

FONCTIONNEMENT PHYSIQUE DES COURS D'EAU, Dysfonctionnement et risques d'inondations

- Eléments d'hydromorphologie -

Francis GAYOU

AFB – Direction Régionale Occitanie

Séminaire FNE Midi-Pyrénées - Toulouse le 22 novembre

2019



AGENCE FRANÇAISE
AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Plan

- Introduction

1- Caractéristiques d'un cours d'eau ...Éléments descriptifs

2- Variabilité spatiale et temporelle...à l'échelle du bassin versant

3- Fonctionnement physique d'un cours d'eau

4- Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

Les aspects écologiques et les liens entre le fonctionnement physique d'un cours d'eau et son fonctionnement biologique seront évoqués mais ne seront pas traités.

Introduction

Le fonctionnement physique d'un cours d'eau relève essentiellement **de l'hydromorphologie**, matière d'inspiration récente (années 50), qui se situe à la croisée de différents domaines :

- **La géographie physique et la géomorphologie**
 - **La géologie**
 - **La sédimentologie (stratigraphie & pétrographie)**
 - **L'hydraulique**
 - **L'hydrologie**

« Etude des processus physiques qui régissent le fonctionnement d'un tronçon de cours d'eau et des formes qui en résultent »

- Introduction

1- Caractéristiques d'un cours d'eau ...Éléments descriptifs

2- Variabilité spatiale et temporelle...à l'échelle du bassin versant

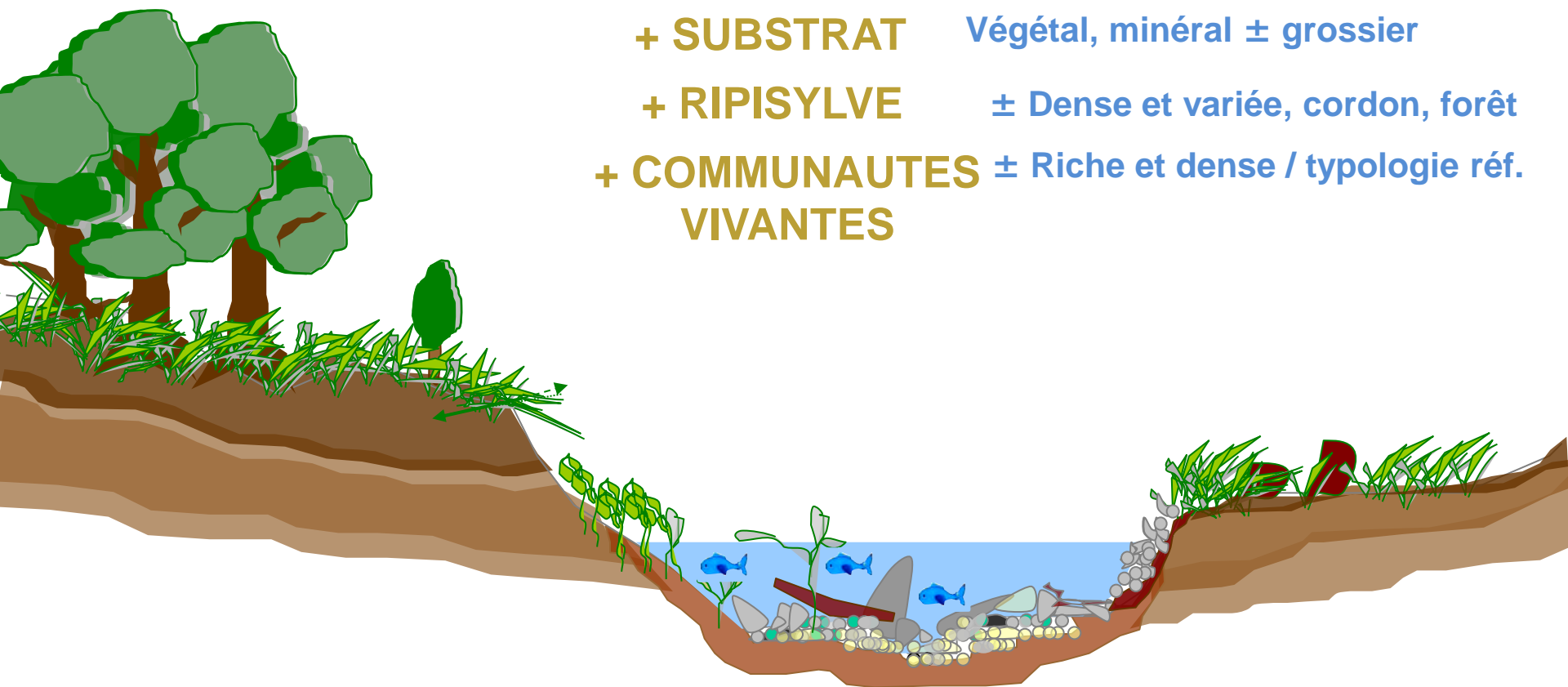
3- Fonctionnement physique d'un cours d'eau

4- Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

Les aspects écologiques et les liens entre le fonctionnement physique d'un cours d'eau et son fonctionnement biologique seront évoqués mais ne seront pas traités.

1 - Caractéristiques d'un cours d'eau ...à l'échelle stationnelle

EAU	Débit, régime, énergie, qualité
+ BERGES	± Marquées, nature cohésive
+ LIT MAJEUR	Etendu, naturel ou urbanisé
+ ANNEXES	Connectées /Déconnectées
+ SUBSTRAT	Végétal, minéral ± grossier
+ RIPISYLVE	± Dense et variée, cordon, forêt
+ COMMUNAUTES VIVANTES	± Riche et dense / typologie réf.



