

Reproduction naturelle, restauration écologique et changement climatique

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph Hauer

*Universität für Bodenkultur Wien, Österreich (BOKU)
Institut für Wasserbau, Hydraulik und Fließgewässerforschung (IWA)*

31 janvier 2026, Olten / Suisse

« Le transport solide est essentiel à la pérennité de la reproduction naturelle »

« Le challenge : dans son acception moderne et intégrée, l'aménagement des cours d'eau s'appuie sur une **évolution autonome du milieu aquatique, qui résulte de sa dynamique propre**. Mais bien souvent, et en particulier en milieu urbain et en milieu rural très anthropisé, l'espace qui lui serait nécessaire fait défaut.... »

Structure

- ➔ Exigences des organismes aquatiques
- ➔ Condition Transport solide
- ➔ Condition Transport solide / morphologie

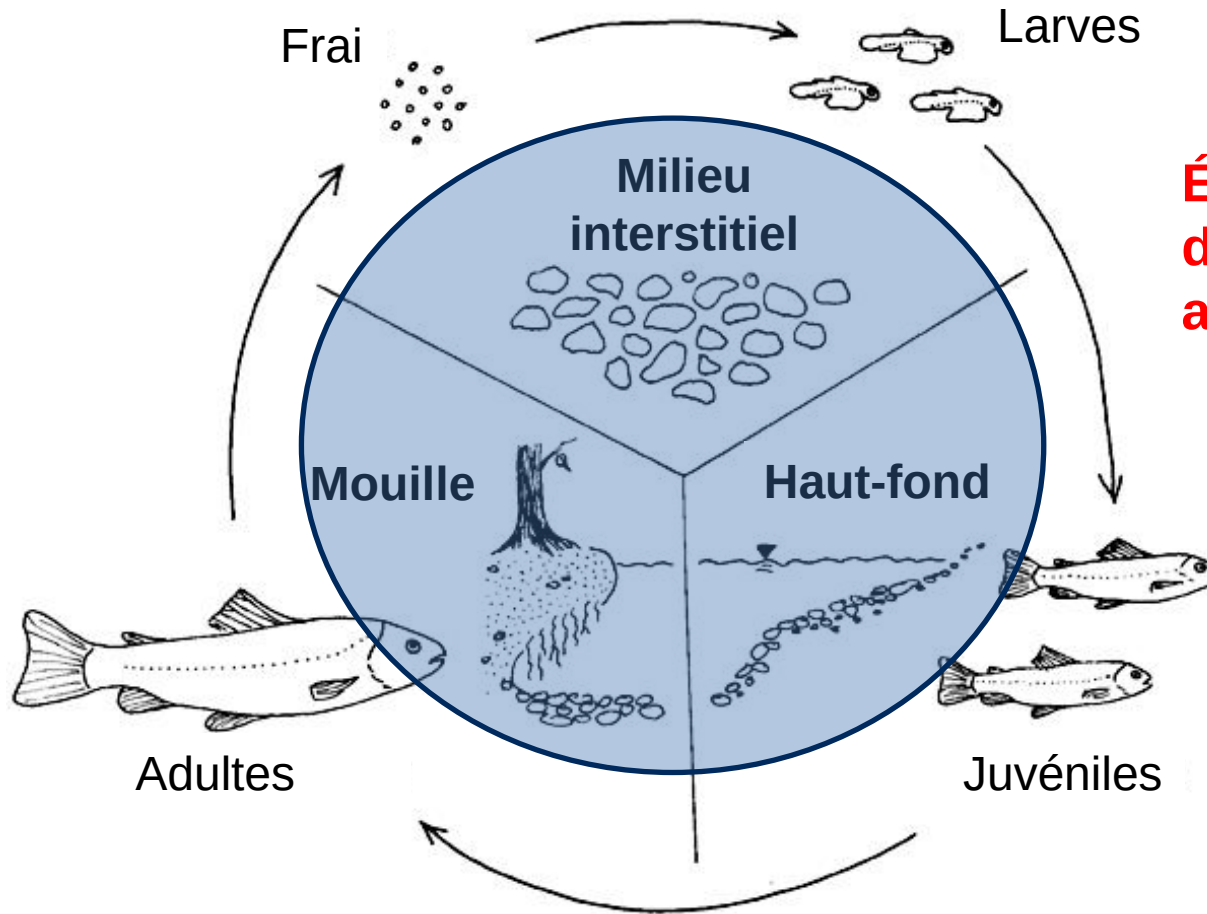
Quel degré de structure ou de dynamique faut-il au cours d'eau ?

Étude de cas Große Mühl / AT

Installer des blocs pour structurer ?

- ➔ Condition Capacité de transport
- ➔ Structures artificielles ou créées par la dynamique
- ➔ Limites des mesures « instream »
- ➔ Travaux du CD-Labor Sediment Research & Management
- ➔ Résumé / conclusion

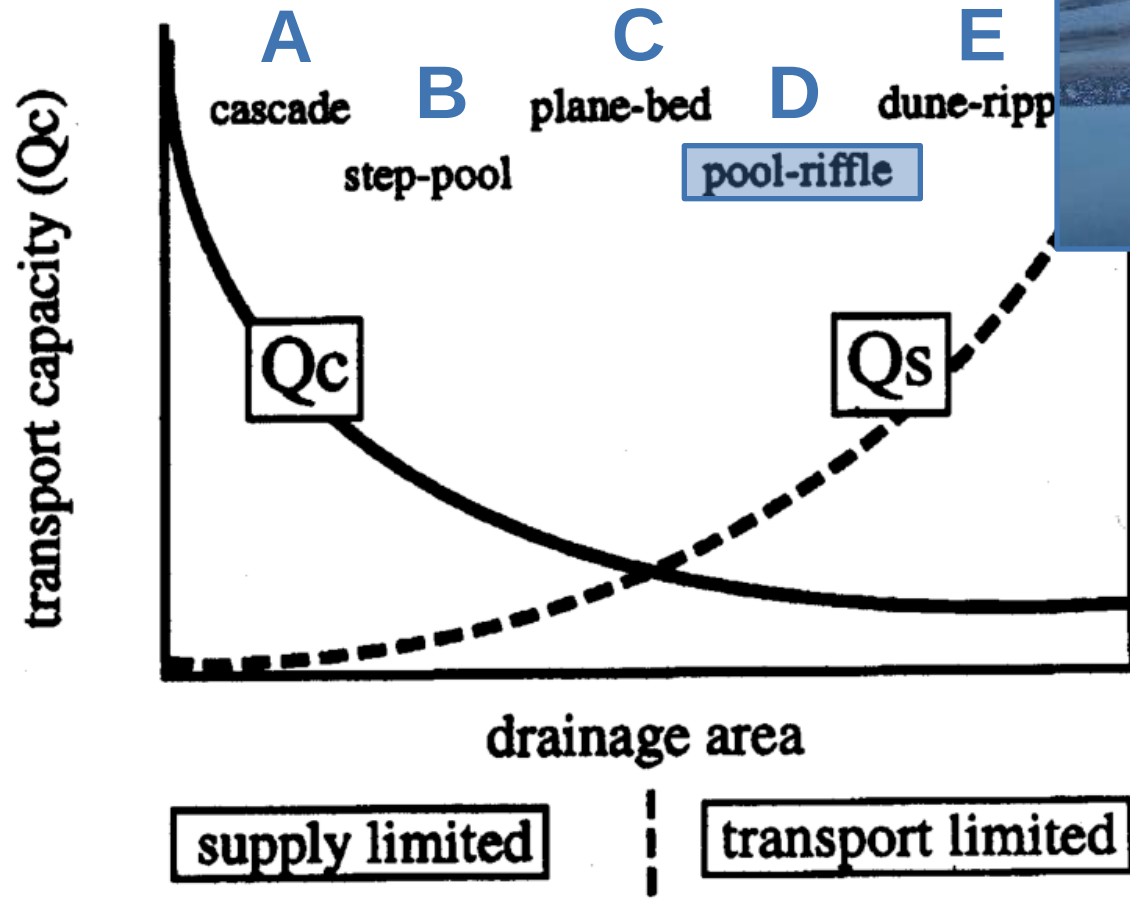
Exigences des organismes aquatiques (poissons)



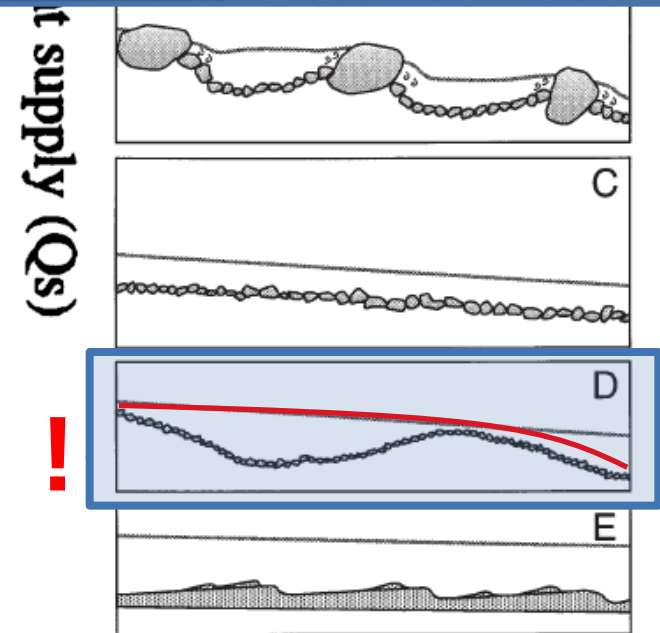
Évolution concomitante de celle de nos milieux aquatiques !

□ Bostelmann, 2003

Condition Transport solide

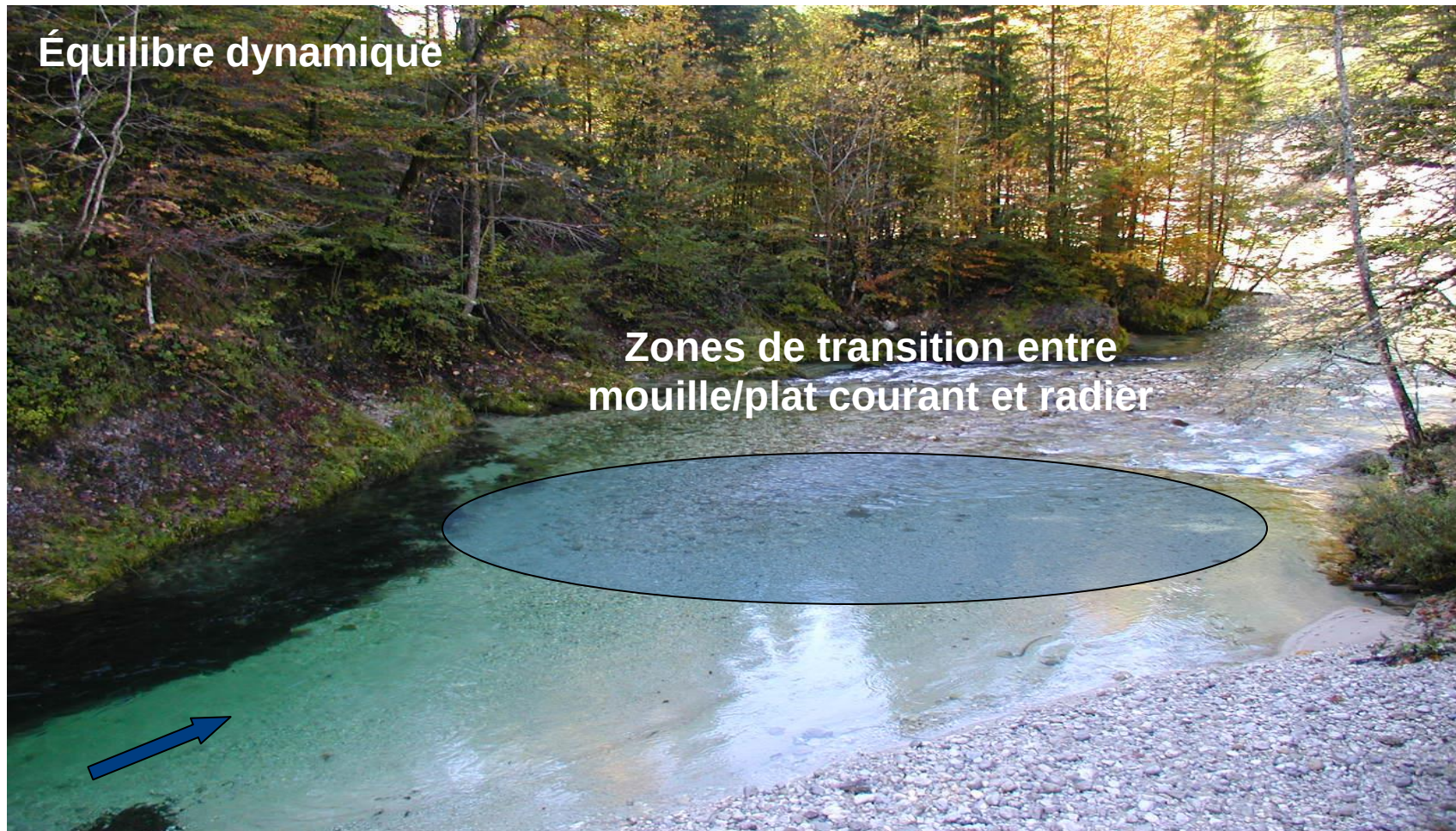


Lech



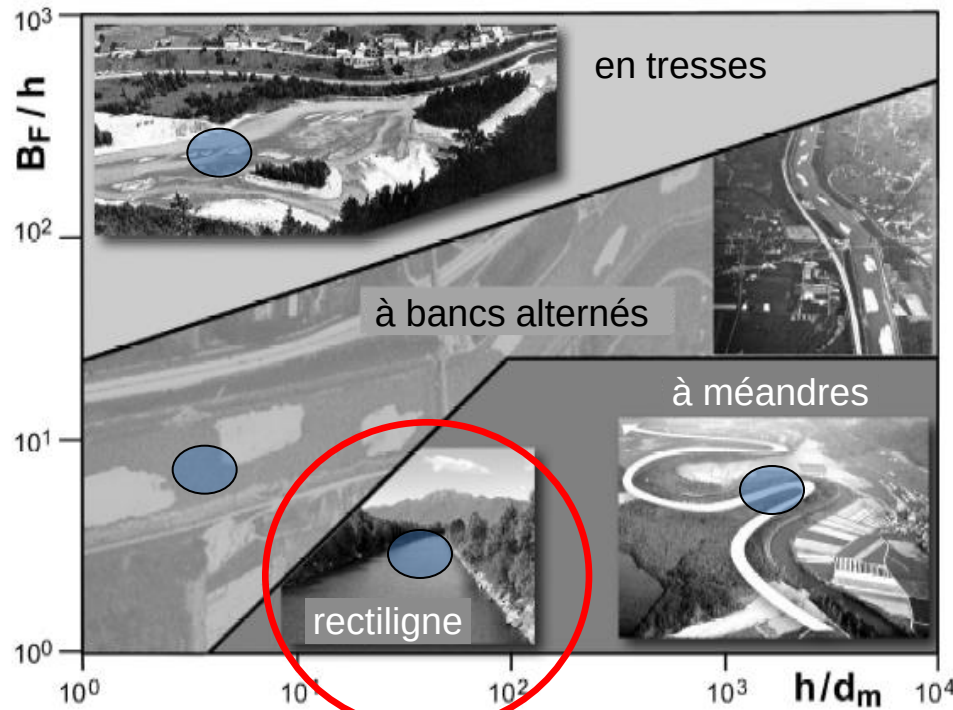
Montgomery & Buffington (1997)

Type de chenal à plat-radier-mouille (pool-riffle)

