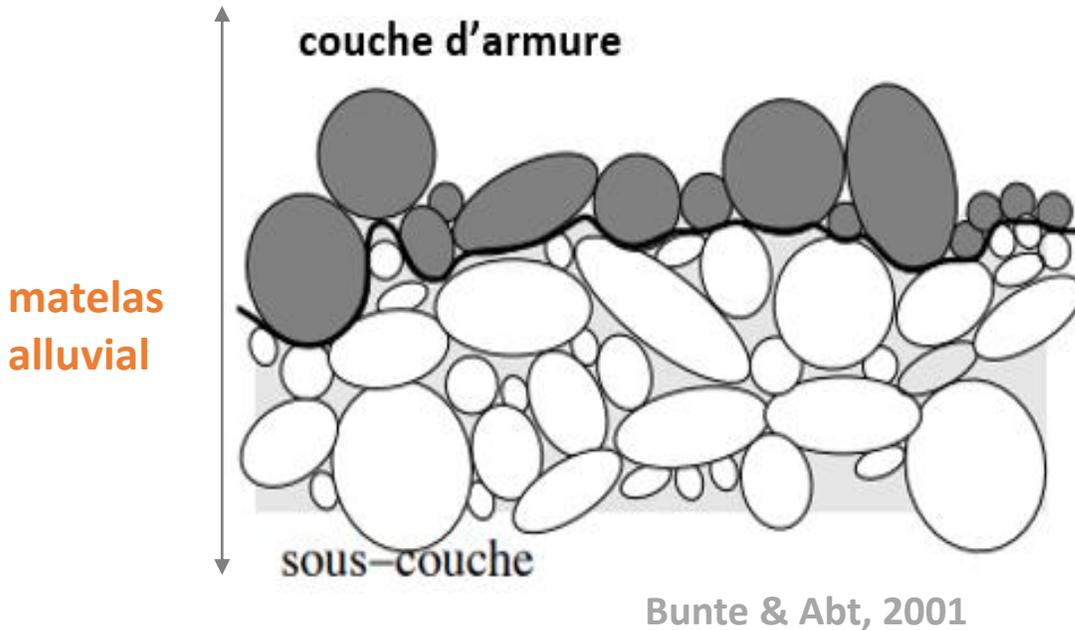


Matthieu PECHARD – FDPPMA35



# Le matelas alluvial : un système complexe

## Définition



Le **matelas alluvial** correspond à l'épaisseur de l'ensemble des sédiments constituant le substrat du lit des cours d'eau

La **couche d'armure** correspond à la couche de surface de granulométrie plus grossière du fait de son exposition aux contraintes hydrauliques ayant transportées les sédiments les plus fins

La **sous-couche** correspond à la couche de granulométrie la plus profonde, avec des matériaux plus fins (protégés par la couche d'armure)

(Chin *et al.*, 1994 ; Bunte & Abt, 2001 ; Pitlick *et al.*, 2008 ; Malavoi & Bravard, 2011 ; Melun & Carmenen, 2020)