1 - Caractéristiques d'un cours d'eau ...à l'échelle stationnelle

EAU

+ BERGES

+ LIT MAJEUR

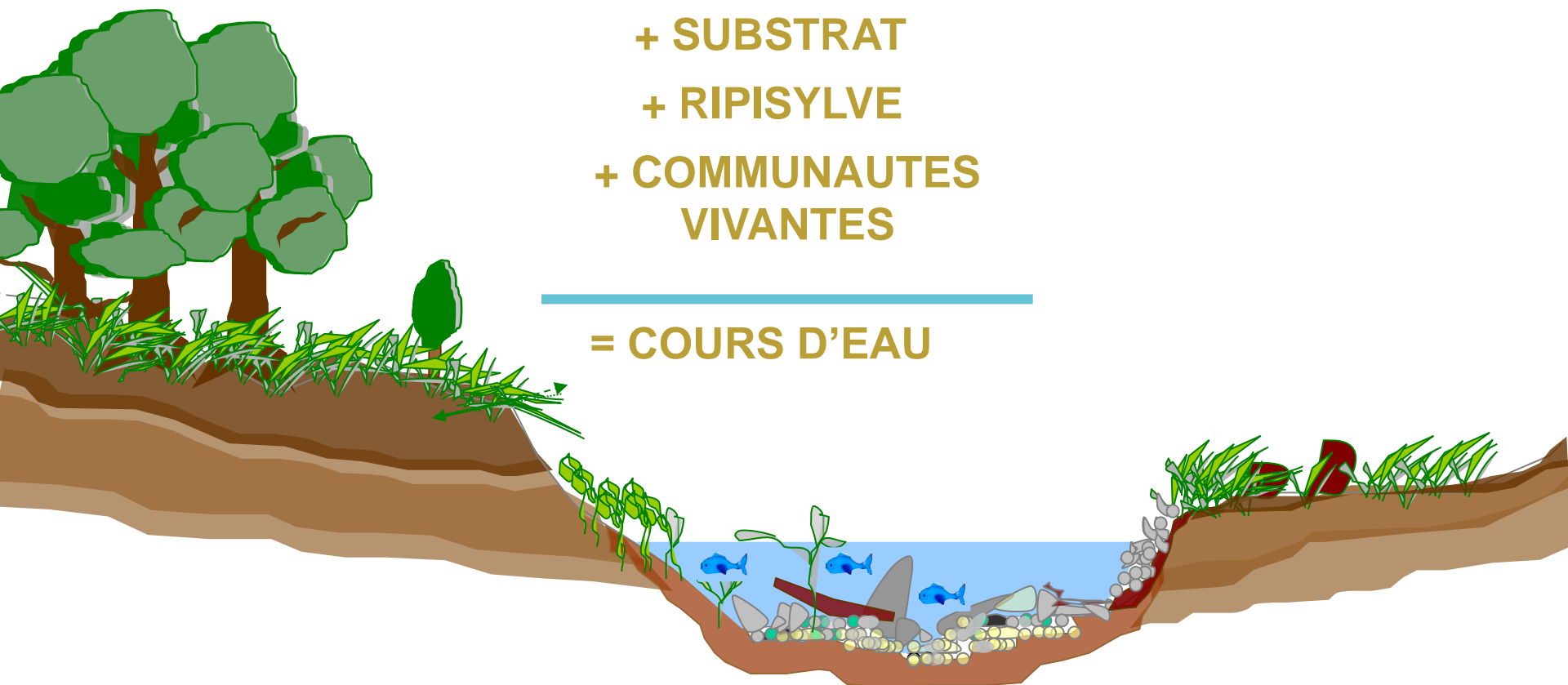
+ ANNEXES

+ SUBSTRAT

+ RIPISYLVE

**+ COMMUNAUTES
VIVANTES**

= COURS D'EAU



1 - Caractéristiques d'un cours d'eau ...à l'échelle stationnelle

EAU
+ BERGES
+ LIT MAJEUR
+ ANNEXES
+ SUBSTRAT
+ RIPISYLVE
+ COMMUNAUTÉS
VIVANTES

Hydromorphologie

= COURS D'EAU



Diversité des formes sont le support de l'habitat et de la biodiversité

A l'échelle du bassin versant on parle d'un « continuum biologique »

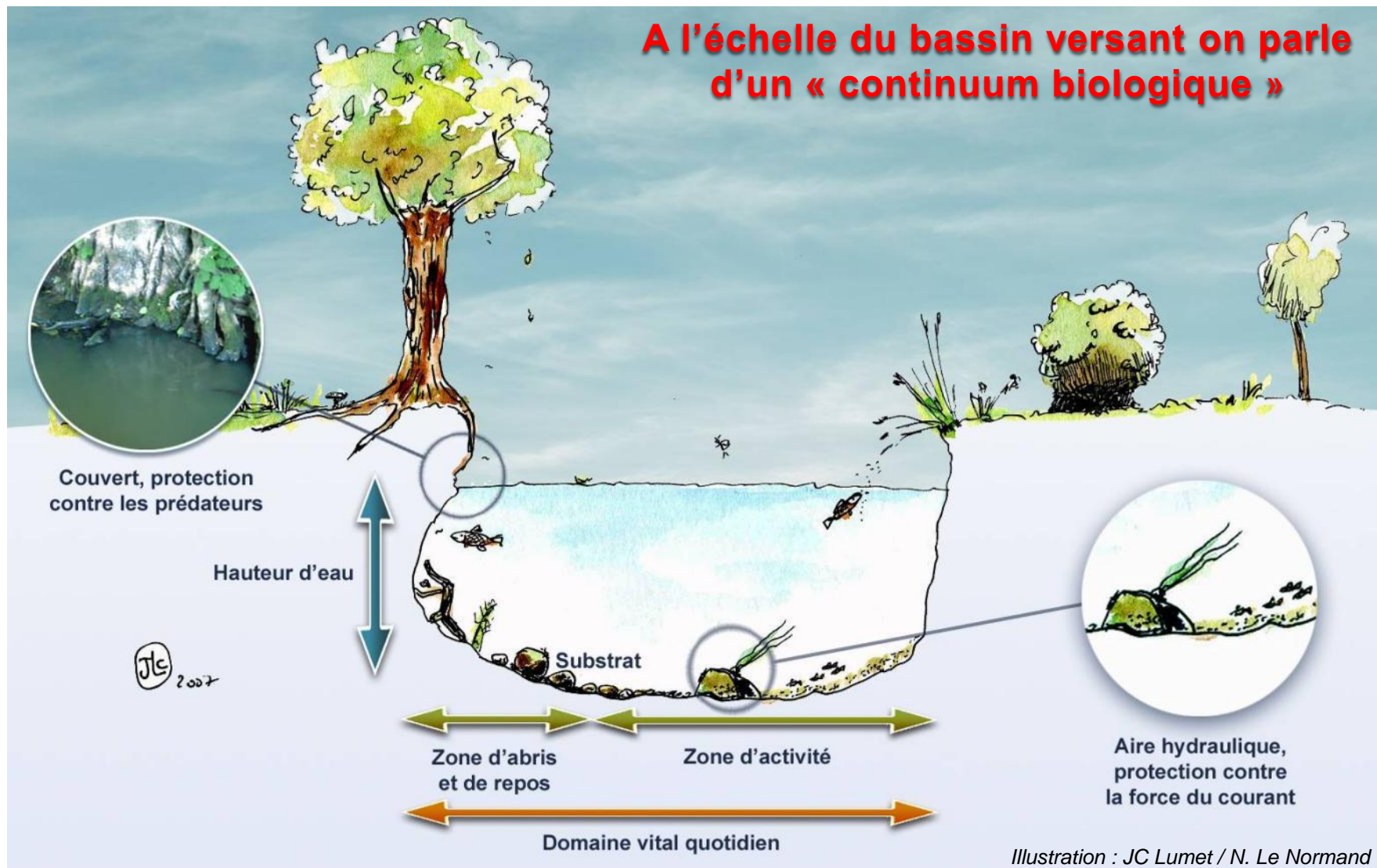
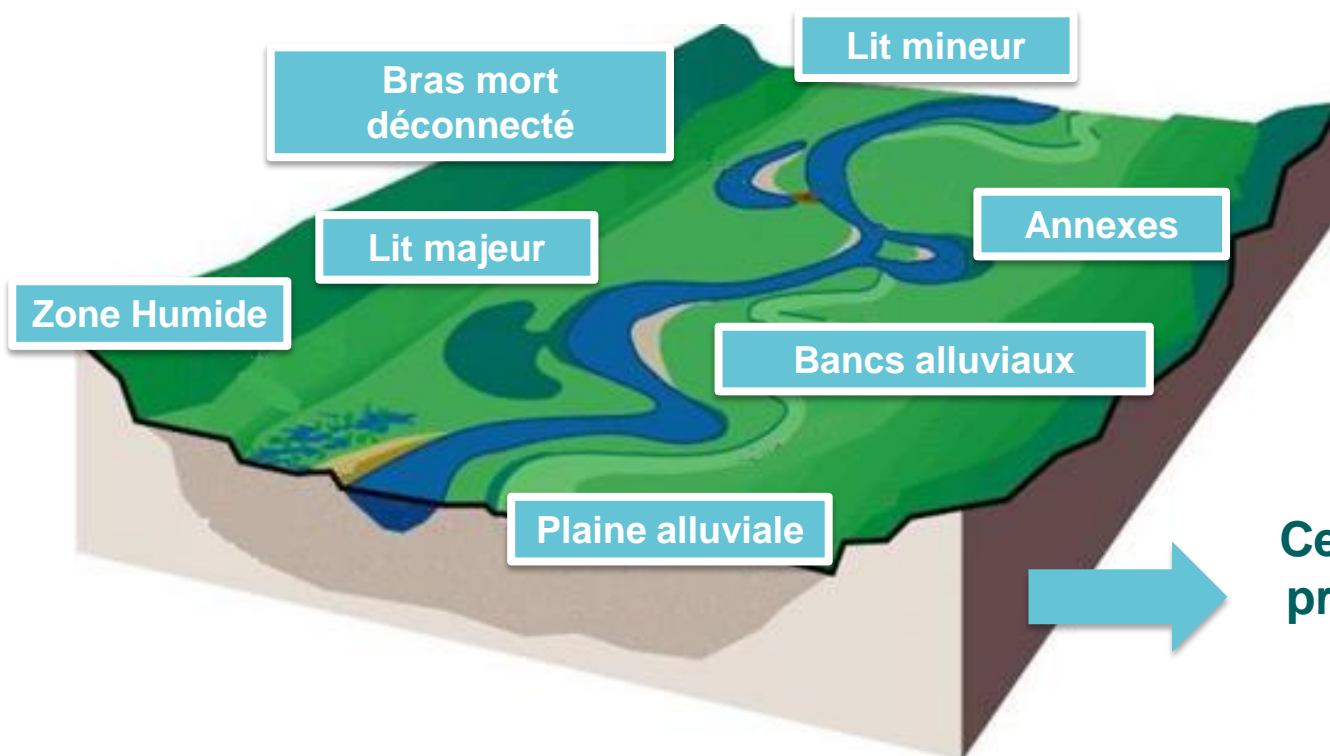