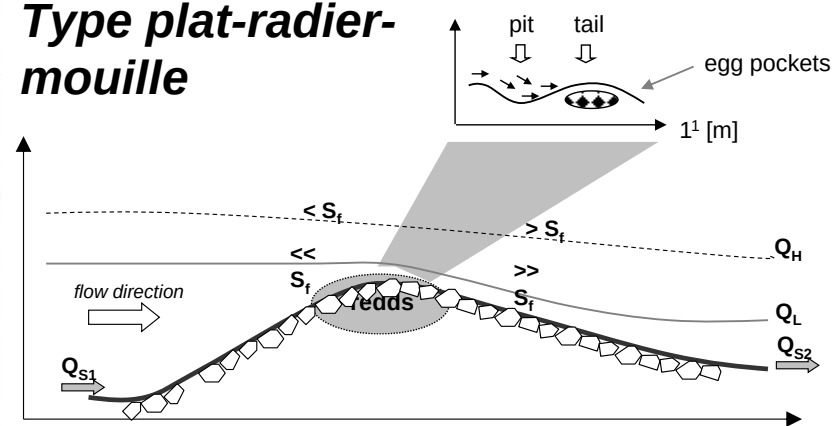


Classification morphologique / habitats-clés

Diagramme de DaSilva



Type plat-radier-mouille



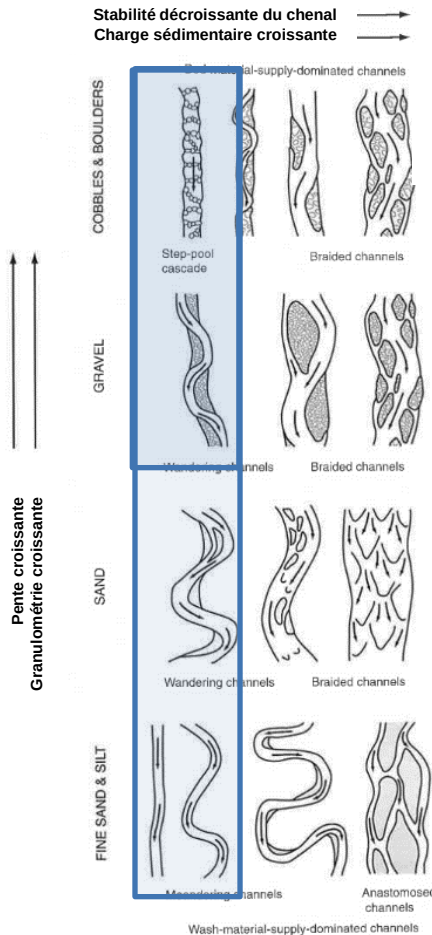
Hauer C., Unfer, G., Habersack, H., Pulg, U., Schnell, J. (2013) *Korrespondenz Wasserwirtschaft*

(modified by Marti & Bezzola, 2003)

Mesures « instream »

Conditions Transport solide/morphologie

➔ Orientation par rapport aux conditions hydromorphologiques

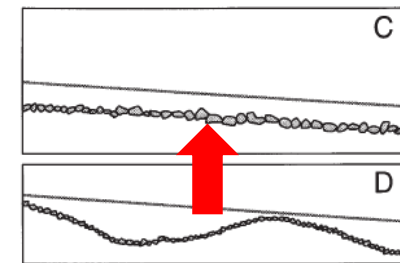


- déficit de charriage
- cours d'eau alpins

Profil en long

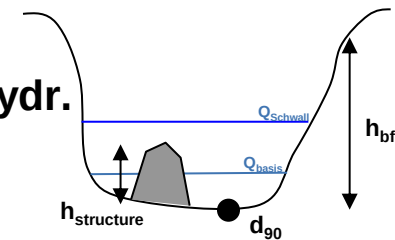
Lit plat
(monotone, « pavé »)

Plat-radier-mouille
(structuré, mobilisation du fond possible)



- générateur d'habitats hydr.
- générateur de structure

Rapport



$$d_{90} / h_{\text{structure}} / h_{\text{bf}}$$

$$HQ_{30} / HQ_{100}$$

Quel degré de structure ou de dynamique faut-il au cours d'eau?



Inventaire piscicole de la Große Mühl

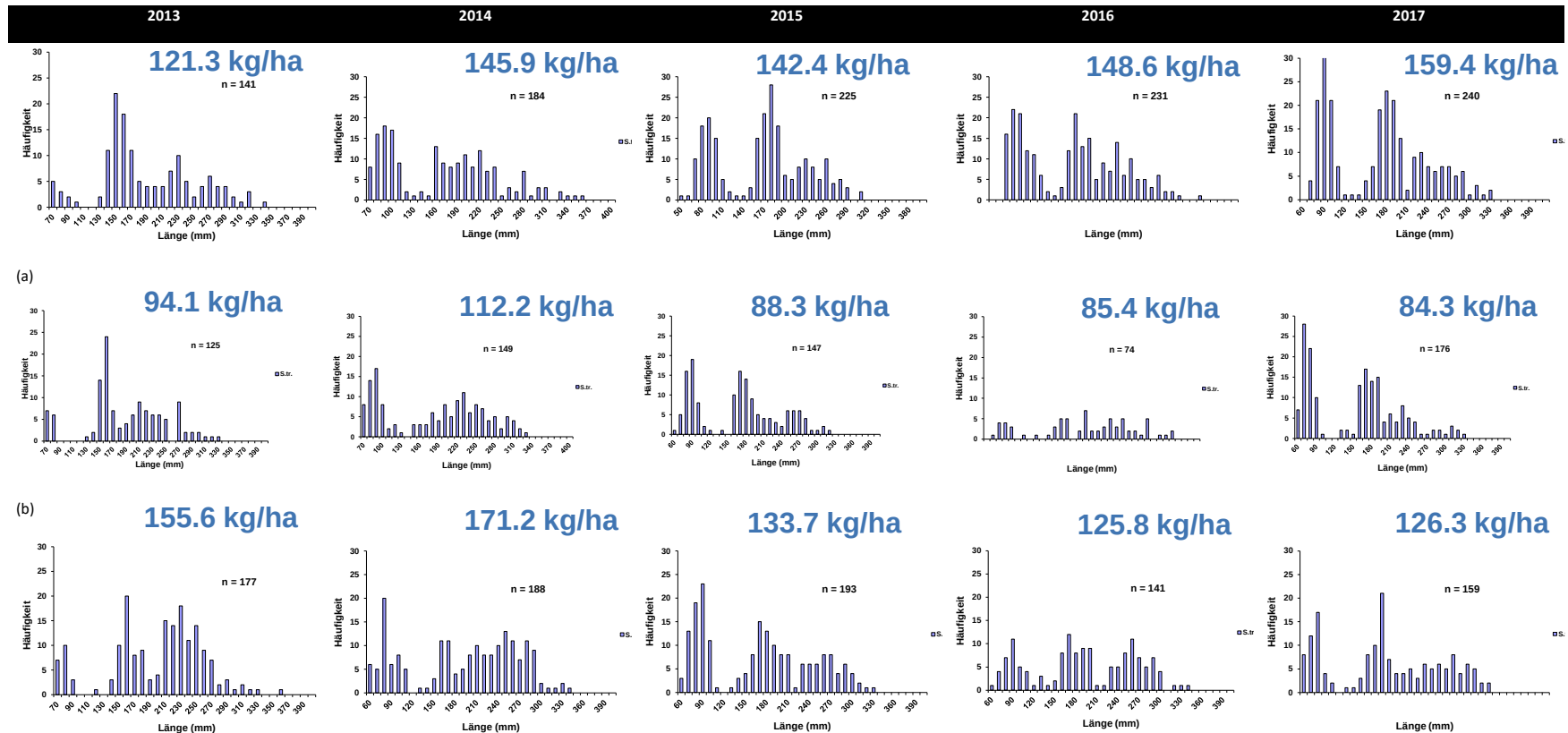
➔ Méthodes et zone d'étude



Abbildung 9. (a) Elektrofischung, watend im Abschnitt flussauf der Freibadanlage Aigen, (b) Einrichtung einer flussauf gelegenen Absperrung (Netz) in der Untersuchungsstrecke flussauf der Kläranlage Ulrichsberg, (c) Hälterung zur Aufbewahrung der Fische des ersten Befischungsdurchgangs einer Strecke (DeLury-Methode), (d) Messung der Fischlänge einer gefangenen Bachforelle.

Évolution de la population de truite (2013 – 2017)

➔ Comparaison des résultats de pêche électrique

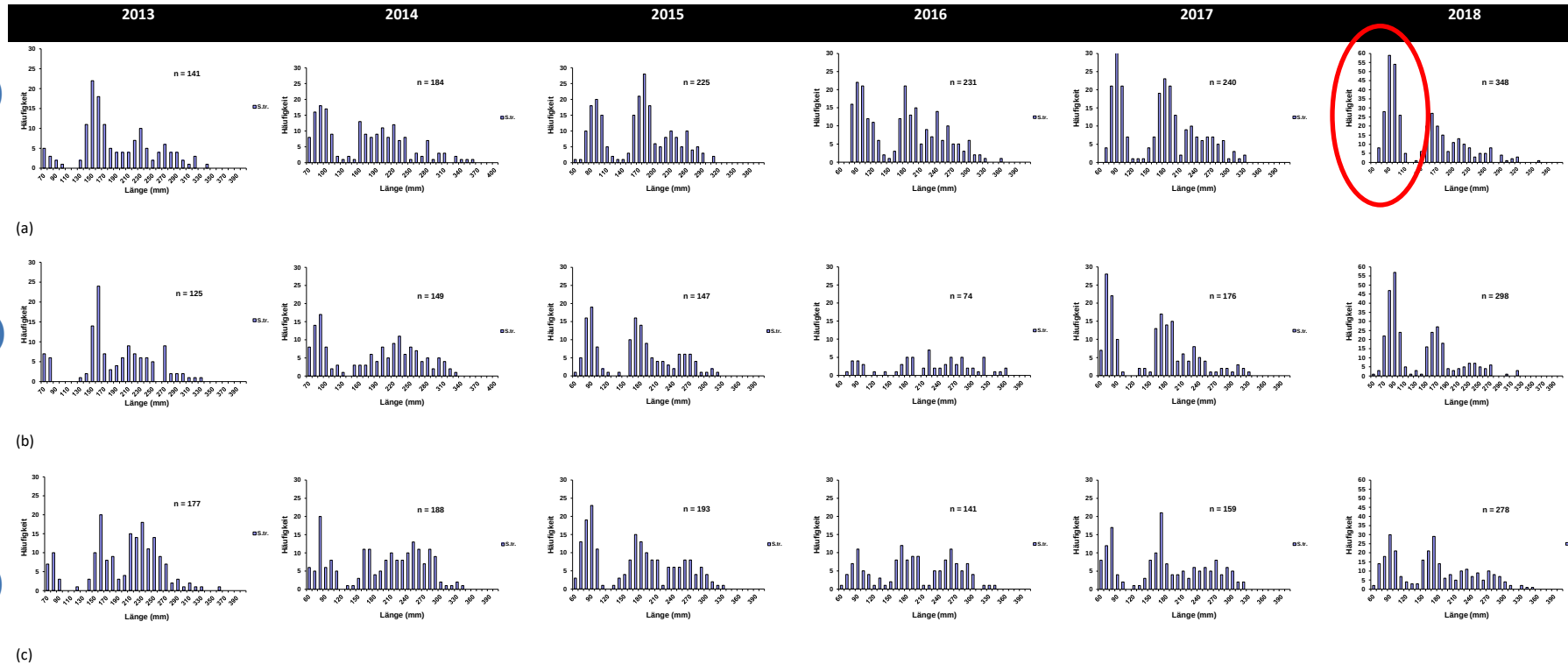


(c)

➔ *Structure démographique satisfaisante et stable*

Évolution de la population de truite (2013 – 2018)

➡ Comparaison des résultats de pêche électrique



➡ **2018 : année exceptionnelle pour la reproduction**

➡ **Comparaison 2017 / 2018 : faible augmentation de la biomasse**

Problème d'envasement

Macrozoobenthos

Référence



Secteur envasé



Baisse de 80-90 % de la biomasse de macrozoobenthos

Problème d'envasement

- Une dynamique trop forte, écologiquement problématique



Vltava / CZ

Problème d'envasement

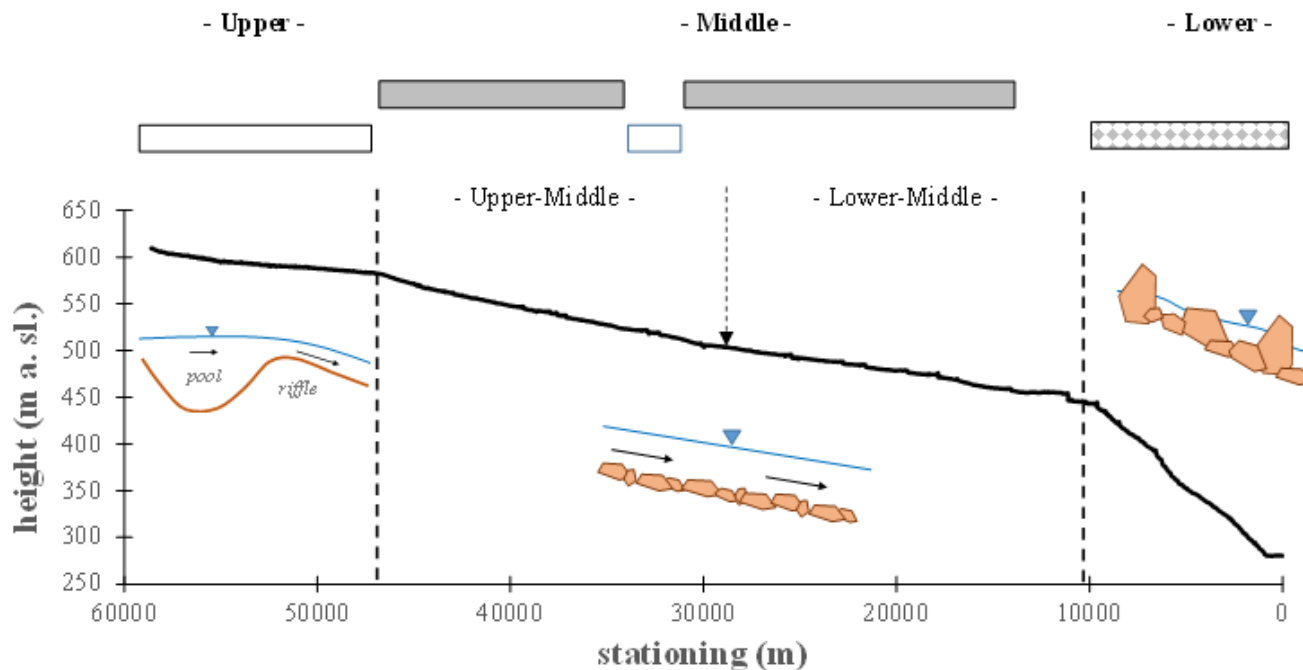
Zone d'étude de la Große Mühl (AT)



Figure Maps of the Große Mühl River catchment in Upper Austria close to German and Czech Republic border.

Exemple de la Große Mühl / AT

Zone d'étude de la Große Mühl (AT)



Exemple de la Große Mühl / AT

Zone d'étude de la Große Mühl (AT)

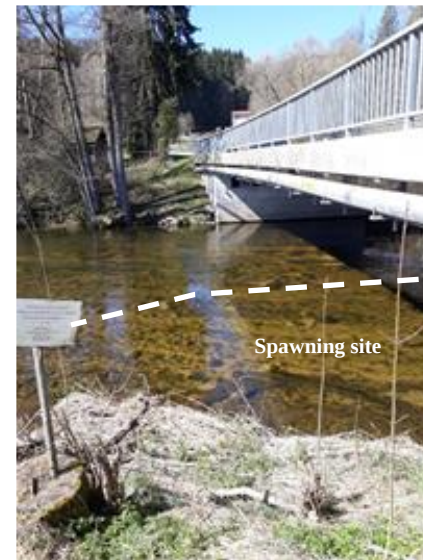


Figure Study area of the Gr. Mühl river (N48°38'25.82'' / E13°57'29.33''); investigated spawning site highlighted by dashed white line, (c) picture of the studied grayling spawning habitat at the Gr. Mühl river - delimited by white dashed line.