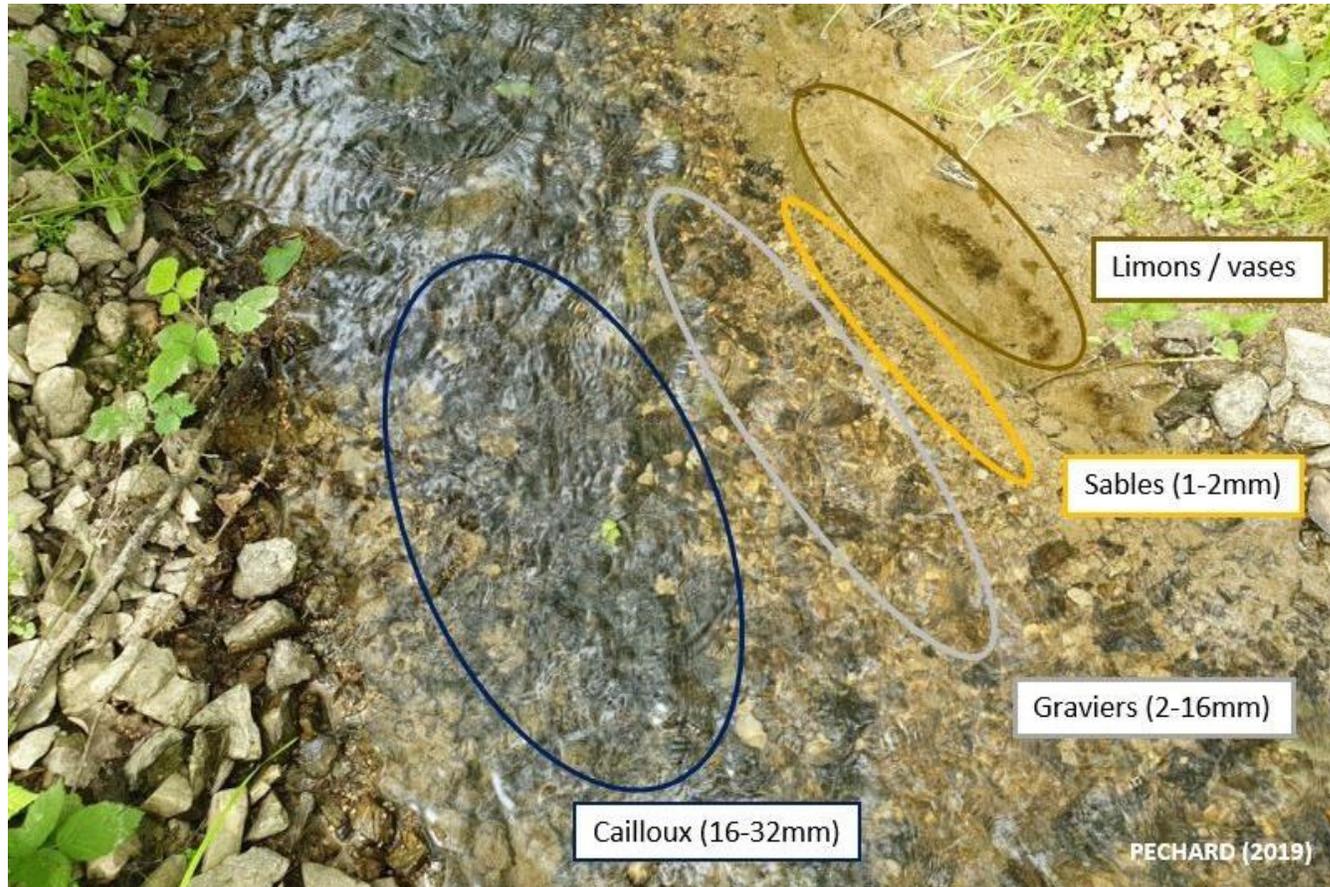
**Fraction héritée** = blocs non-mobiles hérités de la dernière ère glaciaire où les débits étaient plus importants (représente la part très grossière de la granulométrie des cours d'eau).

## Le matelas alluvial : un système complexe

### Le tri granulométrique : rôle clef dans l'assemblage des gammes granulométriques

Phénomène qui traduit les interactions au sein des différentes classes granulométriques et leur distribution spatiale. Il peut se produire longitudinalement, latéralement et verticalement

Bacchi, 2006



# Le matelas alluvial : un système complexe

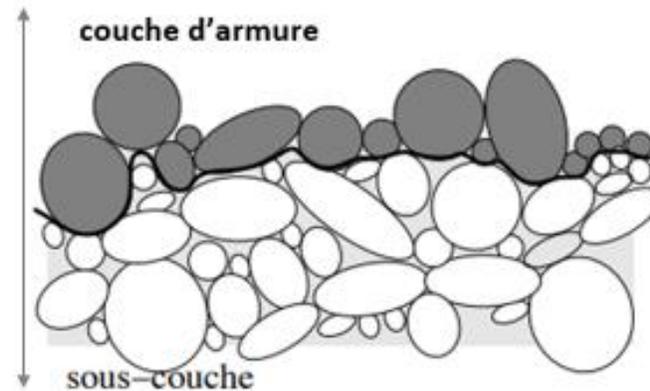
## Retour d'expérience de la stratification verticale des gammes granulométrique en Bretagne

Critères	Etude Galineau BZH 2019
Surface BV	moyenne 23km <sup>2</sup> (de 3 à 48)
LPB	moyenne 5.8m (2 et 8.5m)
Pente CE	moyenne 1.1% (0.4 et 1.8%)
Nb stations	14