Illustration : JC Lumet / N. Le Normand

- Caractéristiques d'un cours d'eau ...à une échelle plus large



Ces formes résultent de processus dynamiques et temporels

- Introduction

1- Caractéristiques d'un cours d'eau ...Éléments descriptifs

2- Variabilité spatiale et temporelle...à l'échelle du bassin versant

3- Fonctionnement physique d'un cours d'eau

4- Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

2 - Variabilité spatiale et temporelle...à l'échelle du bassin versant

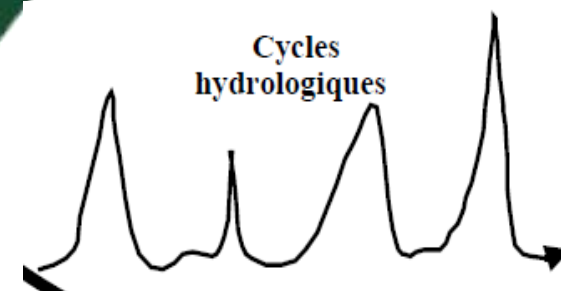
En termes de flux ...on parle d'hydrosystème...

4 dimensions

1. Longitudinale

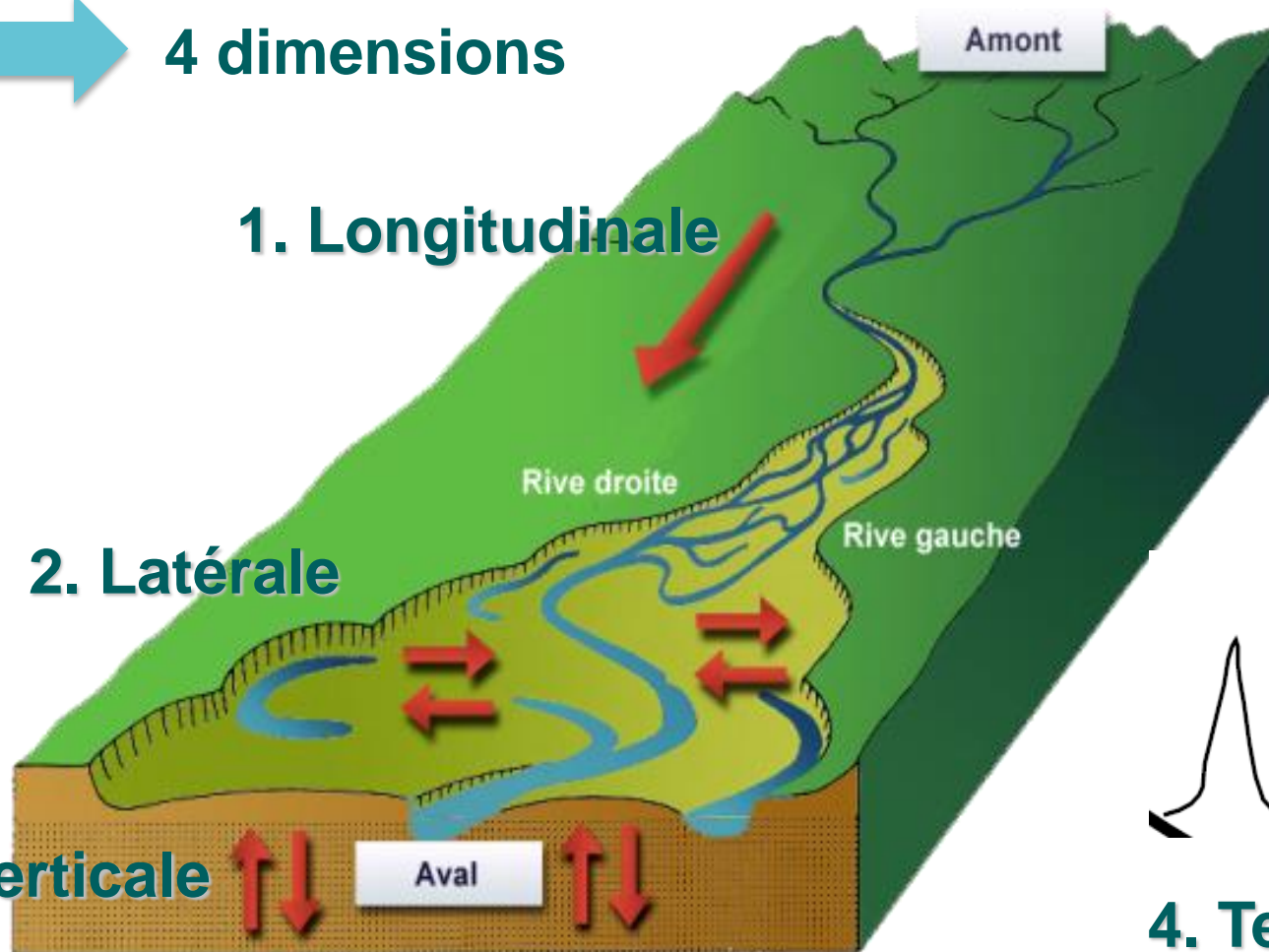
2. Latérale

3. Verticale



4. Temporelle

(Flux liquides et solides)