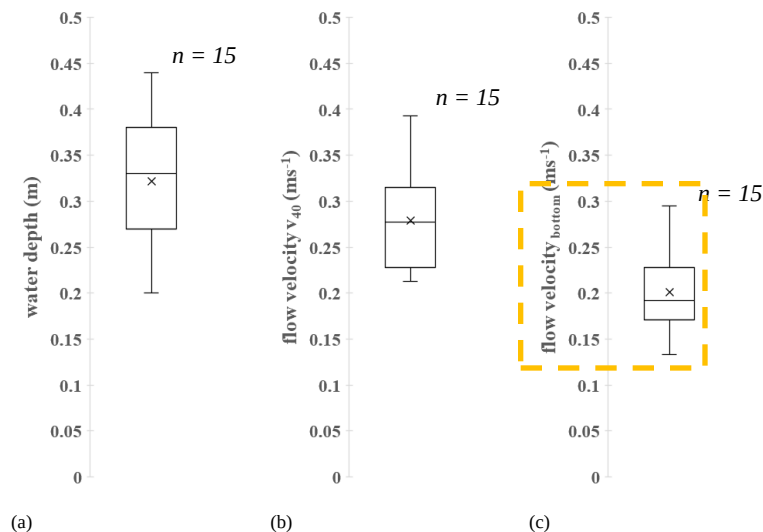
Propriétés des frayères d'ombre commun

VIDEO

Exemple de la Große Mühl / AT

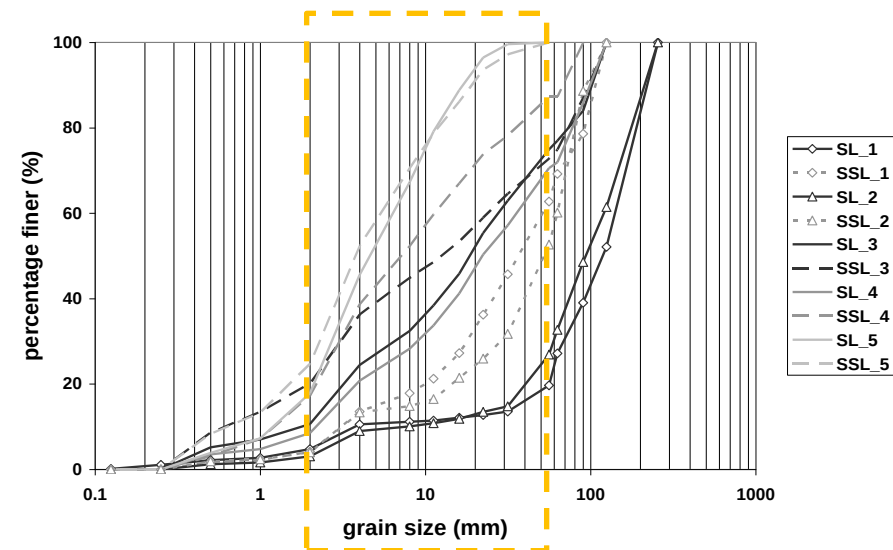
Propriétés des frayères d'ombre commun

• Conditions hydrauliques



Hauer & Unfer (2021) *River Research and Applications*, 37(6), 900-906.

• Sédiments



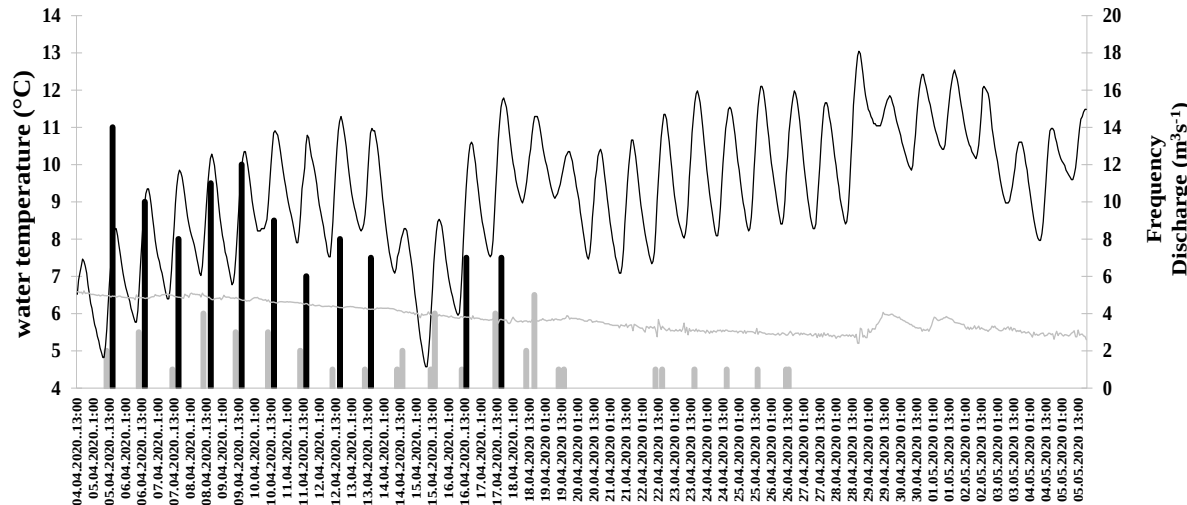
Hauer et al. (2011) *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(5), 672-685.

Exemple de la Große Mühl / AT

Monitoring des frayères d'ombre (2021)

Pendant trois semaines, l'activité nuptiale n'a eu lieu que l'après-midi !

Hauer & Unfer (2021) *River Research and Applications*, 37(6), 900-906.



— = frequency grayling; passive, without spawning activity

— = frequency grayling; spawning activity

Figure. Time dependent development of the water temperature (black line) and the number and/or activity of graylings in the defined spawning habitat; grey solid line = discharges on an hourly basis at gauging station Furthmühle (48°36'14"/14°01'08").

Exemple de la Große Mühl / AT

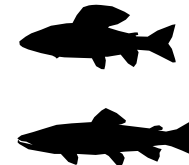
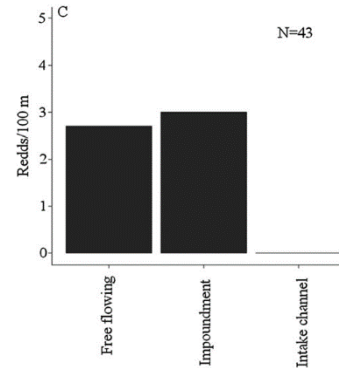
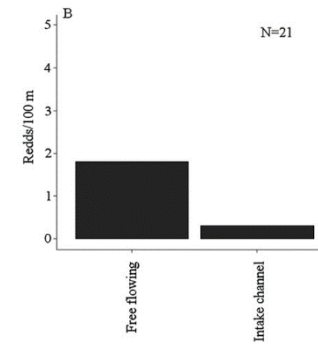
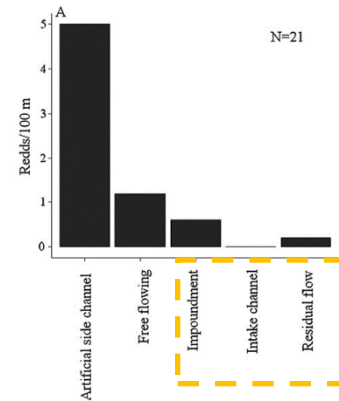
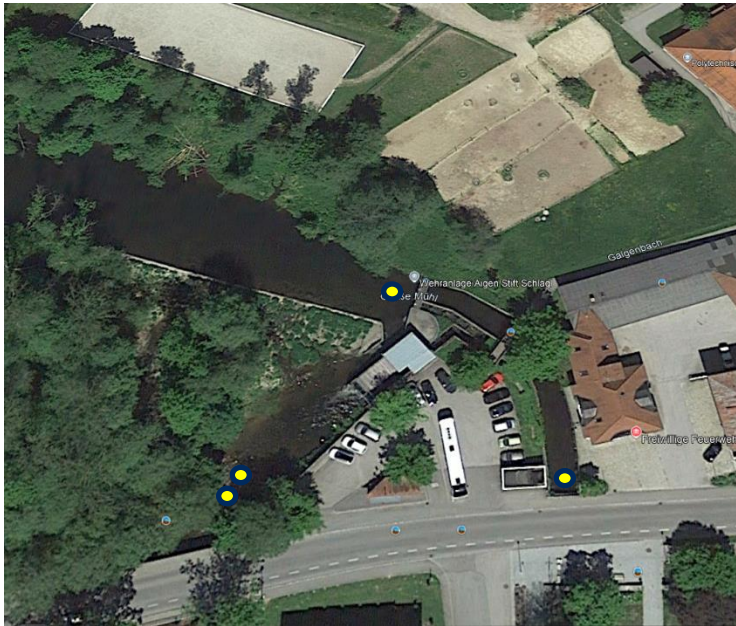
Monitoring des frayères d'ombre (2021)

VIDEO

Exemple de la Große Mühl / AT

Frayères d'ombre commun

- Frayères / petite hydraulique (AT)

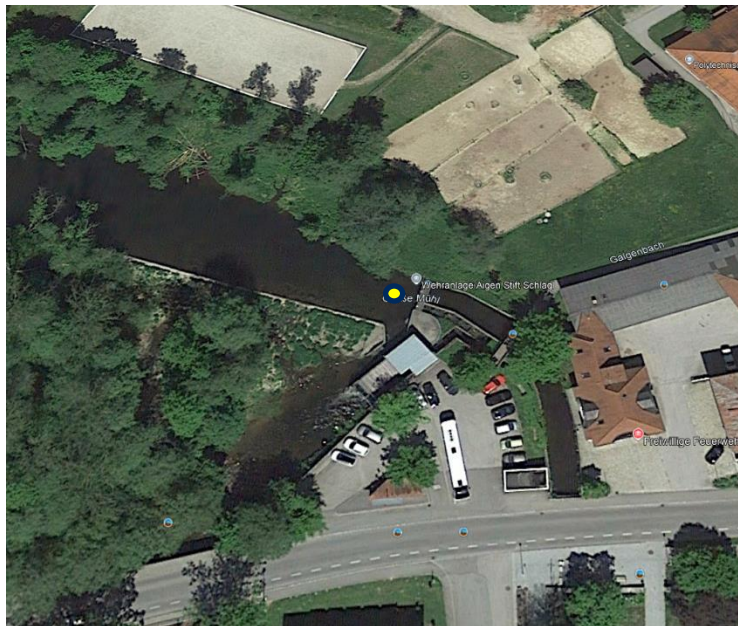


Obruca & Hauer (2016) *River research and applications*, 32, 1989-1995.

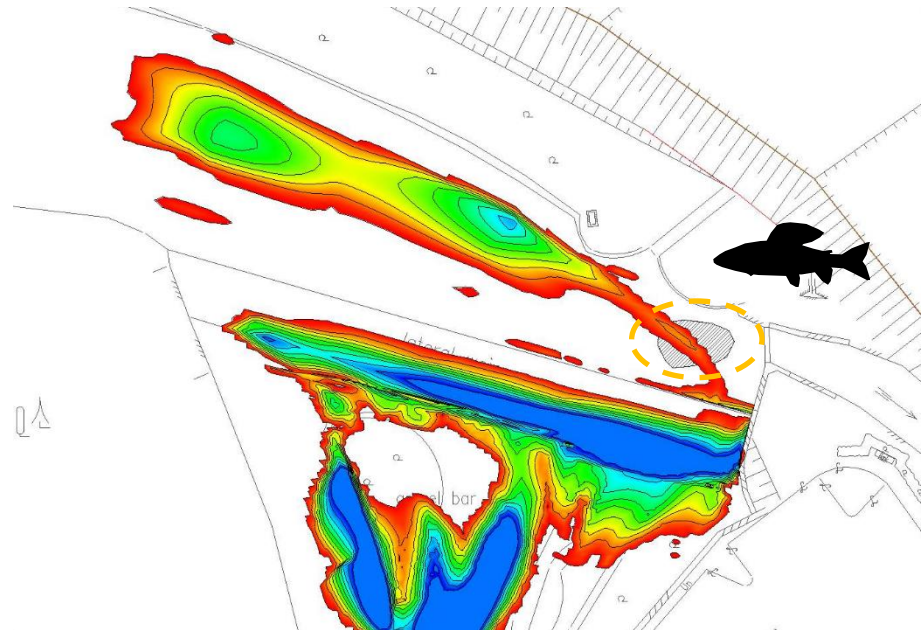
Exemple de la Große Mühl / AT

Frayères d'ombre commun

- Frayères / petite hydraulique (AT)



Transport de gravier de frai ($d_m = 16 \text{ mm}$) en rapport avec un débit stationnaire ($94,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$)



Hauer et al. (2011) *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(5), 672-685.

Exemple de la Große Mühl / AT

Restauration des frayères d'ombre

- **Entretien des frayères**



(a)



(b)



(c)



(d)

- **Apports artificiels**



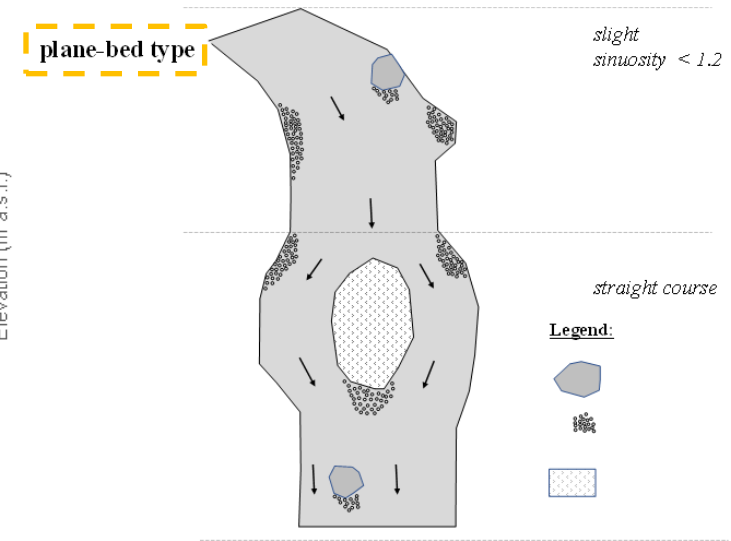
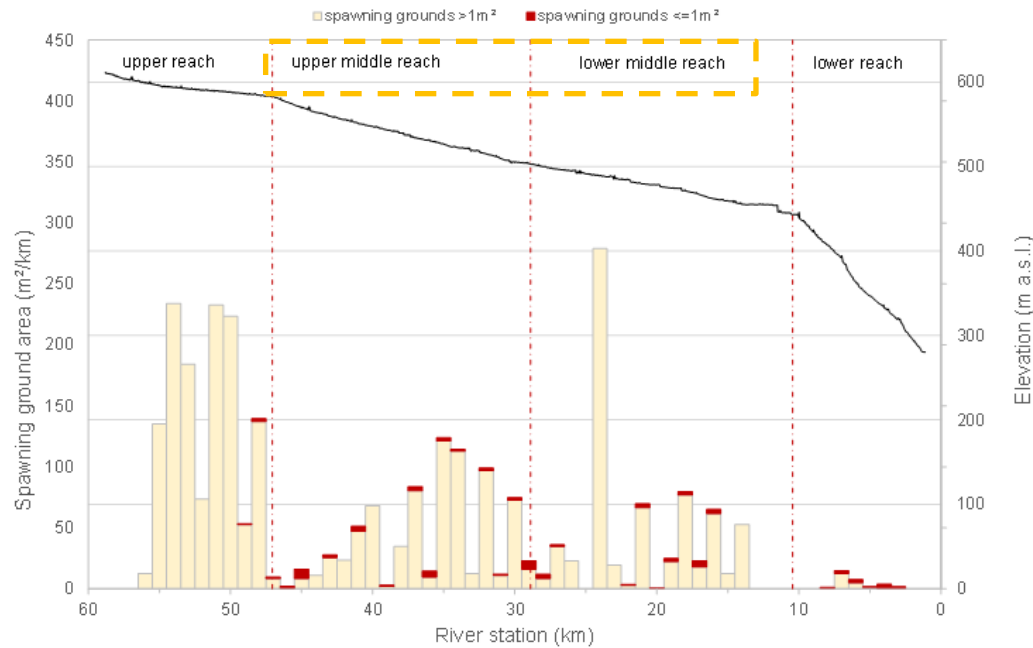
13.04.2009