Galineau, 2019

**34cm en moyenne**  
(varie de 15 à 60 cm)

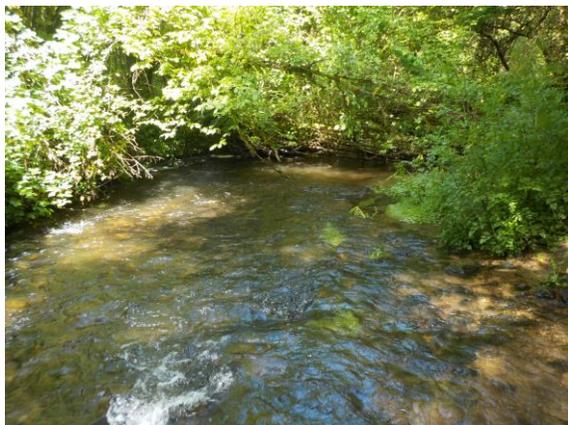
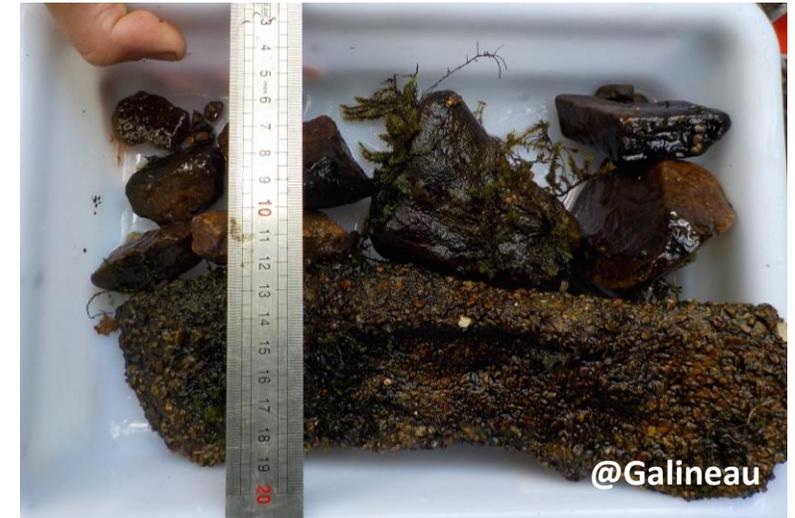
matelas  
alluvial



**15-20 % de l'épaisseur totale**  
jamais plus de 10cm de hauteur

**Toujours plus fine que la CA**  
(granulats en moyenne 10 fois plus petit)

Pas de corrélation observée entre les tailles des éléments granulo et la LPB, surface BV, pente...  
A l'heure actuelle pas de valeur guide à donner



# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Rappels

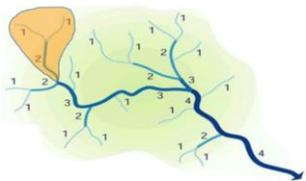
- Dans le cas d'une recharge incomplète, reconstituer *a minima* les zones de radiers (Bukaveckas, 2007 ; Kasahara & Hill, 2007 ; Datry *et al.*, 2008 ; Oraison *et al.*, 2011)
  - ✓ assure l'équilibre du profil en long
  - ✓ la diversité des écoulements
  - ✓ les échanges interstitiels
  - ✓ rôle clef dans le cycle de vie de nb espèces...



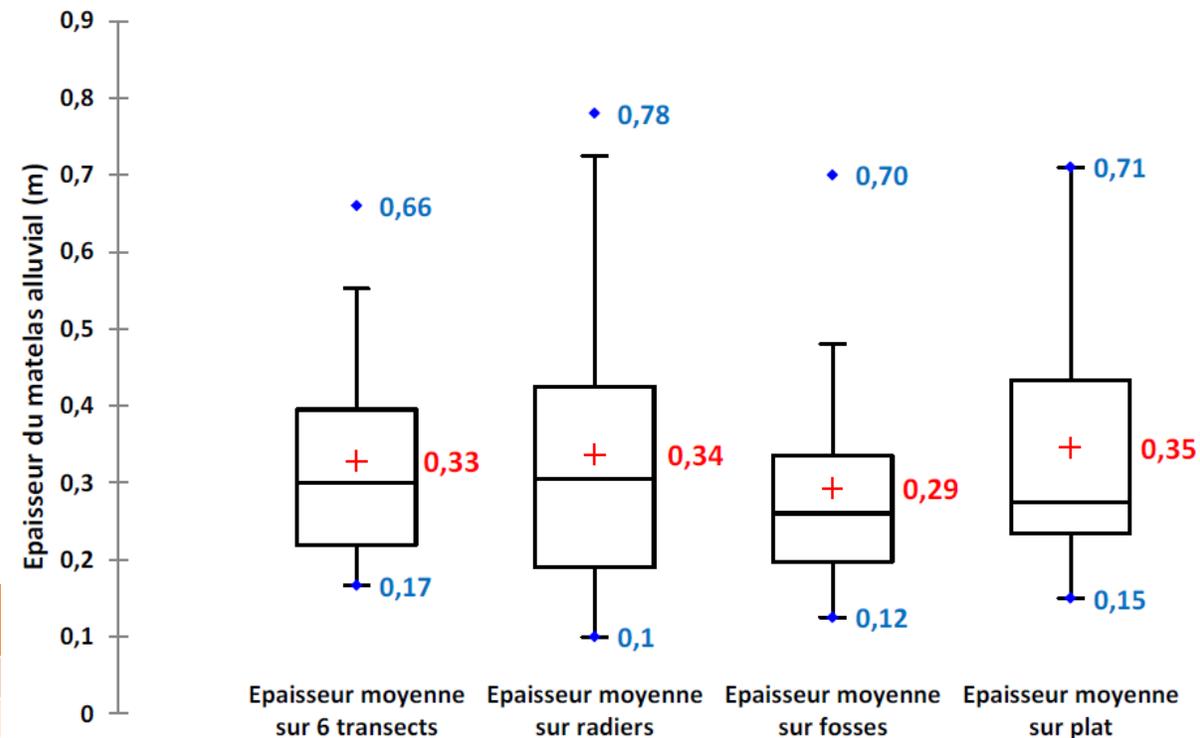
### Épaisseur moyenne du matelas alluvial sur les TBV