D'après Amoros et Petts, 1993

Variabilité spatiale et temporelle

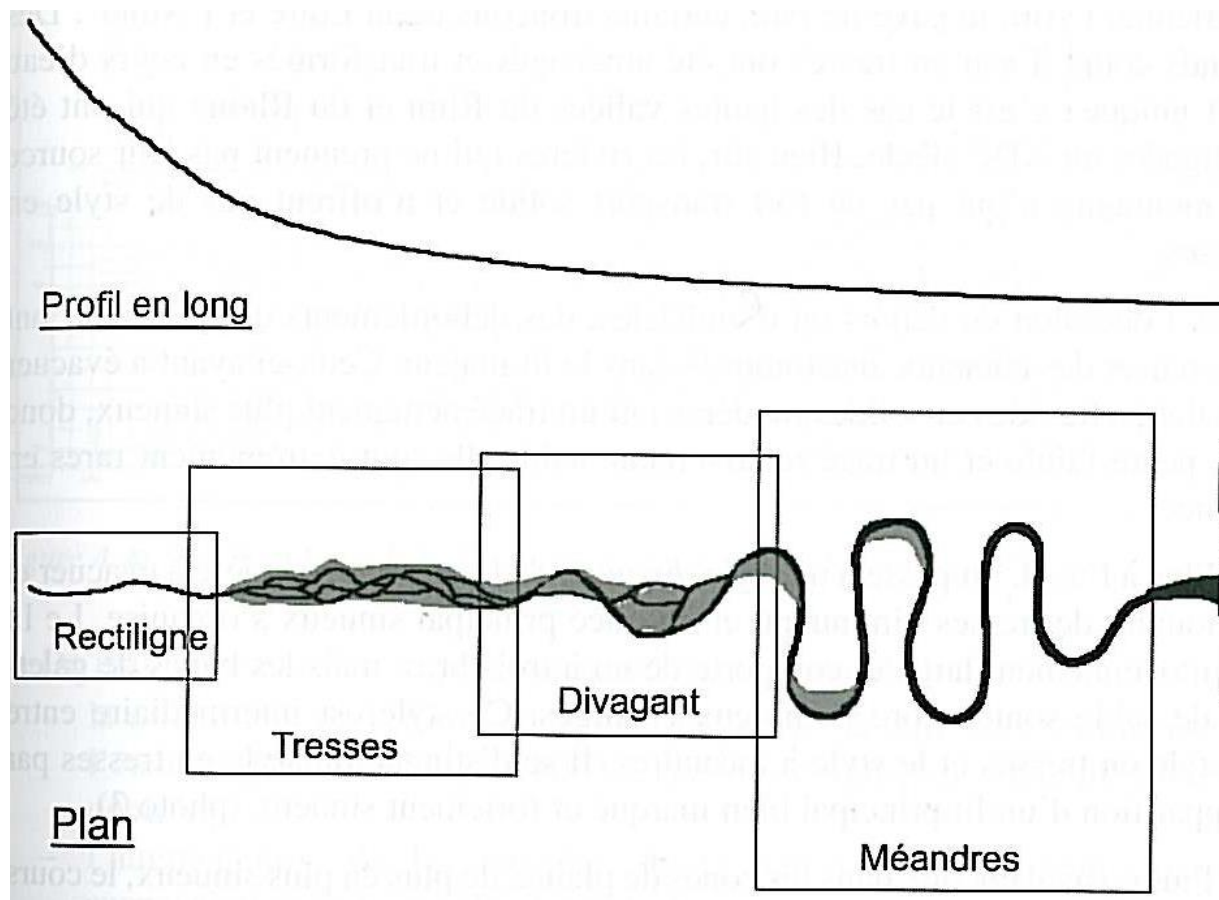
Pour englober tous les processus qui se déroulent au sein de l'hydrosystème, et les formes qui en découlent on parle de :

- Dynamique fluviale
- Formes et plus globalement de paysage ou de style fluvial
- Flux liquides / Hydrologie
- Flux solides /Sédimentologie fluviale

Les échanges liquides/solides fluctuent et se font naturellement en fonction de la pluviométrie, de la géologie et de la configuration du bassin versant.

Variabilité spatiale et dimension longitudinale

Evolution du style fluvial en fonction du profil en long :



Variabilité spatiale et dimension longitudinale

Une diversité spatiale qui évolue **longitudinalement**

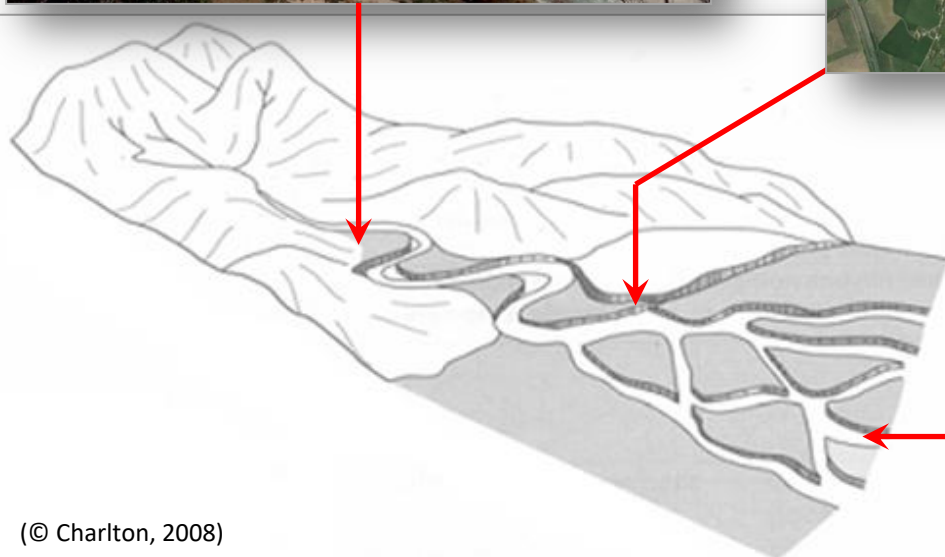
Le Rhône à Varens (Suisse)



Le Rhône à Jons (69)



Le delta du Rhône (13)



Variabilité spatiale et dimension latérale

le rôle important des crues :

- Expansion des crues dans la plaine alluviale
- Présence de zones humides et de bras morts plus ou moins connectés