13.04.2009

Exemple de la Große Mühl / AT

Restauration des frayères d'ombre



Hauer et al. (2025) *River Research and Applications*, accepted paper

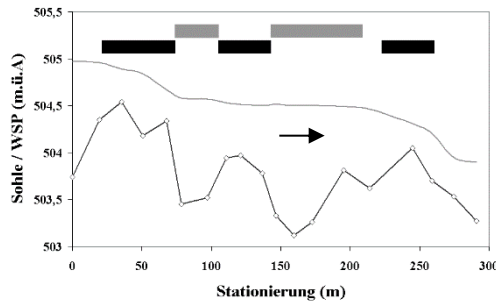
 $< 1 \text{ m}^2$



Exemple de la Große Mühl / AT

Restauration des frayères d'ombre

Plat-mo



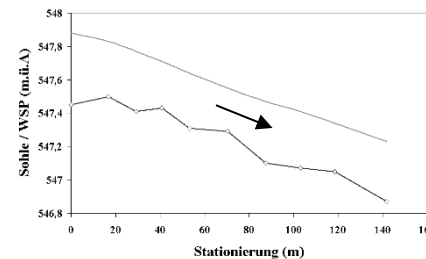
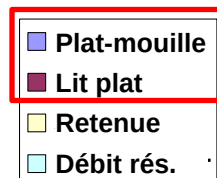
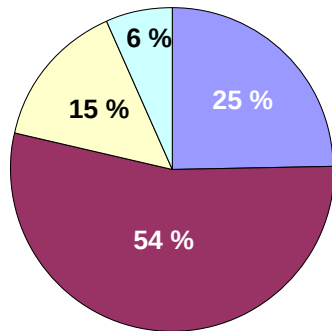
Mouille
 Plat

« Mylonite »

Lit plat



Hydromorphologie Gr. Mühl

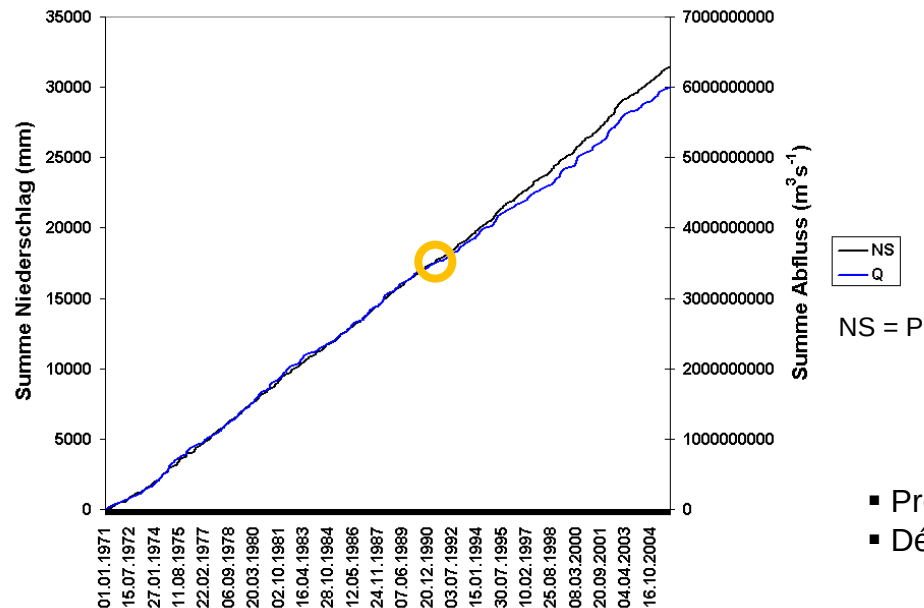


Exemple de la Große Mühl / AT

Effets du réchauffement climatique

Zone d'étude de la Große Mühl

⇒ Modifications de P/Q depuis 1990

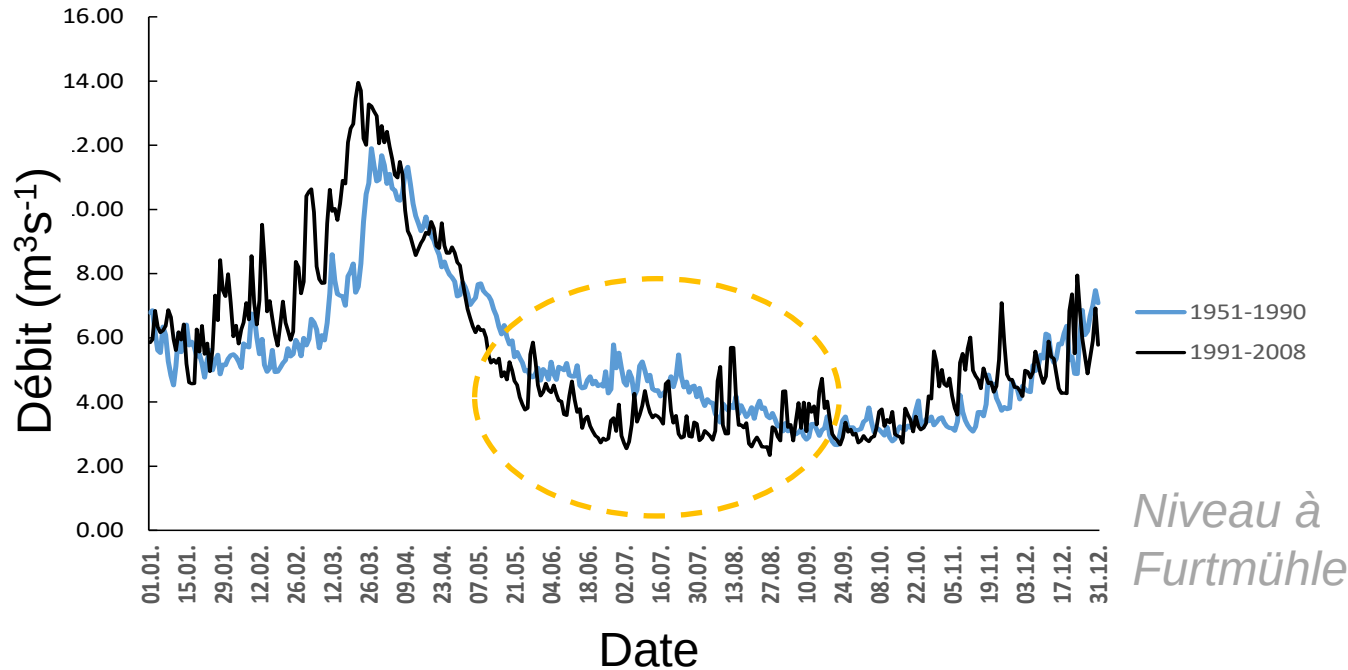


- Précipitations (station de Schlägl)
- Débit (jauge de Furtmühle)

Exemple de la Große Mühl / AT

Effets du réchauffement climatique

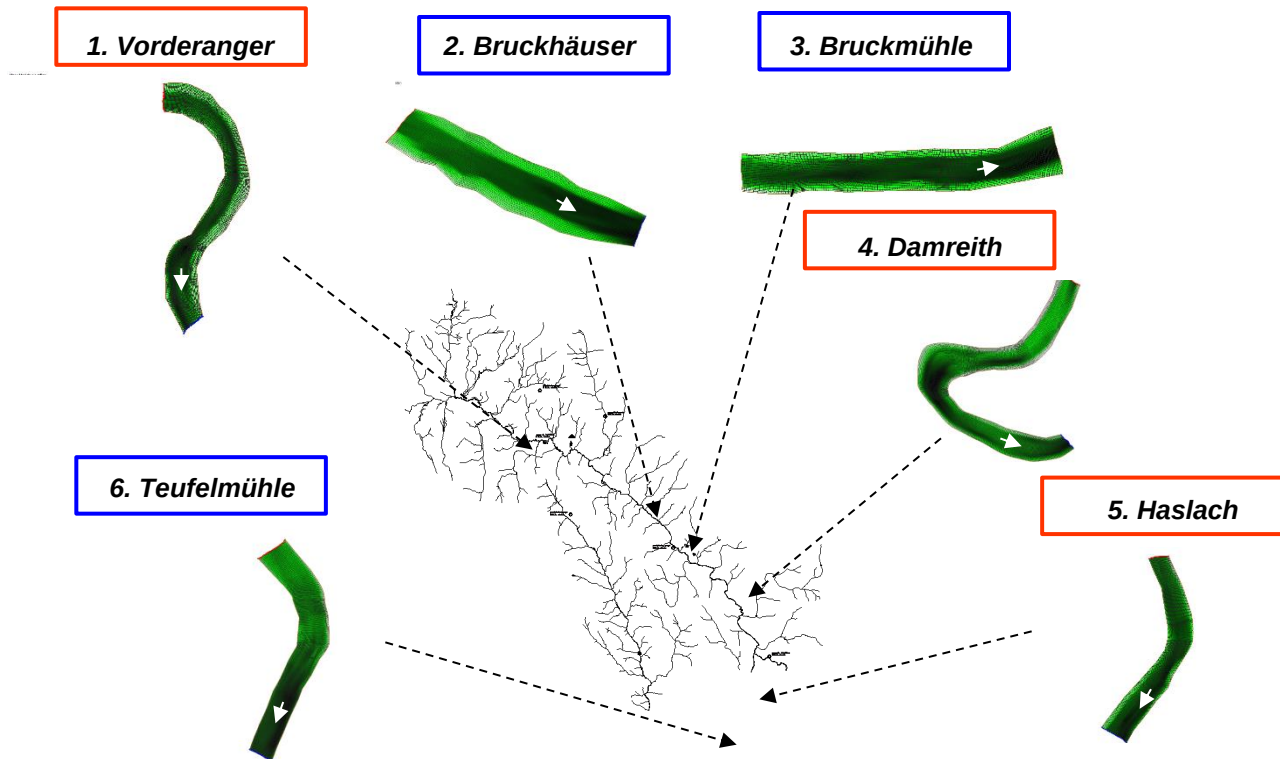
- Baisse du débit à la fin du printemps et en été depuis 1990



Exemple de la Große Mühl / AT

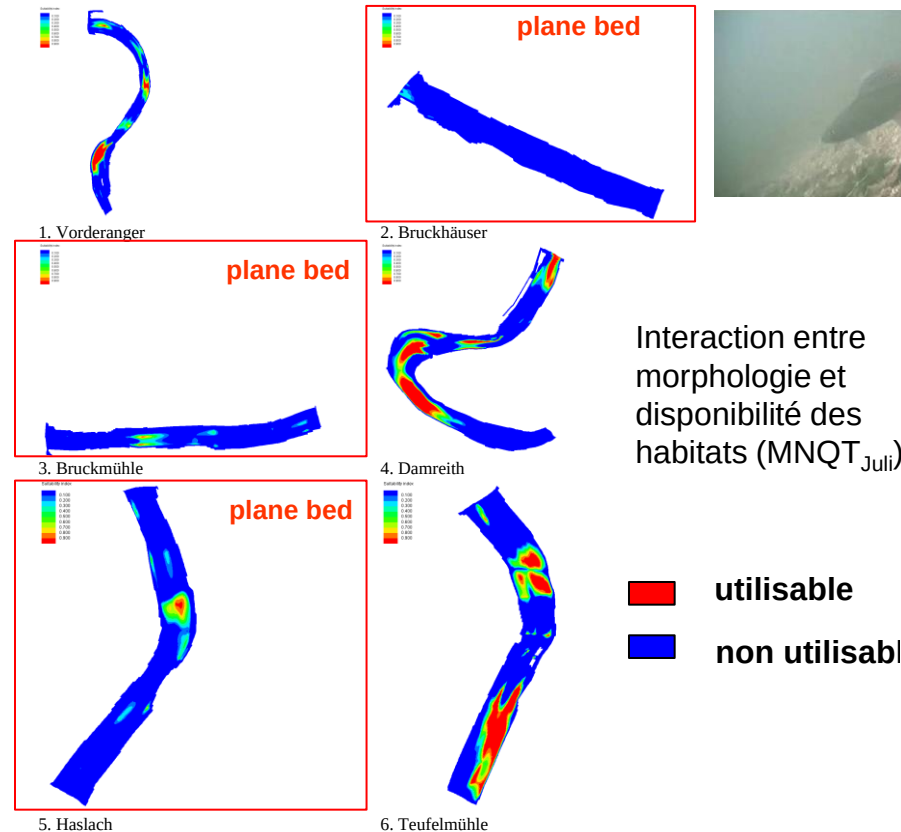
Changement climatique / hydromorphologie

- Comparaison de tronçons à plat/mouille et à lit plat



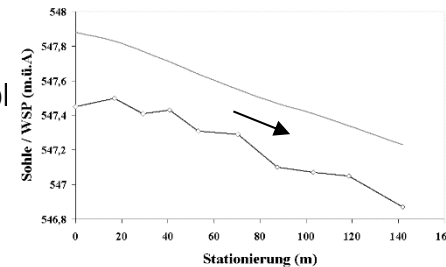
Exemple de la Große Mühl / AT

Changement climatique / hydromorphologie



Hauer et al. (2013) *Climatic Change*, 116, 827-850.

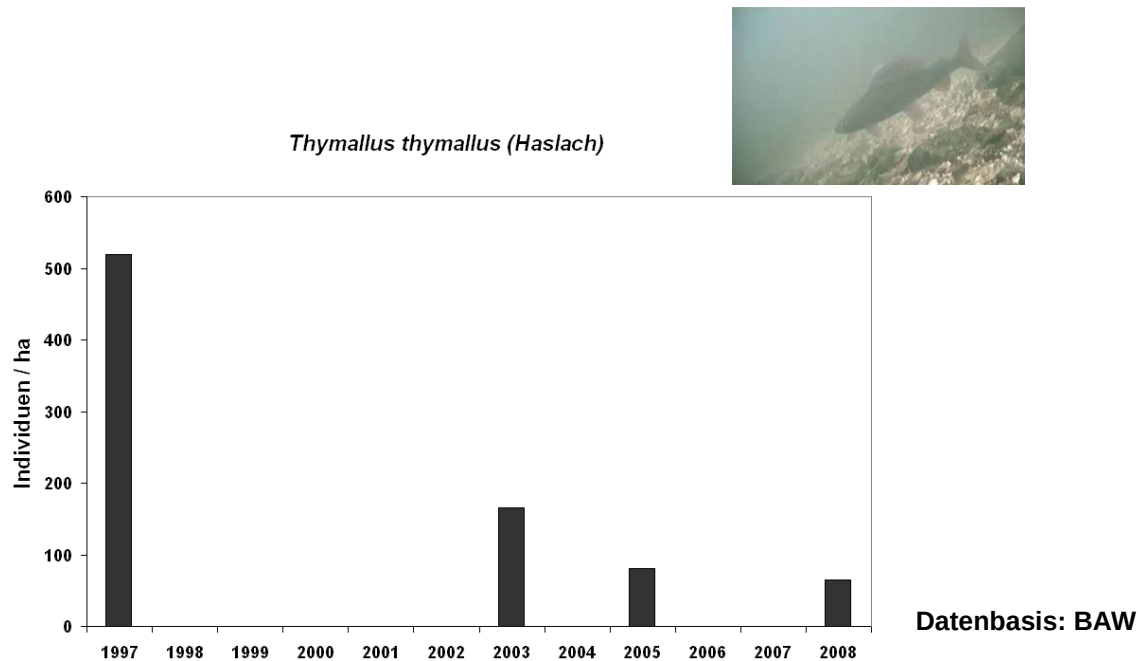
Secteur 2 : Bruckhäuser



Hauteur d'eau = facteur limitant !