= 33 cm en région Centre / Poitou-Charentes (Vierron, 2015)

= 34 cm en région Bretagne / PDL (Galineau 2019 *sur radier*)



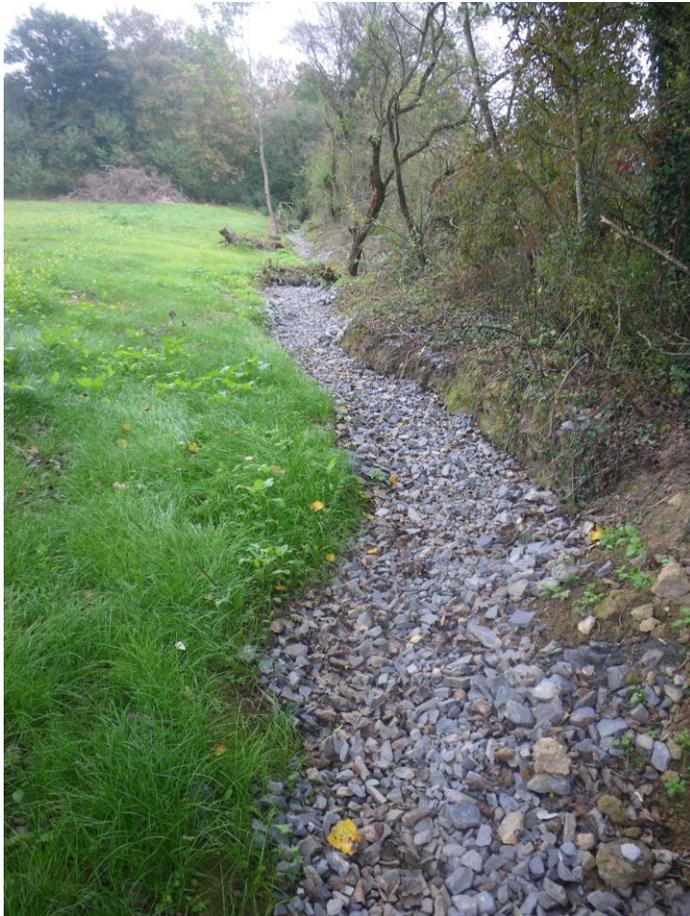
Critères	Etude Galineau BZH 2019	Etude Vierron CPC 2015
Surface BV	moyenne 23km <sup>2</sup> (de 3 à 48)	< 15km <sup>2</sup>
LPB	moyenne 5.8m (2 et 8.5m)	Entre 2 et 4m
Pente CE	moyenne 1.1% (0.4 et 1.8%)	< 1%
Nb stations	14	24



## Restauration du matelas alluvial par recharge

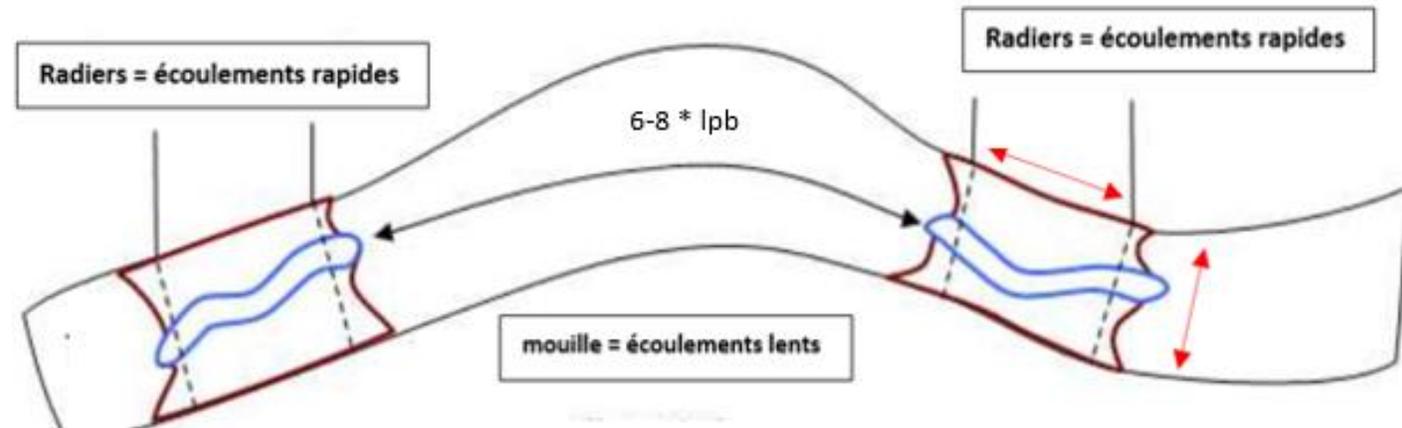
### 2 principales méthodes de recharge en granulats