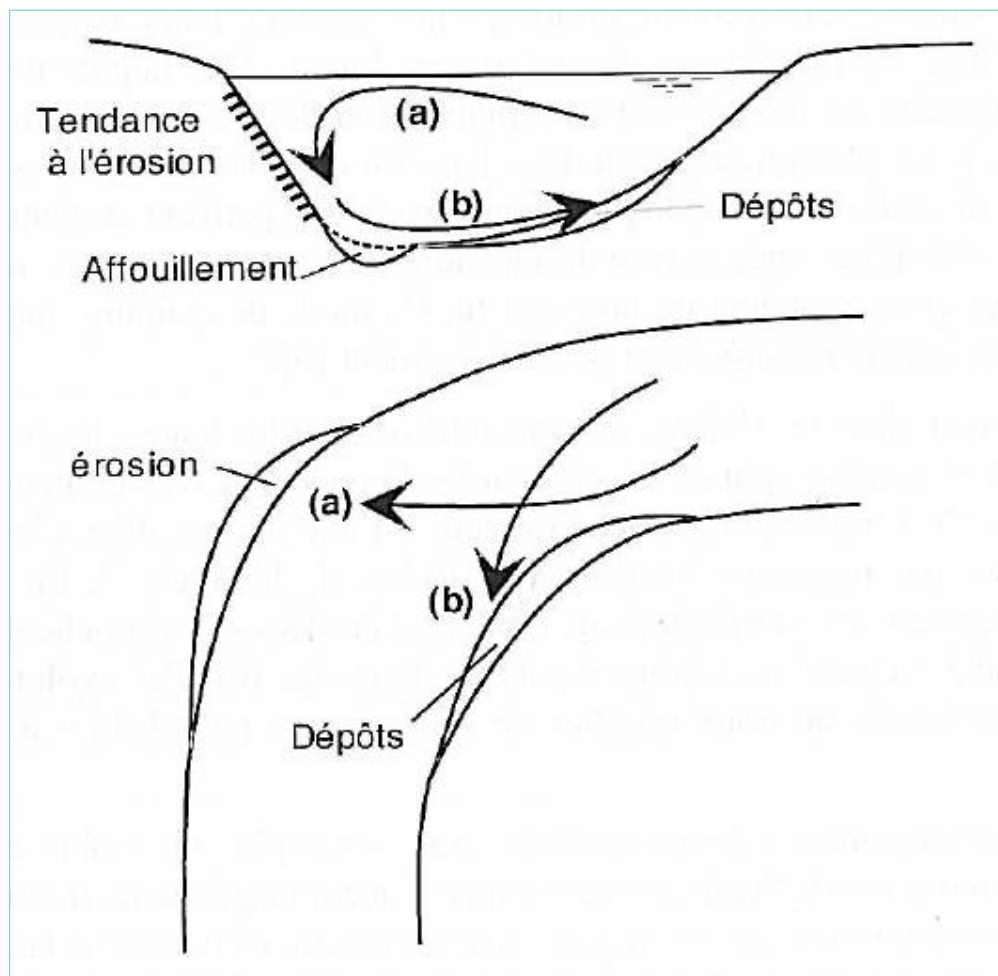


**Continuité
latérale**



Variabilité spatiale et dimension latérale

Mécanisme d'évolution des méandres



**L'érosion est un
phénomène naturel
!**

Evolution latérale...à l'échelle d'une crue (1)

Les périodes de crue sont des périodes privilégiées d'érosion qui entraînent une **modification de la géométrie du lit.**



Evolution latérale...à l'échelle de plusieurs crues (2)

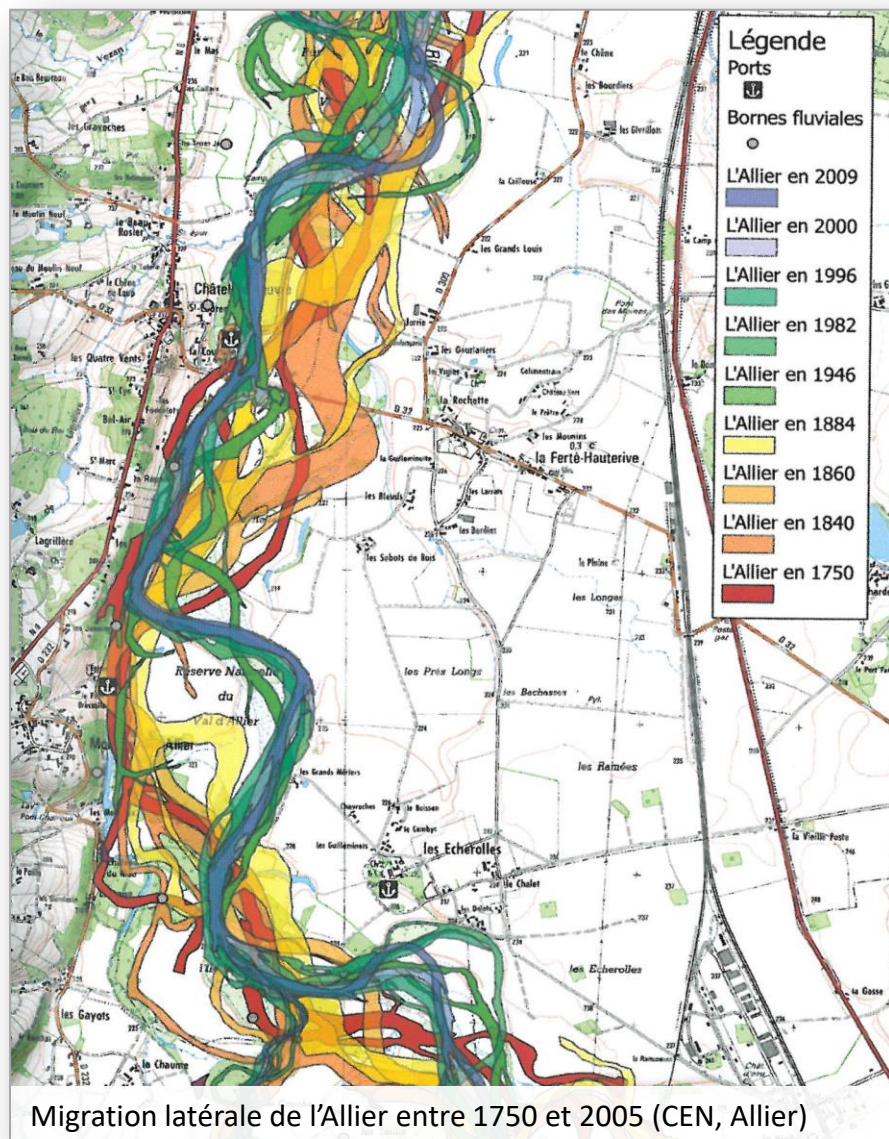
Modification du tracé en plan de l'Allier entre 2002 et 2011

...Un recul de près de 70 m en fond de méandre !



On parle de **migration latérale** du chenal

Evolution latérale...à l'échelle séculaire (3)



On parle de lit « **divagant** » qui délimite un espace de liberté occupé à différentes époques par le ou les chenaux.