Exemple de la Große Mühl / AT

Changement climatique / hydromorphologie



„Carrying Capacity“ ➡

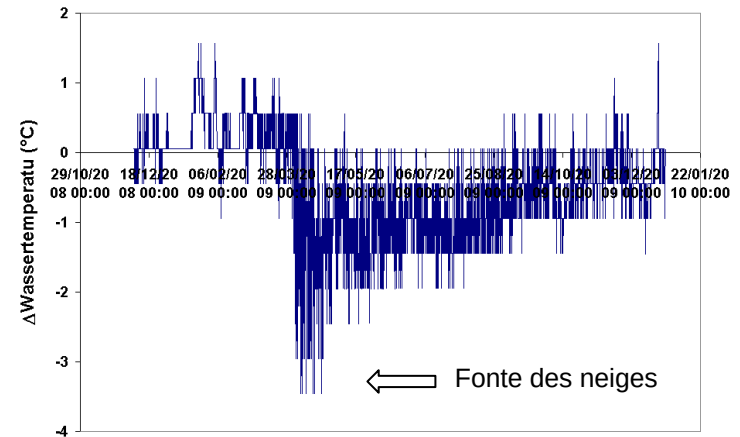
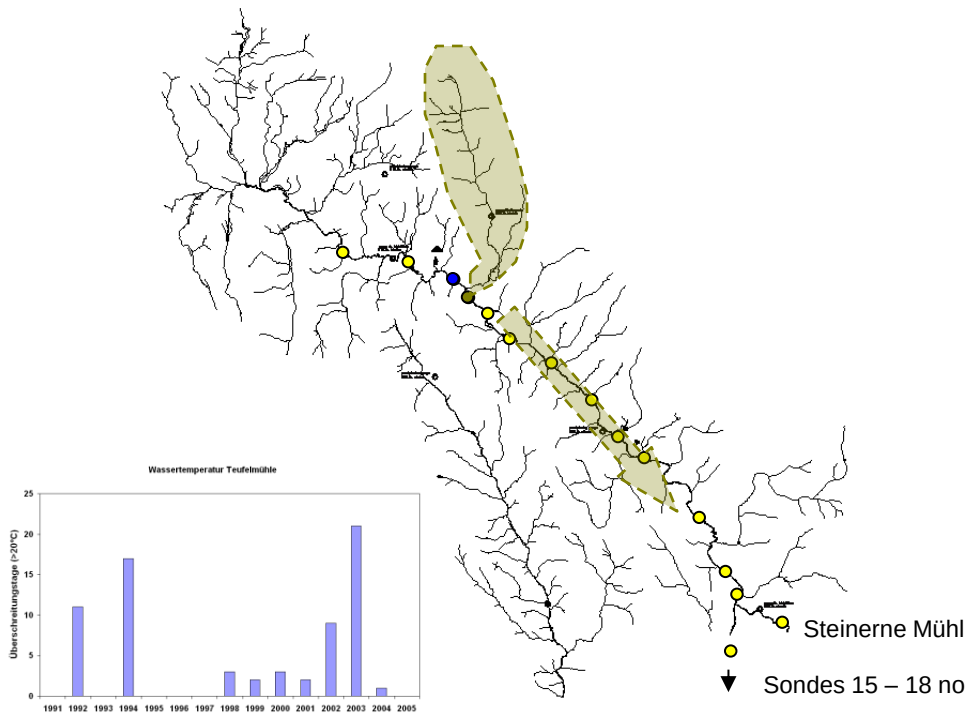
Rincón & Lobón-Cerviá (2002) : exemple d'une population de truite de rivière qui s'épuise d'elle-même suite à une limitation des habitats de type **Pool**

Exemple de la Große Mühl / AT

„Living Treasures“

- **Suivi de la température de l'eau (2008 – 2010)**

- 18 temperature sensors (range: 2 h)

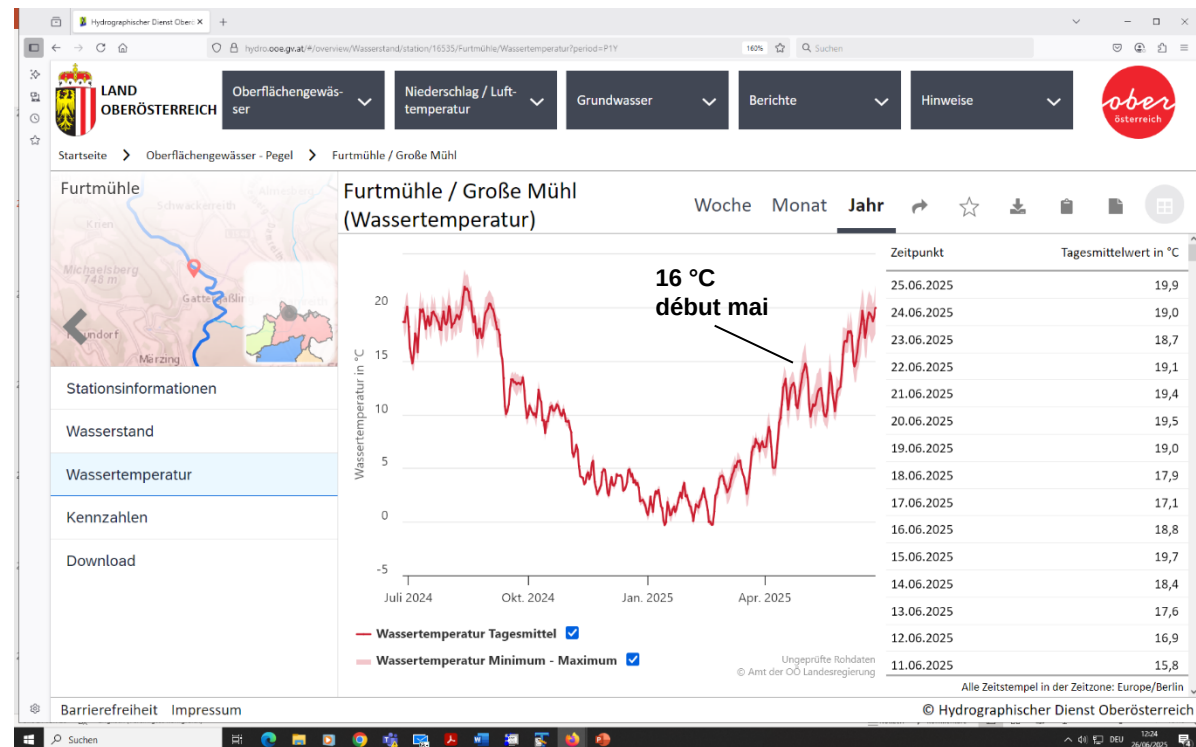
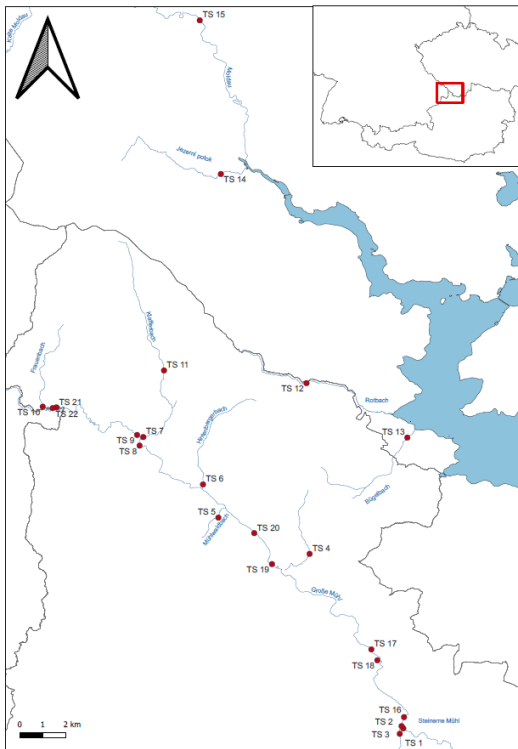


- **Refroidissement d'un secteur important par le Klafferbach**

Exemple de la Große Mühl / AT

„Living Treasures“

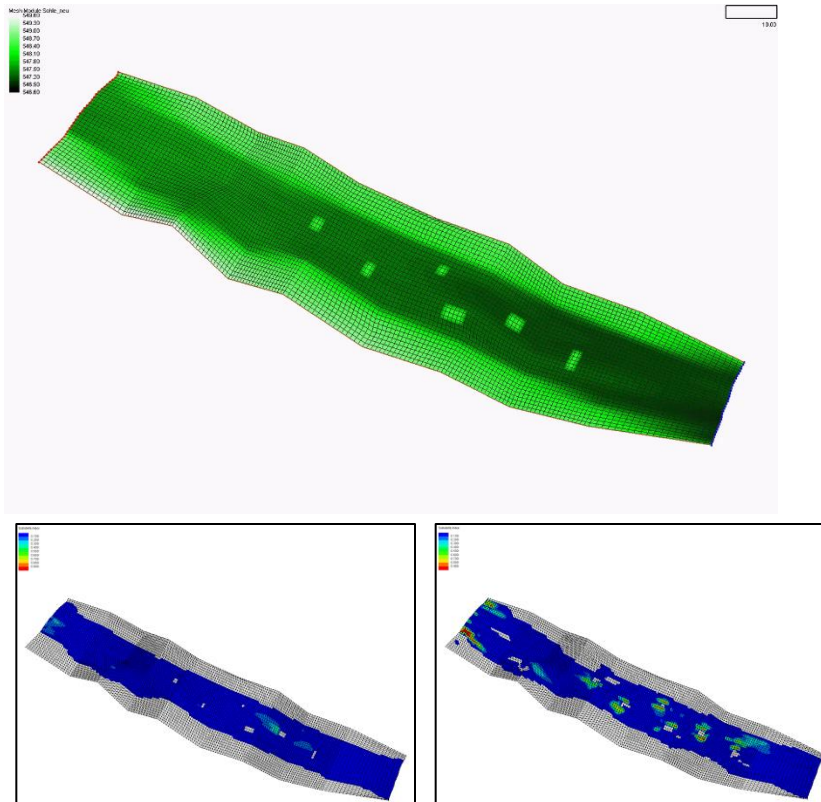
- Suivi de la température de l'eau (2025 – 2028)



Exemple de la Große Mühl / AT

„Living Treasures“

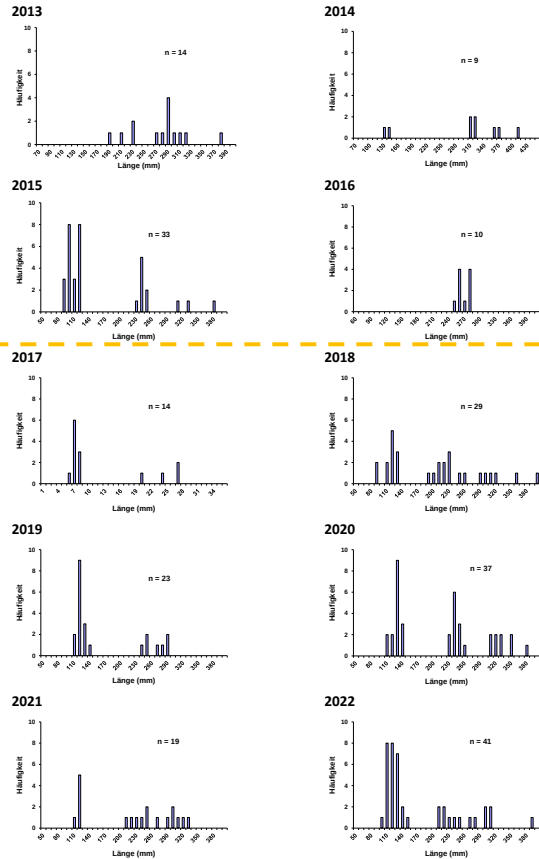
- Élaboration des mesures



Exemple de la Große Mühl / AT

„Living Treasures“

• Analyses de situation



Reproduction
continue
depuis 2017
(ombres 0+)



(a)



(b)



(c)

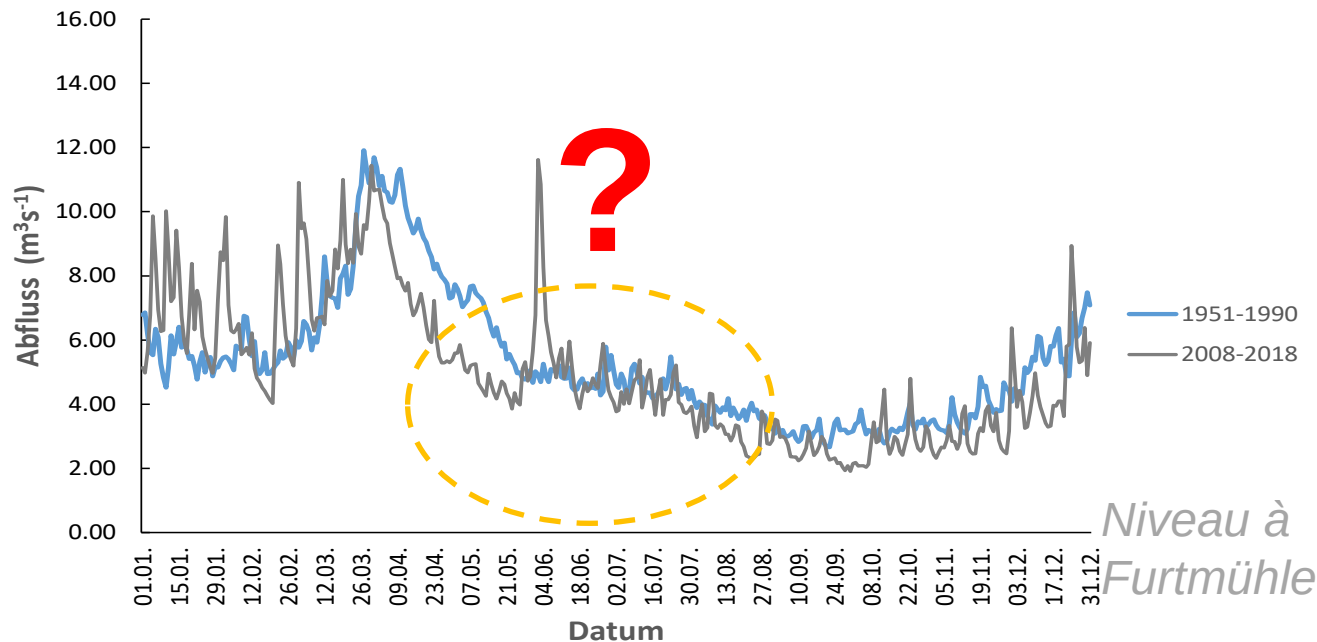


(d)

Exemple de la Große Mühl / AT

„Living Treasures“

- Analyses hydrologiques & prévisions (!)



Exemple de la Große Mühl / AT

„Living Treasures“

• Sciences participatives



wir haben im April 2025 ein neues Interreg-Projekt gestartet (ATCZ00180), wo wir Eure Hilfe brauchen! Alle Untersuchungen weisen darauf hin, dass es die Äsche in Zukunft angesichts des Klimawandels immer schwerer haben wird, in der Großen Mühl eigenständig eine Population zu halten. Wir wollen deshalb mit dem Projekt „Living Treasures“ jene Bereiche herausarbeiten, wo auch in 10 Jahren, 20 Jahren und 30 Jahren ein Überleben der Äsche möglich sein wird.

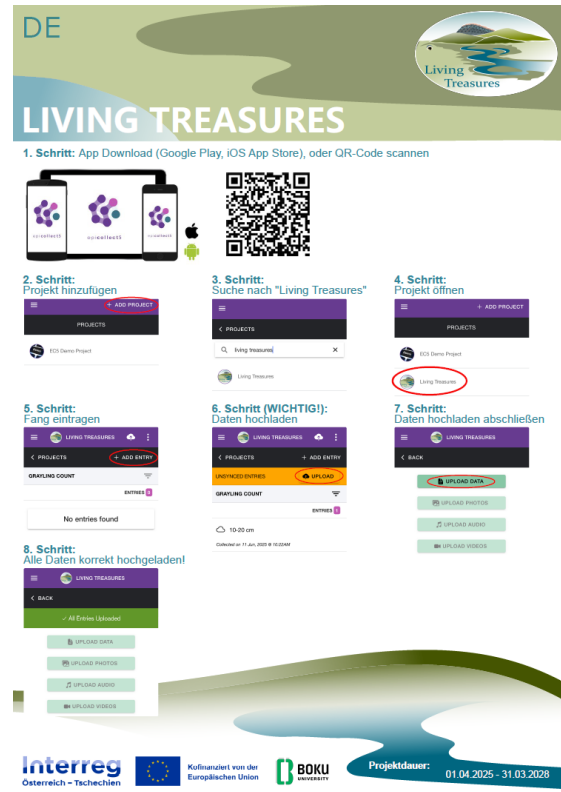
Jetzt kommt Ihr in's Spiel: Wir wollen entlang des Flusses die Habitatnutzung der Äsche in Abhängigkeit von Abfluss und Temperatur im jahreszeitlichen Verlauf dokumentieren. Um Messungen des Abflusses und der Temperatur kümmert sich das Team der Universität für Bodenkultur. Von Euch wollen wir wissen, wo hält sich die Äsche auf bzw. wo wird sie von Euch gefangen?