- Recharge en « plein »



- Recharge en « radier-dôme »

*se référer au journal club n°3*



**ATTENTION!**

**Pour restaurer de manière optimale  
les fonctionnalités du cours d'eau :  
il doit déjà s'écouler en fond de vallée**



# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Choix de la méthode de recharge

Fonction des enjeux de la restauration et des caractéristiques du bassin versant :

- Etat actuel du cours d'eau ;

# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Choix de la méthode de recharge

Fonction des enjeux de la restauration et des caractéristiques du bassin versant :

- Etat actuel du cours d'eau ;
- Capacité d'apport en sédiment du BV amont ;



# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Choix de la méthode de recharge

Fonction des enjeux de la restauration et des caractéristiques du bassin versant :

- Etat actuel du cours d'eau ;
- Capacité d'apport en sédiment du BV amont ;
- Capacité de transport sédimentaire du cours d'eau ;



# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Choix de la méthode de recharge

Fonction des enjeux de la restauration et des caractéristiques du bassin versant :

- Etat actuel du cours d'eau ;
- Capacité d'apport en sédiment du BV amont ;
- Capacité de transport sédimentaire du cours d'eau ;
- Régime hydrologique (intermittence -> cf : journal club n°2 ) ;



# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Choix de la méthode de recharge

Fonction des enjeux de la restauration et des caractéristiques du bassin versant :

- Etat actuel du cours d'eau ;
- Capacité d'apport en sédiment du BV amont ;
- Capacité de transport sédimentaire du cours d'eau ;
- Régime hydrologique (intermittence -> cf : journal club n°2 ) ;
- Rapport coût/bénéfices environnementaux ;
- ...



## Restauration du matelas alluvial par recharge

### Répartition granulométrique

- Ne pas figer le milieu (sauf cas exceptionnel)

Mélange de granulats mobilisable et non mobilisable -> assure la fonction de tri granulométrique (rôle clé dans le processus de formation des séquences radier-mouille) (Comiti, 2003 ; Church & Zimmermann, 2007 ; Held, 2011).



- Prédire théoriquement la mobilité des sédiments

Forces tractrices : capacité de mobilisation des sédiments d'un diamètre précis au débit de plein bord (Schield 1936 ; Yalin, 1977)