Variabilité et dimension verticale... Echanges verticaux

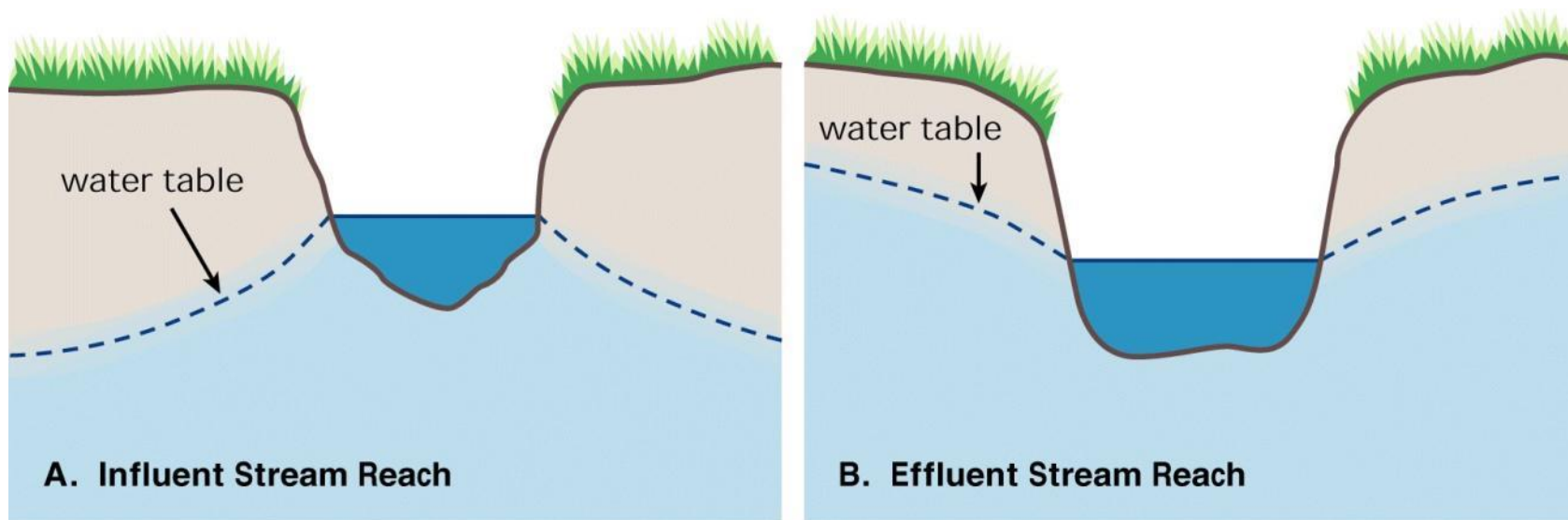


Fig. 1.16 -- Cross sections of (a) influent and (b) effluent stream reaches. Influent or "losing" reaches lose stream water to the aquifer. Effluent or "gaining" reaches receive discharges from the aquifer.
In Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices (10/98).
Interagency Stream Restoration Working Group (15 federal agencies)(FISRWG).

= échange nappe/rivière dans les deux sens
selon les conditions hydrologiques

- Introduction

1- Caractéristiques d'un cours d'eau ...Éléments descriptifs

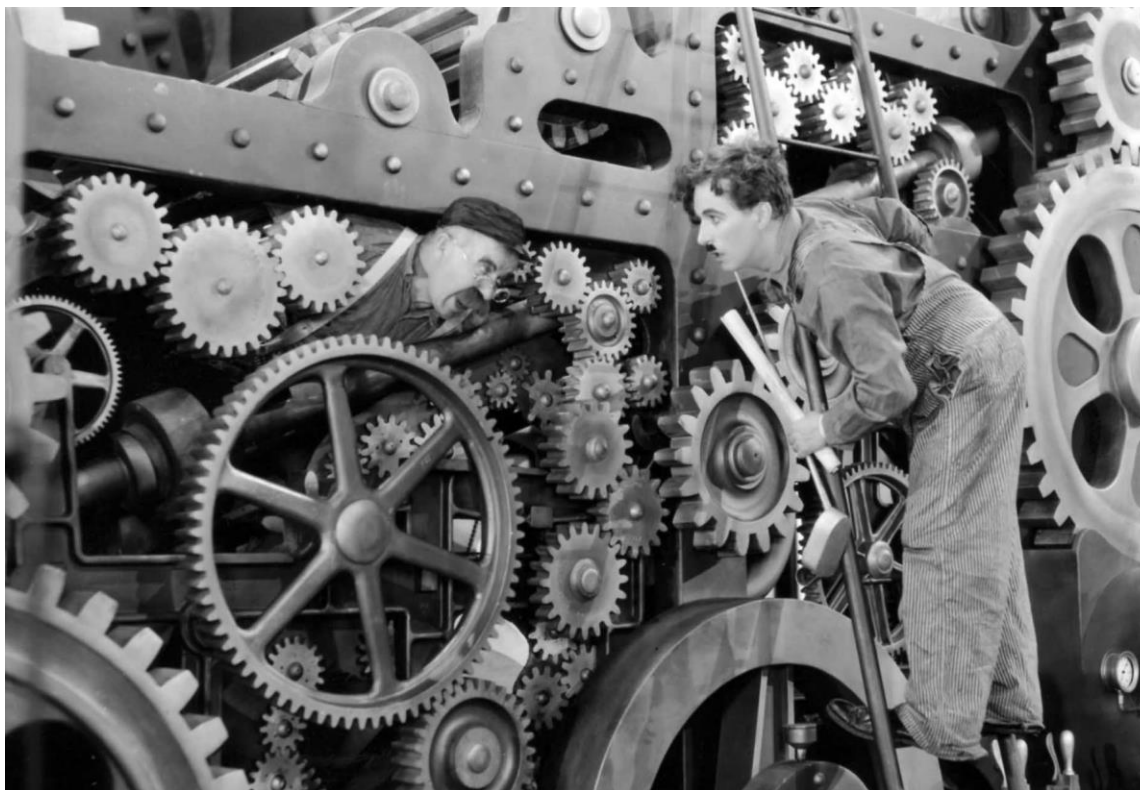
2- Variabilité spatiale et temporelle...à l'échelle du bassin versant

3- Fonctionnement physique d'un cours d'eau

4- Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

3 – Mécanismes qui régissent le fonctionnement d'un cours d'eau

- Plusieurs composantes qui régissent le style fluvial (lit mineur, plaine d'inondation, terrasses,...)
- Les flux liquides et solides (biologiques) qui varient dans le temps et l'espace



La rivière est un système naturel... influencé par des éléments anthropiques, il tend à évoluer vers un état théorique *stable*, tout en étant capable d'évolution et d'adaptation...on parle : «d'équilibre dynamique »

Equilibre dynamique et « variables de contrôle »

2 variables majeures

Le débit liquide

Q



Le débit solide

Qs



- Sont imposées par la géographie et la géologie : les formes de la vallée (surtout la pente de la vallée) et la pluviométrie
- S'imposent à la rivière et contrôlent son évolution physique
- S'expriment à l'échelle du bassin versant

Equilibre dynamique et « variables de contrôle »