Wir haben deshalb eine App für Euer Handy vorbereitet, wo ihr den GPS-Punkt eines jeden Fanges rasch und ohne viel Aufwand hochladen könnt. Um die Äschen möglichst schonend zu behandeln, sind nur Angaben zu Längenklassen gefragt. Der Fisch muss somit nicht aus dem Wasser genommen werden und kann im Wasser abgehakt werden.

Ich wünsche allen ein kräftiges Petri-Heil, und Danke für Eure Unterstützung!



Dr. Christoph Hauer (Projektleiter BOKU)



Travail avec des « éléments non fluviaux » (ex. Norvège)

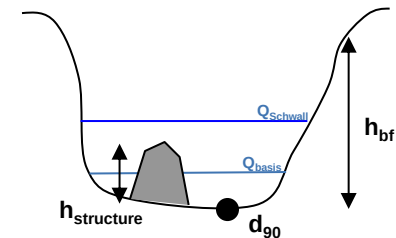
Lit plat



Résultat

- Davantage de reproducteurs
- Davantage de juvéniles

Bases



Rapport

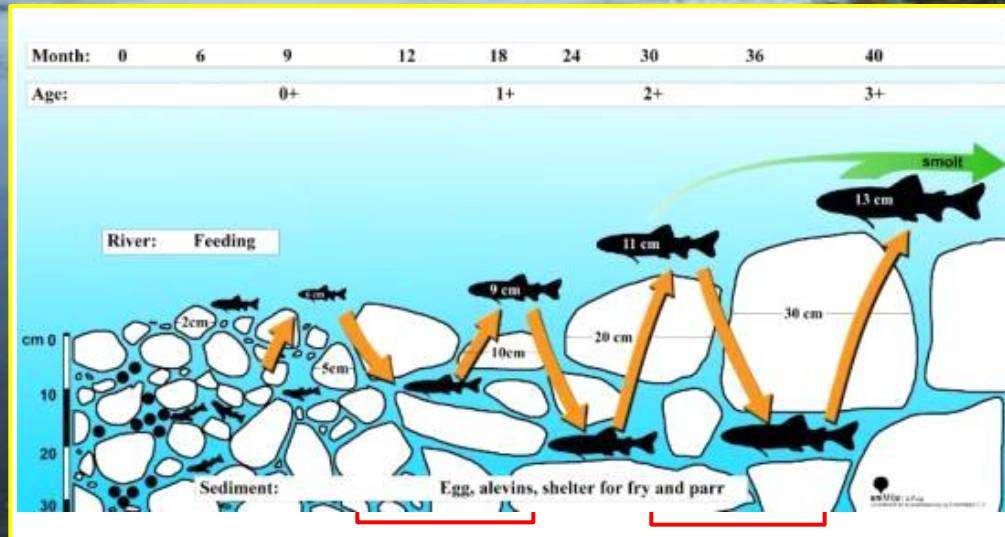
$$d_{90} / h_{\text{structure}} / h_{\text{bf}}$$

- Générateurs d'habitats hydr.
- Générateurs de structure

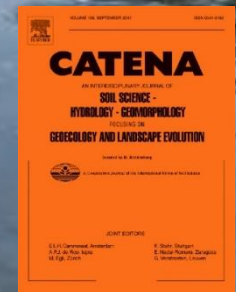


Habitats relais

PALEO – CHANNEL EVOLUTION



(a)



Hauer & Pulg (2018) CATENA, 171: 83-98.

PALEO – CHANNEL EVOLUTION



„Morphological Floodplain“

„Active Floodplain“

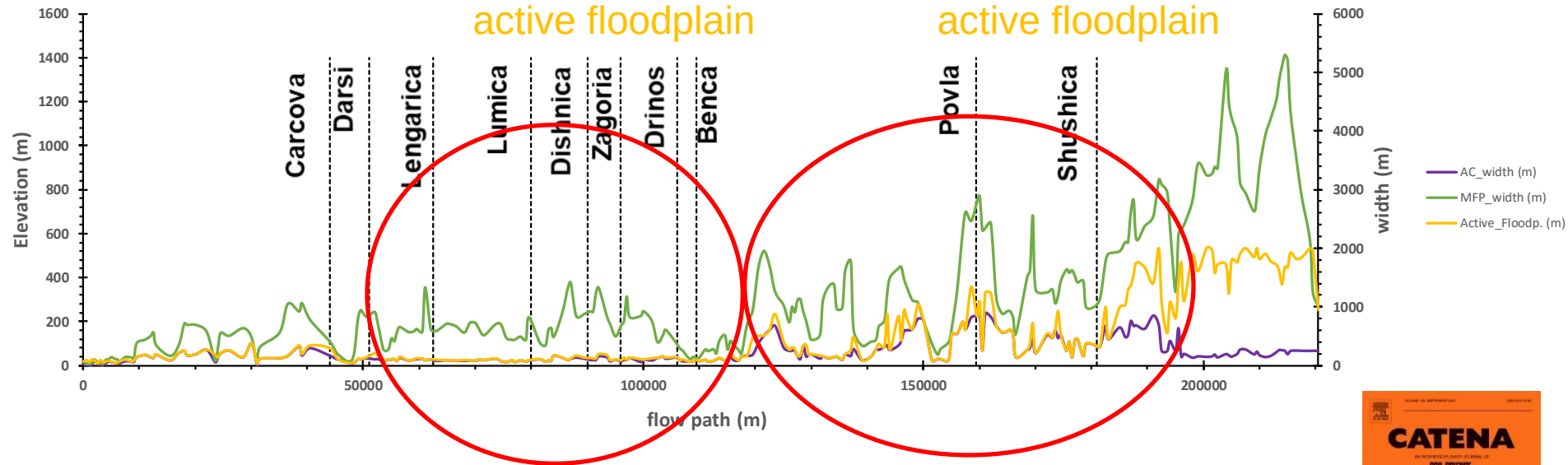
„Active Channel“

PALEO – CHANNEL EVOLUTION



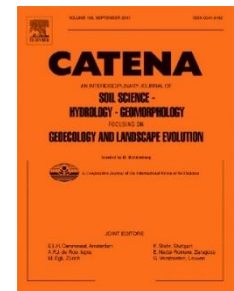
Low width / dynamic in active floodplain

High width / dynamic in active floodplain



„Different habitat characteristics due to variability in sediment supply during the last ice-age“

Hauer *et al.* (2021)
CATENA, **207**, 105598.



PALEO – CHANNEL EVOLUTION

➞ Evidences also found in „poetry literature“

„Die Moldau, die sonst langsam geht, sodass sie bei Oberplan, bei Untermoldau, bei Friedberg oft wie eine träge schillernde Schlange im Westen liegt....“ (aus an den Quellen der Moldau)

„Vltava, která jinak jde pomalu, takže poblíž Oberplanu, Untermoldau a Friedbergu často leží jako pomalá, třpytivá facka na západě ...“ (z pramenů Vltavy)



Adalbert Stifter (1805 – 1868)



Josephische Landesaufnahme (1764–1767)

PALEO – CHANNEL EVOLUTION



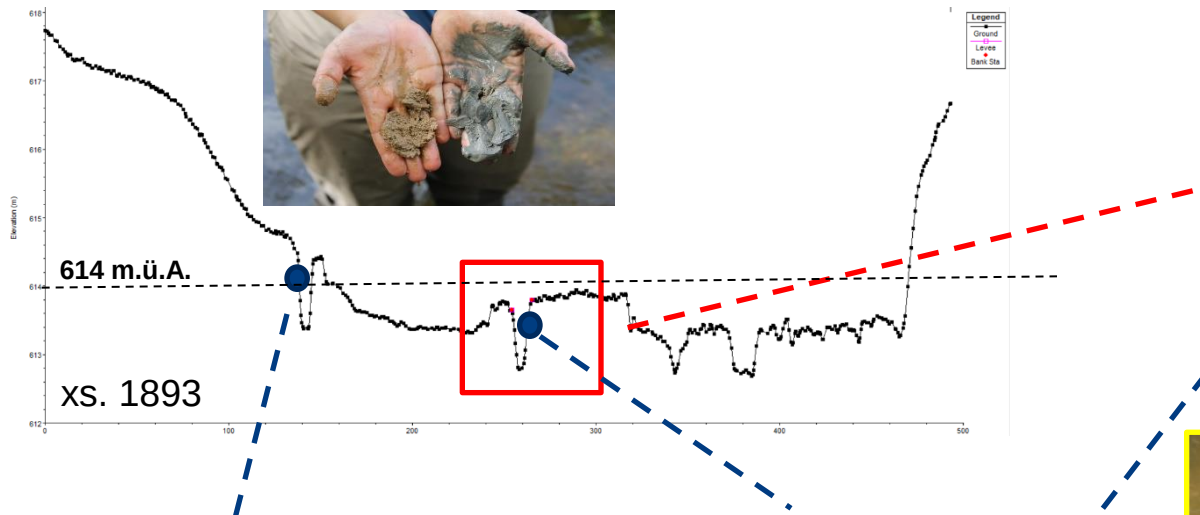
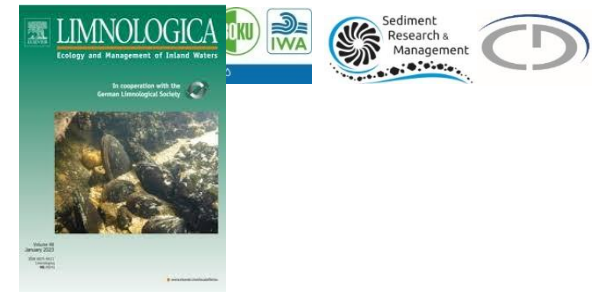
Last remaining
Freshwater Pearl
Mussel Population



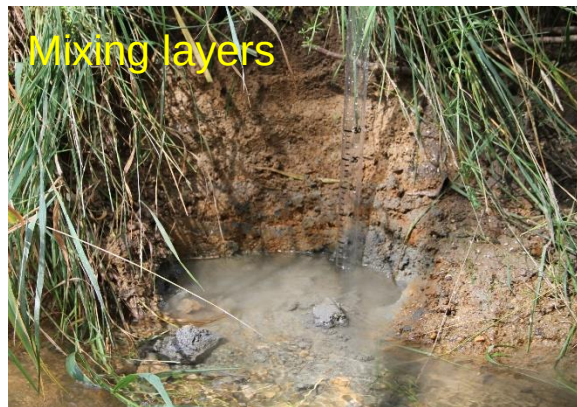
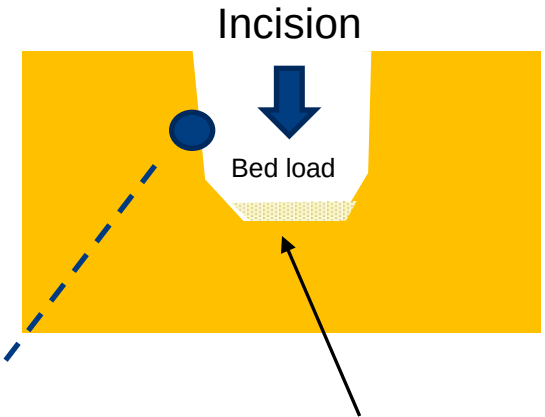
PALEO – CHANNEL EVOLUTION

- „Wulowitz Lakes Theory“

Hauer et al. (2023)
Limnologia, **98**, 126007.

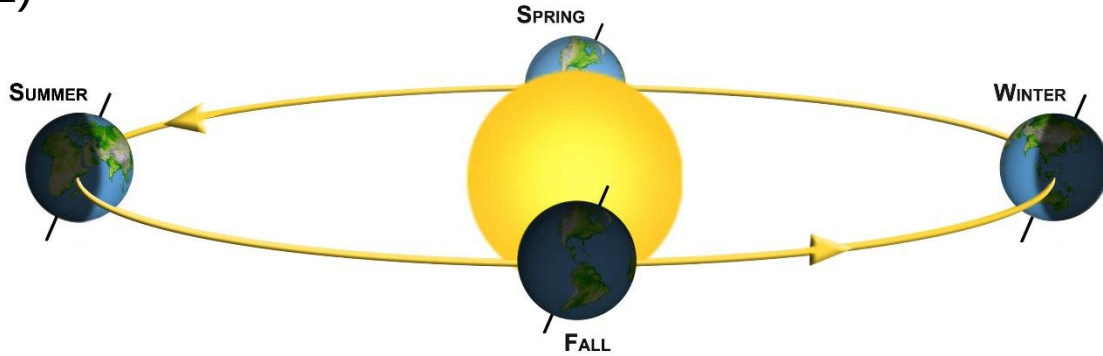


Fluvio-lacustrine sediments deposits



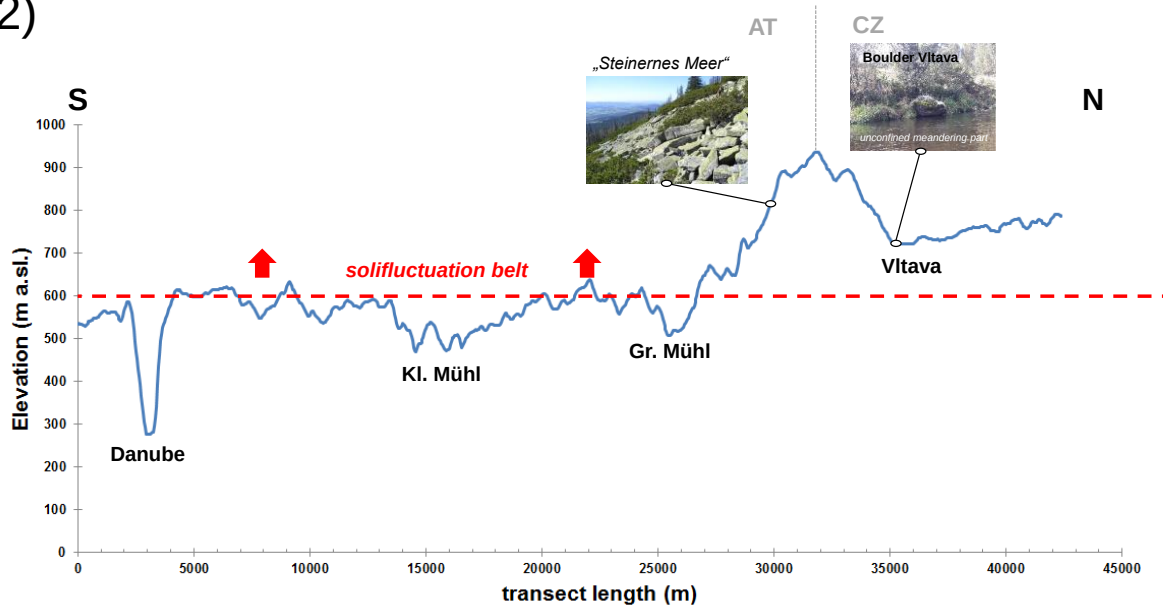
Approches holistiques

(1)



©www.lpi.usra.edu

(2)



Alexander von Humboldt
(1769 – 1859)

(3) Periglacial
Processes
„Solifluction“

(4) „Lake Formation“

(5) „Survival“



CD-Labor „Sediment Research & Management“ (2017-2024)

Module 1 (groupement de recherche environnementale)