- Attention à la perte du fil d'eau à l'étiage par écoulements de subsurface

➔ Se baser sur une station peu perturbée

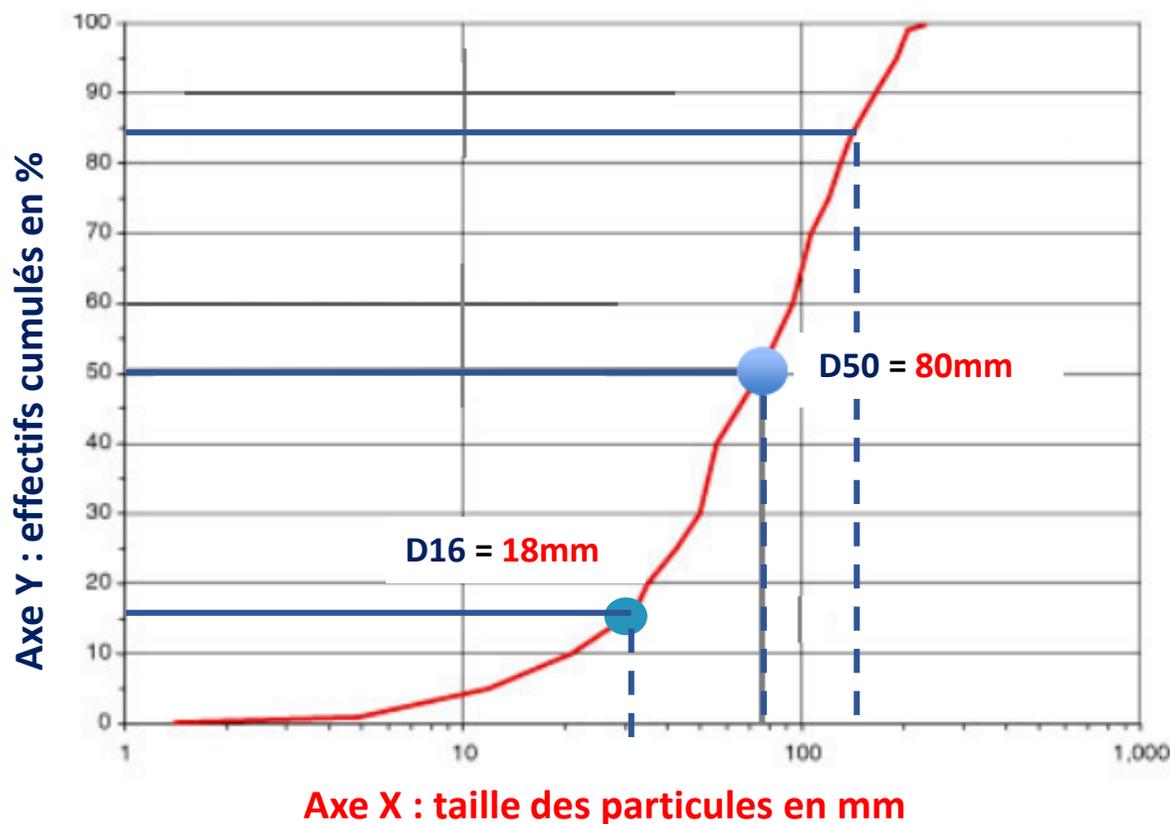
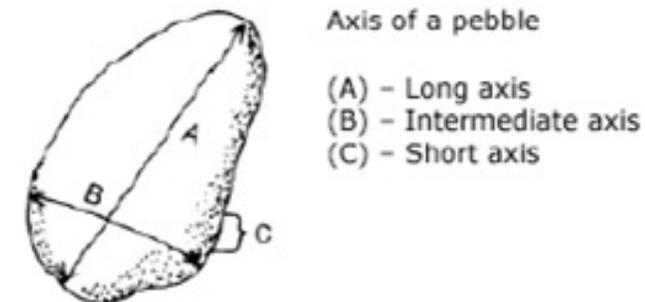


# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Protocole Wolman et répartition granulométrique

- Mesure de 100 éléments granulométriques selon le deuxième plus grand axe
- **DY = X** --> Y % des éléments granulométriques sont de taille inférieure à X mm
- Lecture graphique d16 / d50 / d84

Wolman Pebble Count  
(Navratil, 2005 ; Gob *et al.*, 2014, Yoshum, 2018)