2 variables majeures

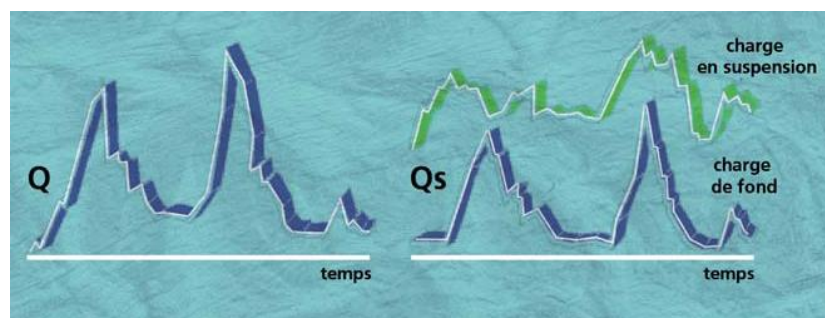
Le débit liquide

Q



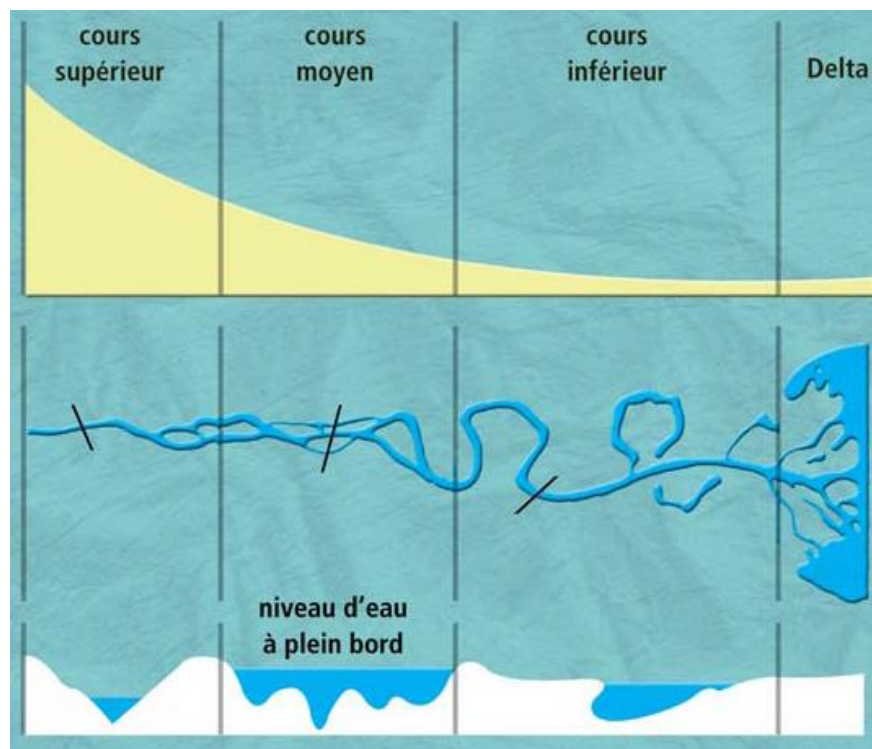
Le débit solide

Qs



Fluctuation dans le temps

Équilibre dynamique et « variables de réponse »



Malavoi & Bravard, 2010

Ce sont notamment :

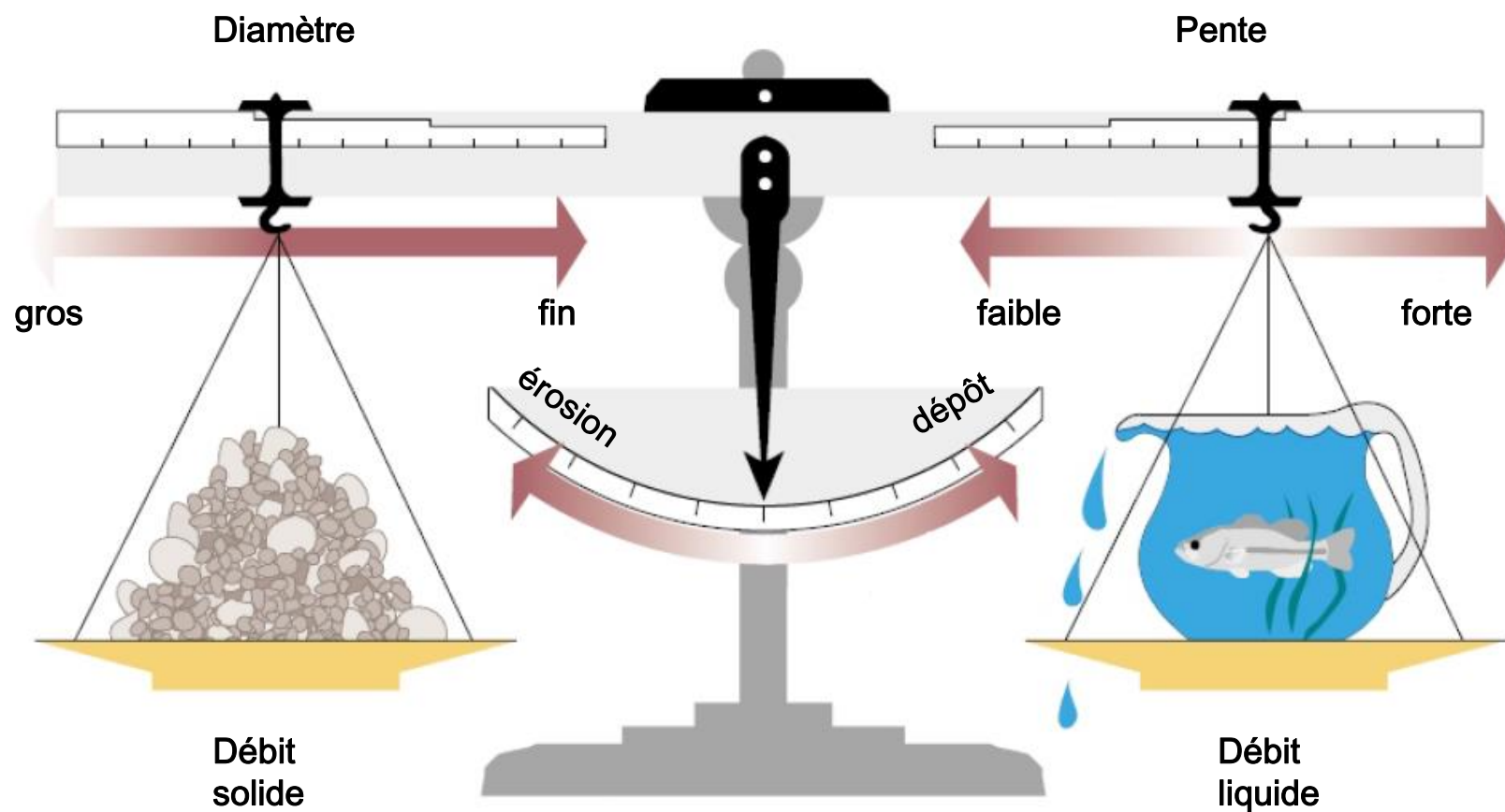
➔ **pente du lit**
(locale, tronçon, moyenne ...)

➔ **sinuosité et le style fluvial** (méandres, tresses, etc.)

➔ **géométrie à plein bords**
(largeur, profondeur moyenne = profil en travers)

- Sont des variables qui résultent de l'ajustement de l'hydrosystème aux fluctuations des diverses variables de contrôle
- S'expriment à différentes échelles (locale, tronçon, régionale ...)