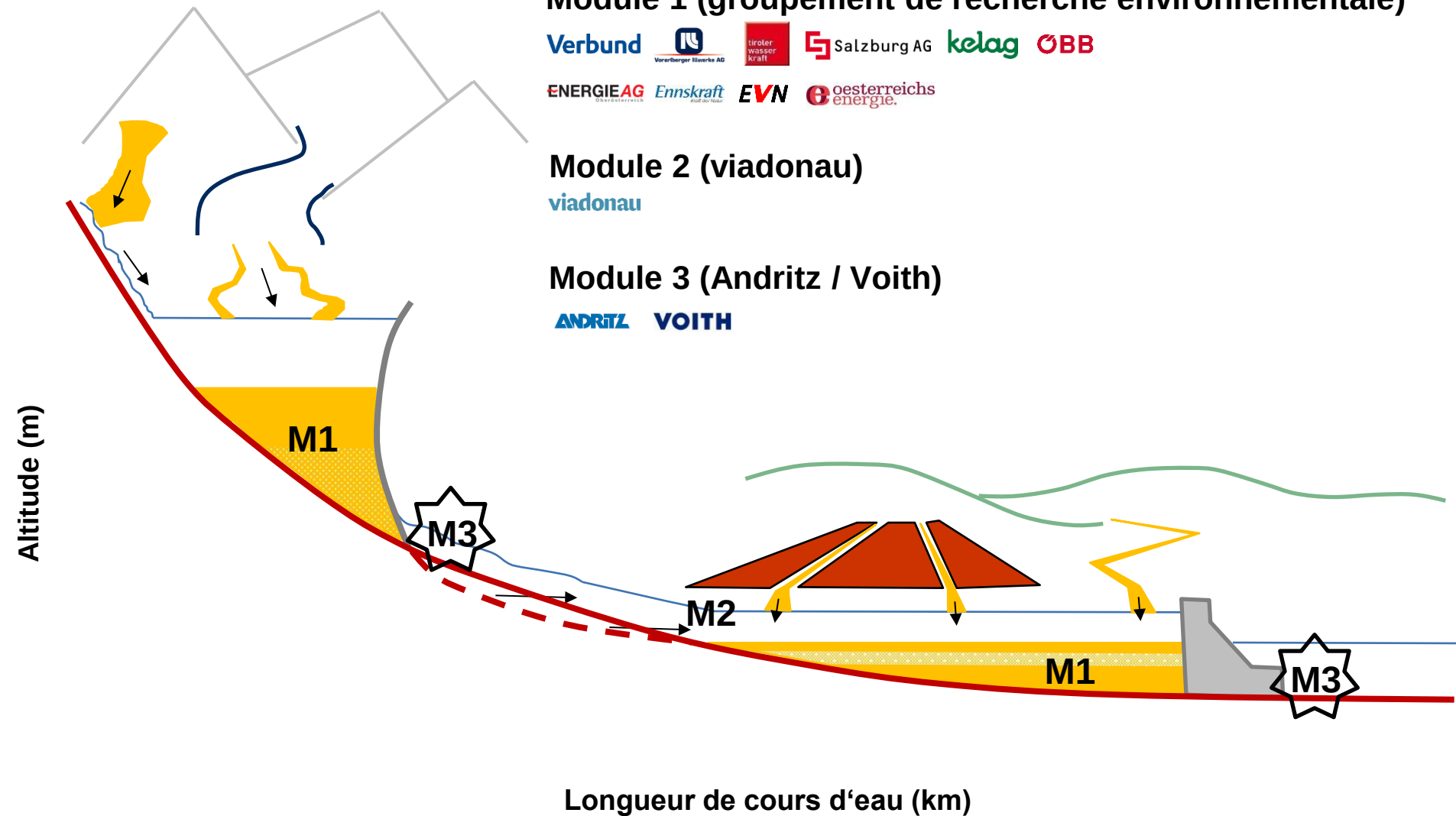
Verbund Vorarlberger Werke AG tiroler wasser kraft Salzburg AG kelag OBB
ENERGIE AG Ennskraft EVN oesterreichs energie

Module 2 (viadonau)

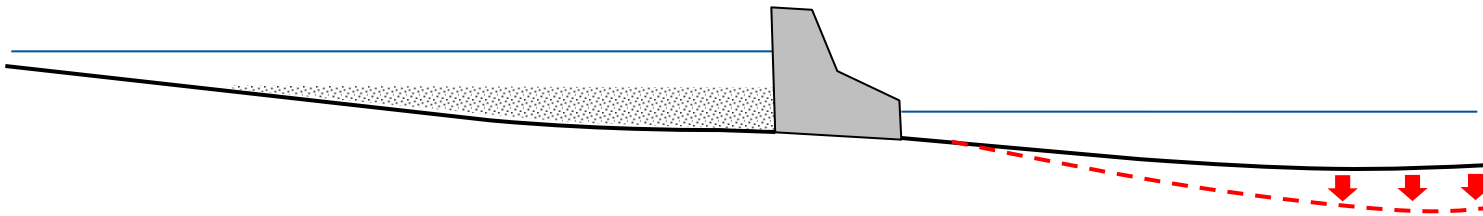
viadonau

Module 3 (Andritz / Voith)

ANDRITZ VOITH



- ➔ Affirmation :
« Les aménagements hydro-électriques retiennent les sédiments... »



Étude de cas du CD-Labor : Salzach

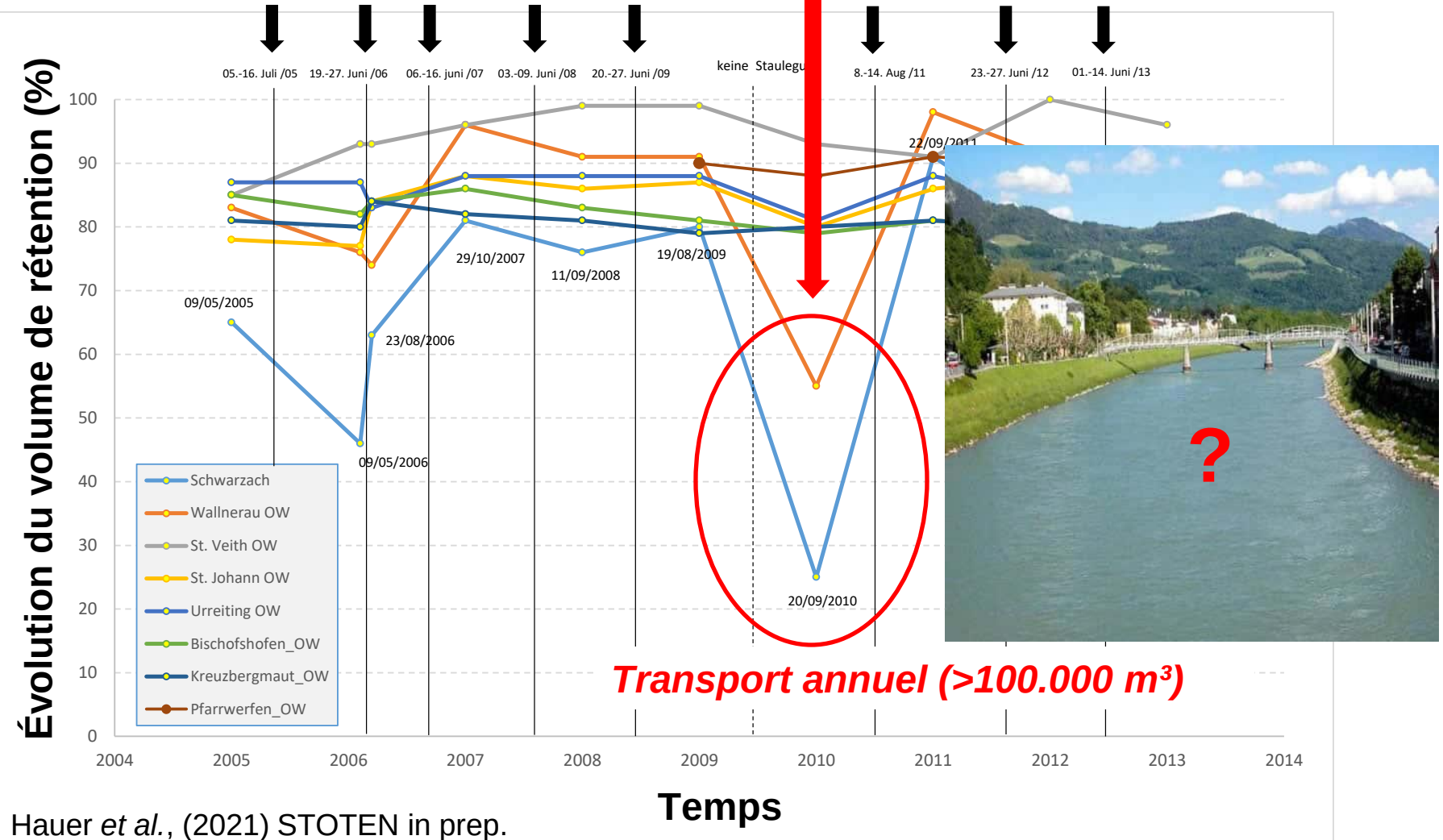
- ➔ **Série de centrales** : 8 centrales au fil de l'eau
- ➔ **Rétention transitoire** : impact écologique en aval



CDL : étude de cas de la Salzach

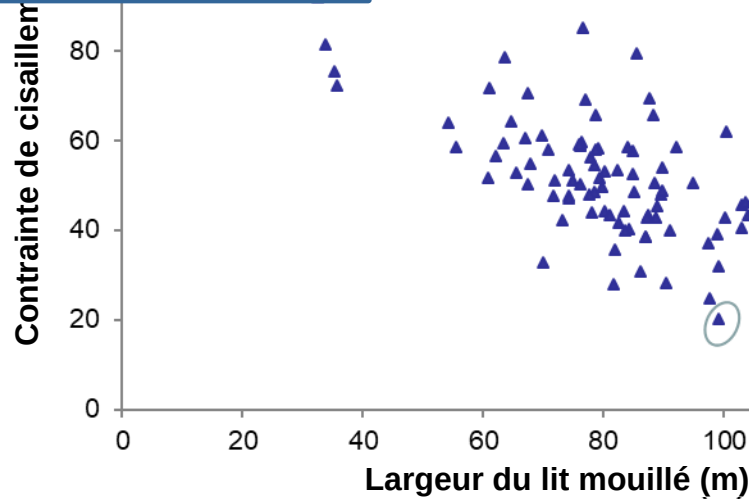
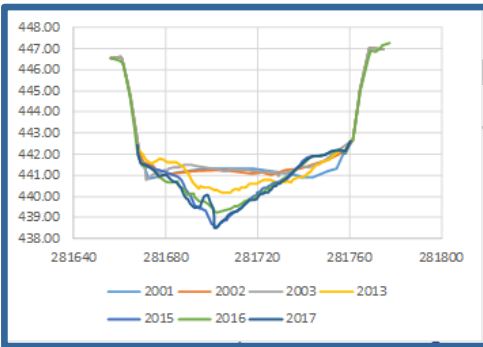
➡ Salzach : forte efficacité des lâchers!

Pas de lâcher

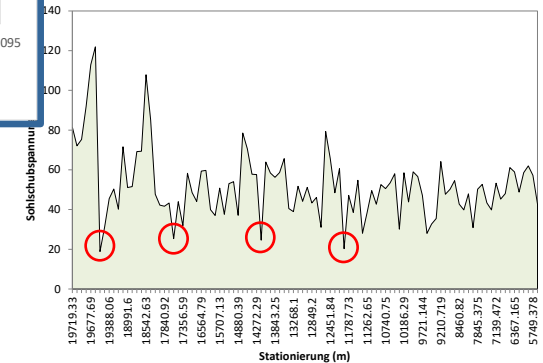
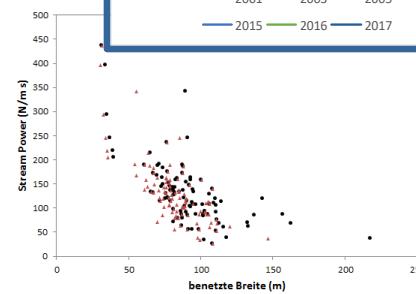
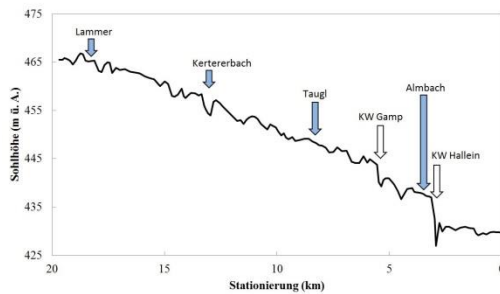
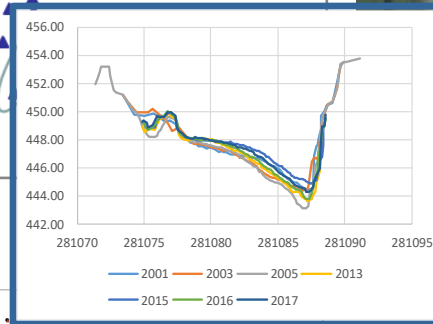