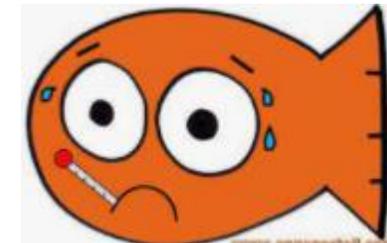
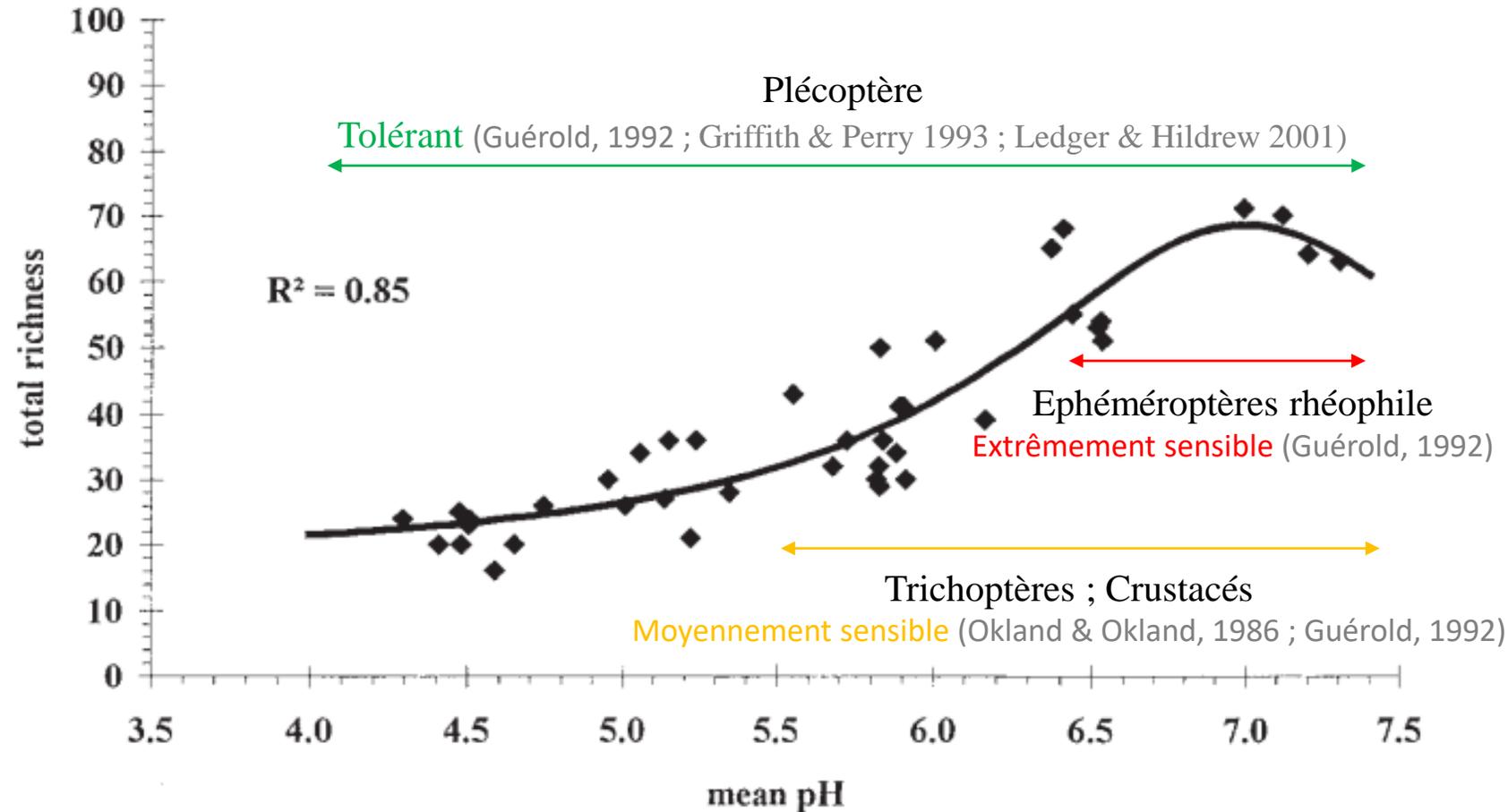
Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)
Dalles (dont dalles d'argile)	>1024
Rochers	>1024
Blocs	256 - 1024
Pierres grossières	128 - 256
Pierres fines	64 - 128
Cailloux grossiers	32 - 64
Cailloux fins	16 - 32
Graviers grossiers	8 - 16
Graviers fins	2 - 8
Sables	0,0625 - 2
Limons	0,0039 - 0,0625
Argiles	< 0,0039
Vase	Sédiments fins (<0.1) avec débris organiques
Terre végétale	points hors d'eau très végétalisés

échelle granulométrique de WentWorth (1922)

# Restauration du matelas alluvial par recharge

## Nature de la recharge : incidence du PH

Relation entre la richesse taxonomique des macro-invertébrés benthiques et le pH moyen de 41 cours d'eau vosgiens (Guérol *et al.*, 2000)



**STRESS**

(Hermann *et al.*, 1993)

**MODIFICATION DES  
RESSOURCES TROPHIQUES**

(Scott & Crossman, 1973)



# Temps d'échanges

## Références bibliographiques

- **BACCHI, B., GROSSI, G., PENNESI, L., POTENZA, P., RANZI, R., & SCHIAVONI, A. (2006).** Flood simulation and estimation in the Tevere River: a deterministic and probabilistic approach. In Proceedings of the AMHY-FRIEND International Workshop on Hydrological Extremes: Observing and modelling exceptional floods and rainfalls, held at University of Calabria, Cosenza (Italy) (pp. 183-199).
- **BUKAVECKAS, P. A. (2007).** Effects of channel restoration on water velocity, transient storage, and nutrient uptake in a channelized stream. *Environmental science & technology*, 41(5), 1570-1576.
- **BUNTE, K., & ABT, S. R. (2001).** Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel-and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- **BUNTE, K., & ABT, S. R. (2001).** Sampling frame for improving pebble count accuracy in coarse gravel-bed streams 1. *JAWRA journal of the american water resources association*, 37(4), 1001-1014.
- **BRUNKE M., PURPS M. & WITZ C., (2012).** Furten und Kolke in Fließgewässern des Tieflands : Morphologie, Habitatfunktion für Fische und Renaturierungsmaßnahmen
- **CHURCH, M. AND ZIMMERMAN, A., (2007).** Form and stability of step-pool channels: Research progress. *Water Resources Research*, 43(W03415): 1-21.
- **COMITI, F., (2003).** Local scouring in natural and artificial step pool systems, Univ Degli Studi Di Padova, Legnaro, Italy, 209 pp.
- **DATRY T, MARMONIER P, LAFONT M (2008).** La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. *Ingenieries* 54 :3-18.
- **GALINEAU, M., LE BIHAN, M., HUBERT, A. (2019).** Caractérisation de stations de référence hydromorphologique sur le territoire Bretagne et Pays de la Loire. DIR AFB. Rapport de stage de fin d'études.
- **GOB, F., BILODEAU, C., THOMMERET, N., BELLIARD, J., ALBERT, M. B., TAMISIER, V., ... & KREUTZENBERGER, K. (2014).** Un outil de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau pour l'application de la DCE en France (CARHYCE). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 20(1), 57-72.
- **GUEROLD, F. (1992).** *L'acidification des cours d'eau: impact sur les peuplements de macroinvertébrés benthiques: application au massif vosgien* (Doctoral dissertation, Université Paul Verlaine-Metz).
- **GUEROLD, F., BOUDOT, J. P., JACQUEMIN, G., VEIN, D., MERLET, D., & ROUILLER, J. (2000).** Macroinvertebrate community loss as a result of headwater stream acidification in the Vosges Mountains (NE France). *Biodiversity & Conservation*, 9(6), 767-783.
- **HELD, A. E. (2011).** Apport de la paléohydrologie dans la quantification des rôles respectifs du climat et de la tectonique des systèmes fluviaux méandriformes fossiles: application à des systèmes oligo-miocènes d'Europe occidentale (Doctoral dissertation, Paris, ENMP).
- **HERRMANN, J., DEGERMAN, E., GERHARDT, A., JOHANSSON, C., LINGDELL, P. E., & MUNIZ, I. P. (1993).** Acid-stress effects on stream biology. *Ambio*, 298-307.

## Références bibliographiques

- **KASAHARA, T., HILL, A.-R., (2007)** Instream restoration: its effects on lateral stream–subsurface water exchange in urban and agricultural streams in southern ontario, *River research and applications*, **23**, 801-814.
- **LEDGER, M. E., & HILDREW, A. G. (2001)**. Recolonization by the benthos of an acid stream following a drought. *Archiv für Hydrobiologie*, 1-17.
- **MALAVOI, J. R., & BRAVARD, J. P. (2011)**. Éléments d'hydromorphologie fluviale. Édité par l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques), 2010, 224 p. En ligne sur: <http://www.onema.fr/hydromorphologie-fluviale>. *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 5), 1.
- **MELUN, G., CAMENEN, B., (2020)**. Guide technique pour la mesure et la modélisation du transport solide. Ouvrage technique OFB\_INRAE, 164p.
- **NAVRATIL, O. (2005)**. Débit de pleins bords et géométrie hydraulique: une description synthétique de la morphologie des cours d'eau pour relier le bassin versant et les habitats aquatiques (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat en mécanique des milieux géophysiques et Environnement, Institut National Polytechnique de Grenoble).
- **NAVRATIL, O., & ALBERT, M. B. (2013)**. Débit de pleins bords et géométrie hydraulique: des variables hydromorphologiques pour caractériser les habitats aquatiques.
- **ORAISON, F., SOUCHON, Y., VAN LOOY, K. (2011)**. Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau et mieux maîtriser les nutriments: une voie commune?. *Pô Hydroécologie Cours Eau Onema-Irstea Lyon MAEPLHQ* 42p.
- **ØKLAND, J., & ØKLAND, K. A. (1986)**. The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. *Experientia*, 42(5), 471-486.
- **PITLICK, J., & CLAYTON, J. A. (2008)**. Persistence of the surface texture of a gravel-bed river during a large flood. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(5), 661-673.
- **SHIELDS, A. (1936)** : Application of Similarity Principles and Turbulence Research to Bed-Load Movement. California Institute of Technology, Pasadena (Translate from German)
- **VIERRON, A. (2015)**. Caractérisation de stations de références hydro morphologique en régions centre et Poitou Charente, DIR ONEMA Rapport de stage M2 Imacof.
- **YALIN, M.S. (1977)** : Mechanics of sediment transport. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford, UK. 360 pp
- **YOCHUM, S. E. (2018)**. *Guidance for Stream Restoration*. US Department of Agriculture, Forest Service, National Stream & Aquatic Ecology Center.