CDL : étude de cas de la Salzach

modélisation numérique hydrodynamique



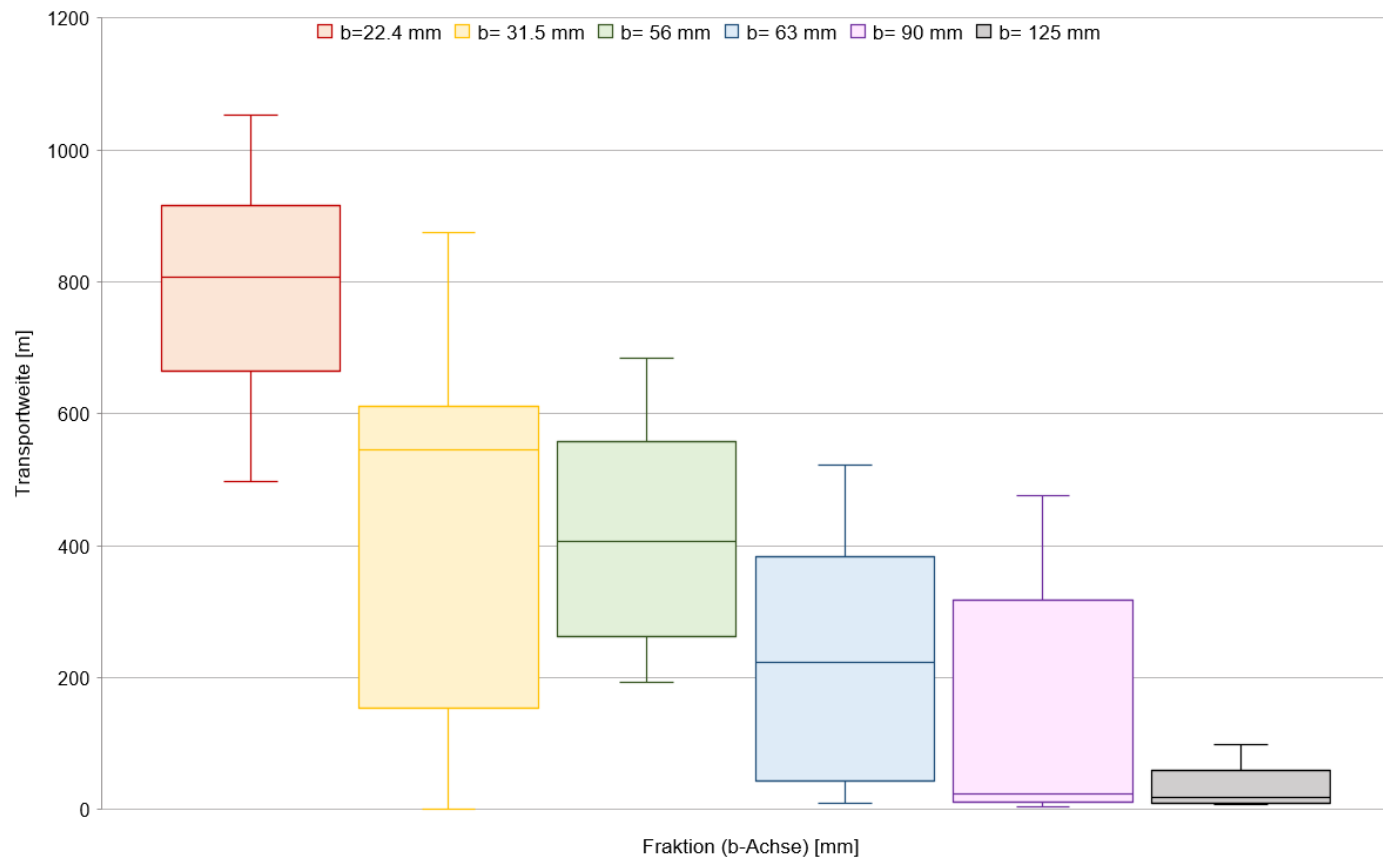
$n = 103$



Distance de transport

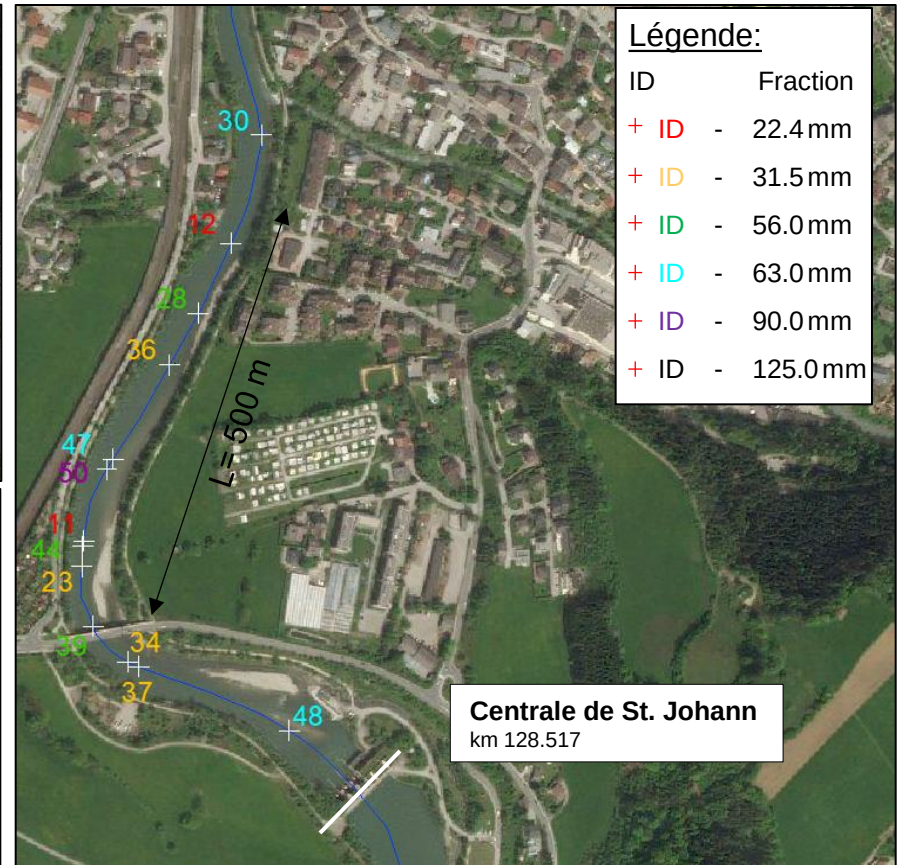
Détermination au deuxième examen

- Débit : $Q = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ (source : Oberliegerpegel Wallnerau)
- Affinage du profil granulométrique vers l'aval bien visible à l'aune de la distance de transport
- Dispersion maximale pour les petites fractions ($b = 22,4 \text{ mm}$, $b = 31,5 \text{ mm}$)

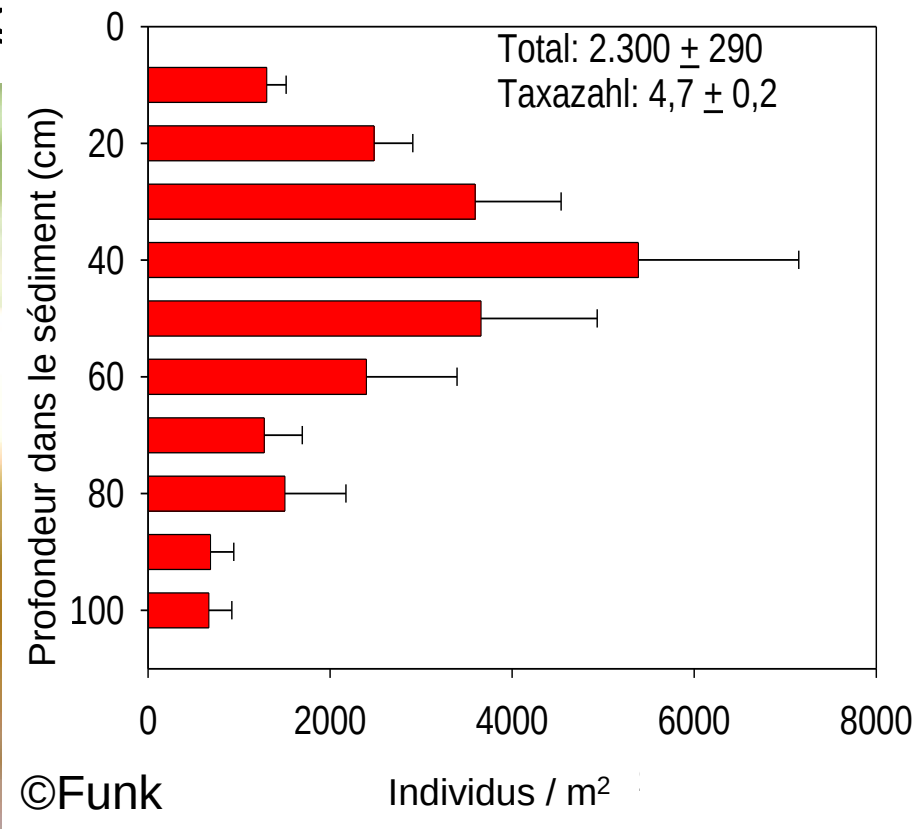
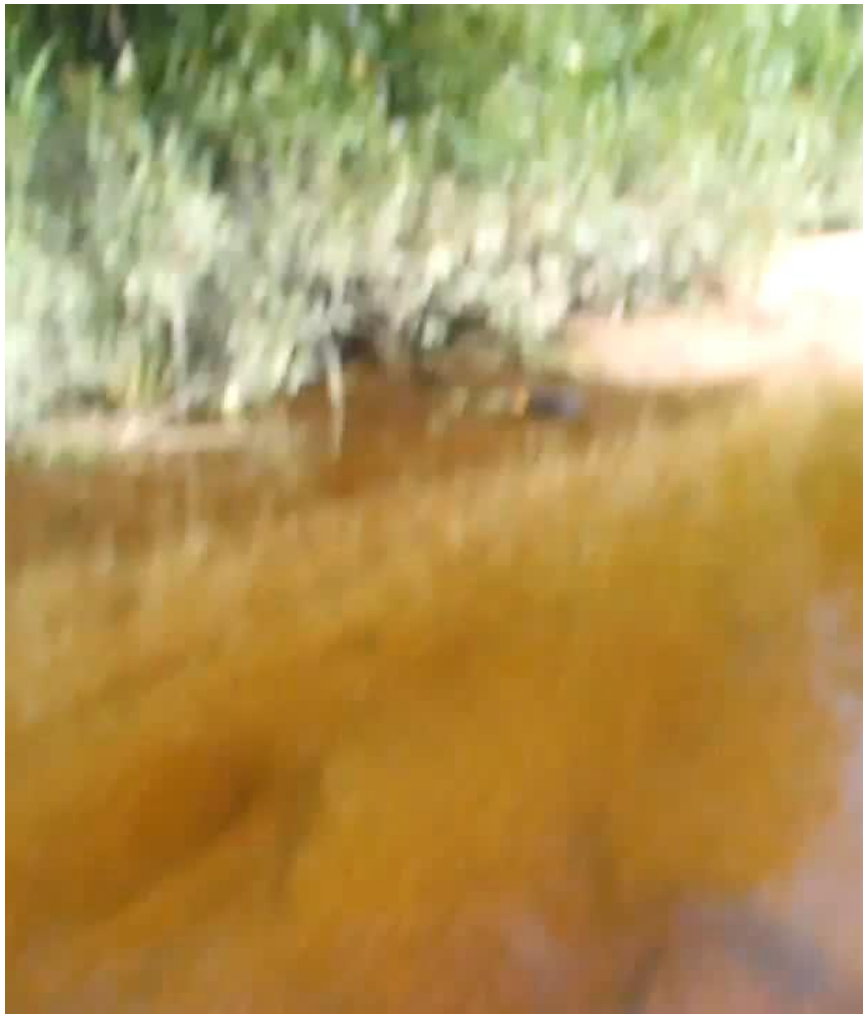


Implications pour l'écologie du cours d'eau

- Pas uniquement une question de possibilité de transit de la charge sédimentaire !
- Processus en partie inhérent à la structure du cours d'eau (quelle part et sur quelle distance ?) !
- À valider avec d'autres mesures de terrain



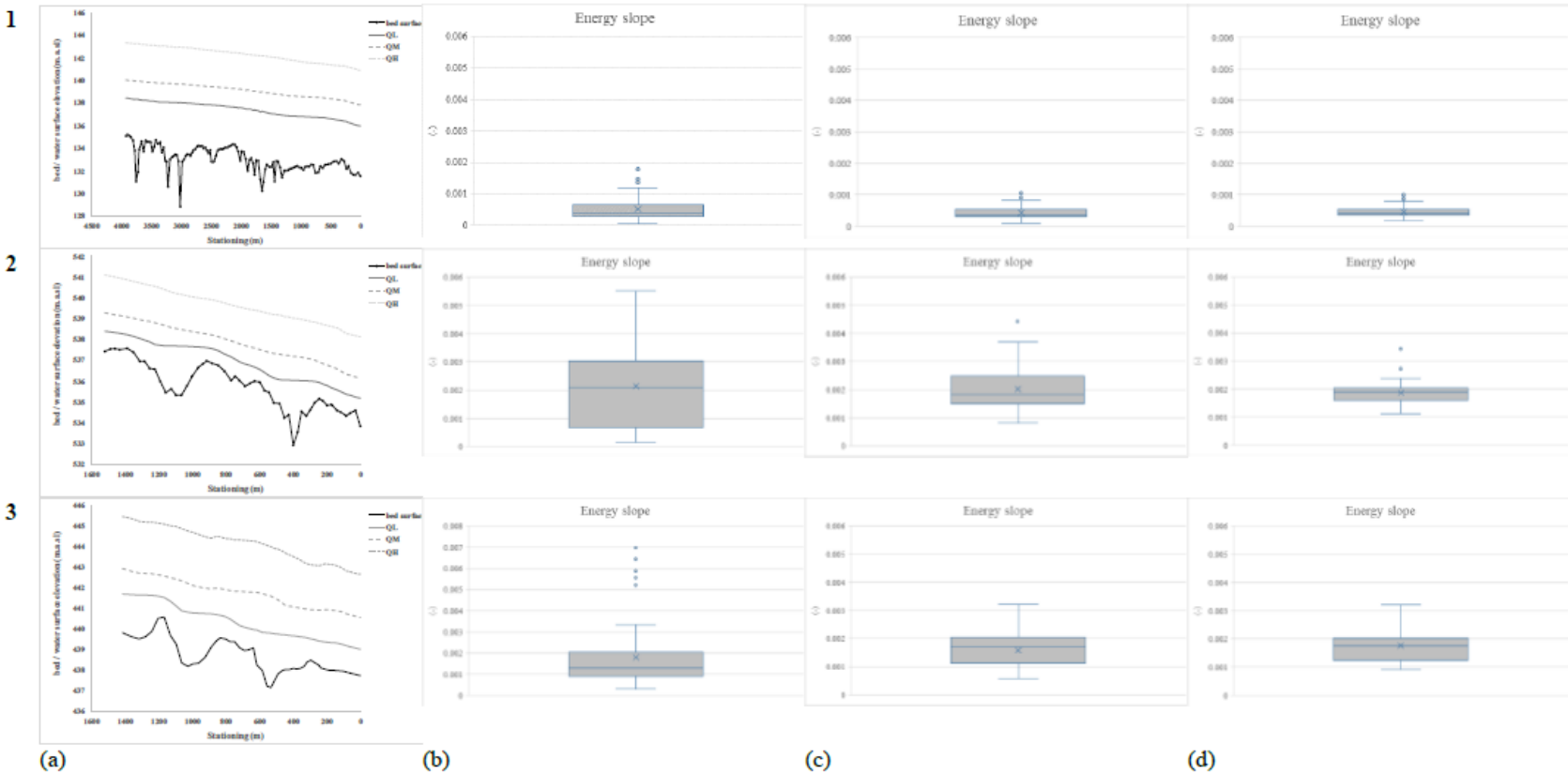
- Une dynamique trop forte, écolog



Vltava / CZ

CDL : étude de cas du Danube

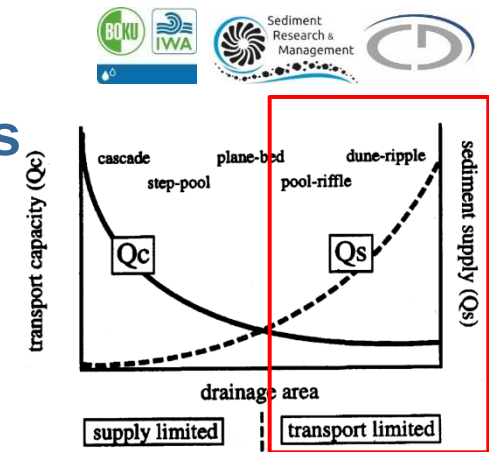
- Analyse numérique comparative (I_E)



Hauer *et al.*, (2023) ESPL revised paper

Ex. évaluation du risque de manquement des objectifs du fait de la modification des processus

- Conditions limitant la capacité de transport



Montgomery & Buffington (1997)

HQ₁ —

vert

⇒ Type *rifle-pool*

MQ —

jaune

NQ —

rouge

⇒ Type *dune-ripple*

point

meso

reach



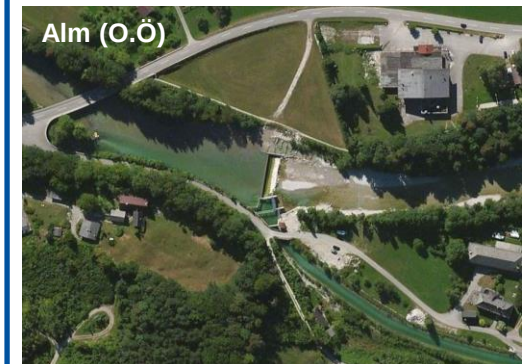
➔ **But : des cours d'eau capables d'accueillir davantage de sédiments**

Société à deux vitesses

« Ensemble »



Petite hydraulique





NATIONALPARK
Bayerischer Wald

DAS KONZEPT NATIONALPARK

Große, natürliche oder naturnahe Lebensräume sind besonders wertvoll, heute aber selten. Nationalparke schützen sie deshalb und bewahren Natur für uns und zukünftige Generationen.

In Nationalparken soll sich die Natur vom Menschen unbeeinflusst entwickeln – *Natur Natur sein lassen.*

Die Natur darf sich nach ihrer eigenen Dynamik entwickeln, natürliche Prozesse werden nicht gestört.

Dieser Prozessschutz schließt wirtschaftliche Nutzung und andere menschliche Eingriffe aus. Scheinbar „katastrophale“ Naturereignisse wie Stürme, Überschwemmungen, Waldbrände, Dürren oder Insektenfraß werden als Teil der Natur gesehen und ihre Folgen akzeptiert.

Ziel ist es, verbliebene Wildnis zu bewahren oder neue Wildnis entstehen zu lassen. Wildnis selbst unterliegt fortlaufender Veränderung, über Jahrhunderte oder auch in kürzester Zeit. – BS

« Nous laissons la nature évoluer selon sa dynamique propre ; nous n'interférons pas dans les processus naturels. »

Pourquoi pas :

L'un des objectifs de la directive-cadre sur l'eau est de **protéger et favoriser les processus naturels** et d'**optimiser les actions et influences anthropiques** afin d'améliorer **l'état écologique des masses d'eau**.

Résumé / perspectives

Il est **INDISPENSABLE** de bien *comprendre les processus* régissant les cours d'eau pour mettre en œuvre des mesures adéquates d'amélioration de leur état ou de *gestion écologique*, comme celles touchant à la *reproduction naturelle*.

Seules les personnes connaissant ces processus sont en mesure d'émettre un *diagnostic de l'état du cours d'eau*, d'identifier les *dysfonctionnements* et de proposer des *mesures correctrices adaptées*.

La simple observation des processus (sédimentaires) (ex. Salzach) *ne suffit souvent pas* pour évaluer les conséquences en termes d'hydromorphologie et donc de *modification de l'habitat (multi-stressed rivers)*.

Dans le contexte du *changement climatique*, notamment, *la compréhension et la protection des processus* sont essentielles à une *gestion halieutique durable* en permettant (i) d'évaluer la *résilience des cours d'eau* et (ii) d'*anticiper les problèmes à venir*.



Merci de votre attention !