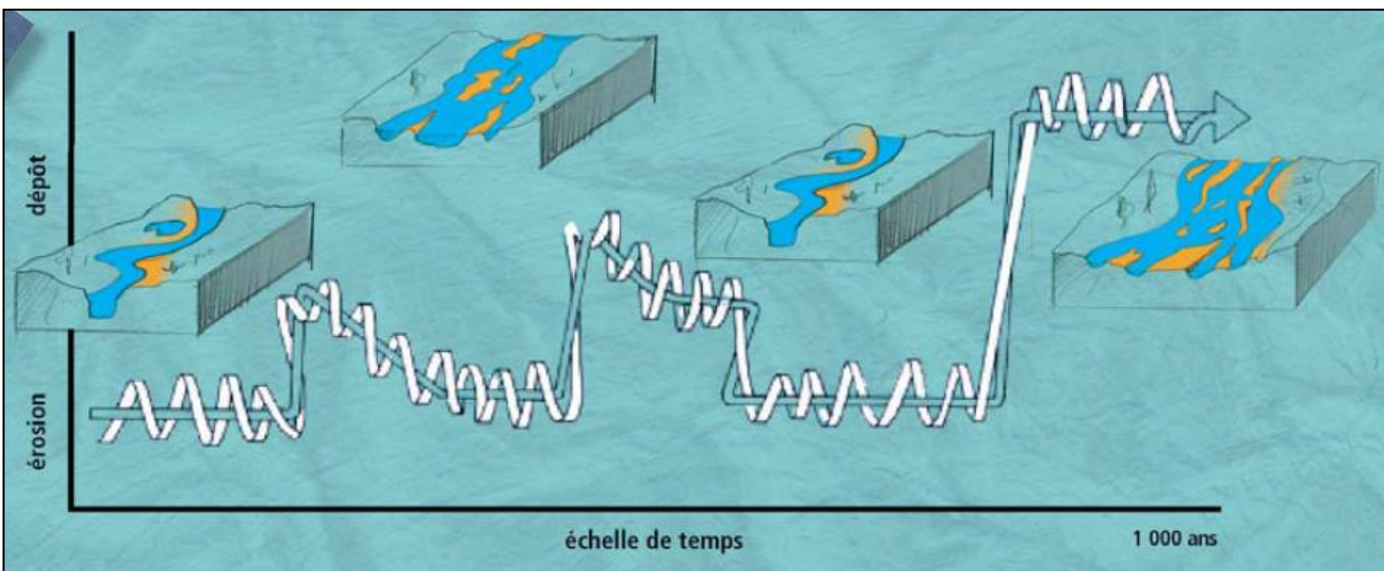
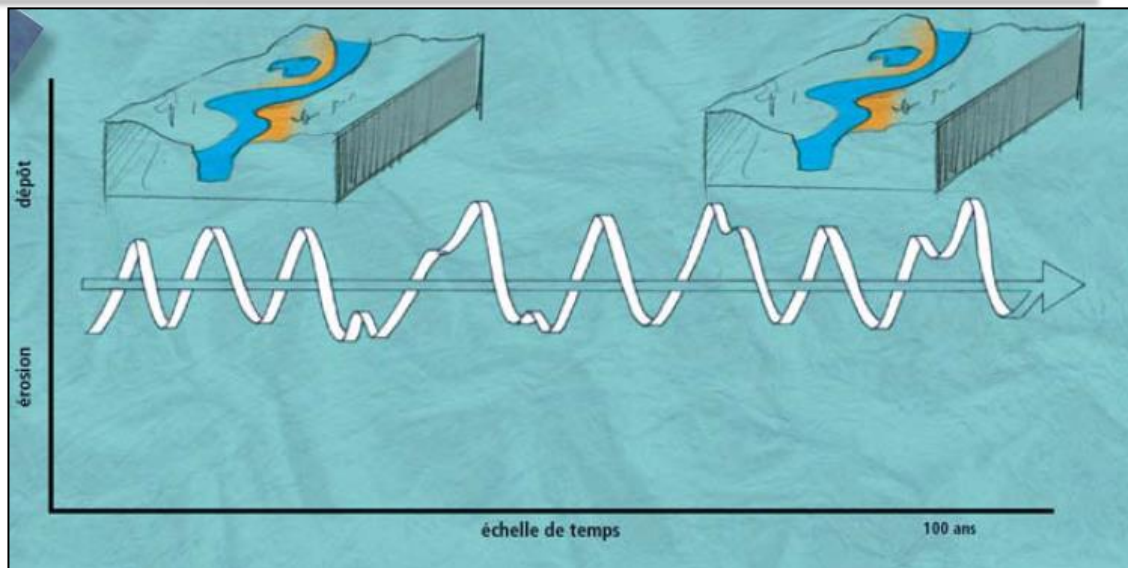
Équilibre dynamique ...le concept



D'après Lane, 1955

Echelle spatio-temporelle des ajustements

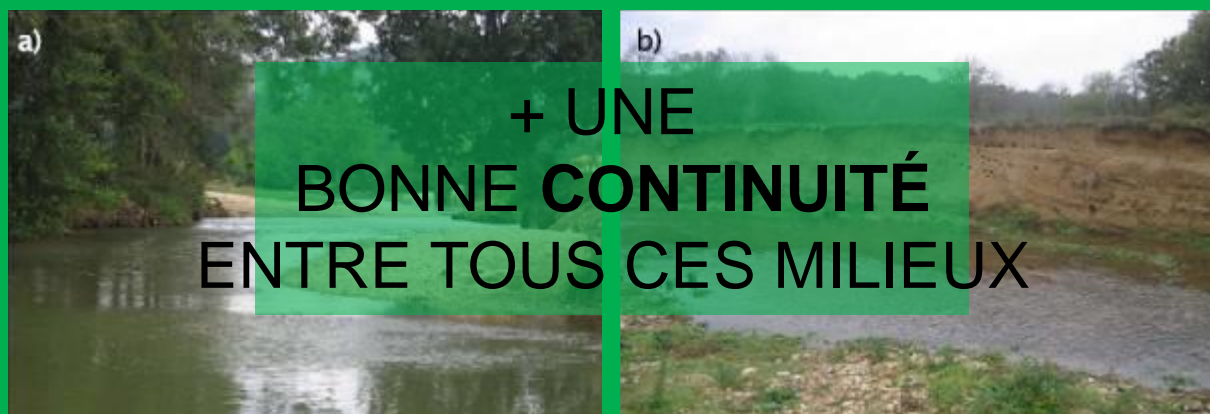
➔ Oscillation du Q et du QS de plus ou moins grande ampleur et sur des échelles de temps plus ou moins grandes



En résumé

- Un cours d'eau n'est pas figé, il s'ajuste en permanence aux conditions des débits liquides et solides
- **Les crues sont le moteur du système**
- Selon le processus considéré l'échelle spatio-temporelle à considérer est variable
- Un déséquilibre n'est pas forcément artificiel.../crues
- ...mais l'anthropisation peut induire ou accélérer des situations de déséquilibre

Bilan: qu'est ce qu'un bon fonctionnement ?



+ UNE
BONNE CONTINUITÉ
ENTRE TOUS CES MILIEUX

Des faciès d'écoulement diversifiés

Des berges non protégées



Des bancs alluviaux mobiles

Une ripisylve fournie et variée



+ UNE
HYDROLOGIE
NON PERTURBÉE

Un corridor fluvial boisé

Des annexes hydrauliques

- Introduction

1- Caractéristiques d'un cours d'eau ...Éléments descriptifs

2- Variabilité spatiale et temporelle...à l'échelle du bassin versant

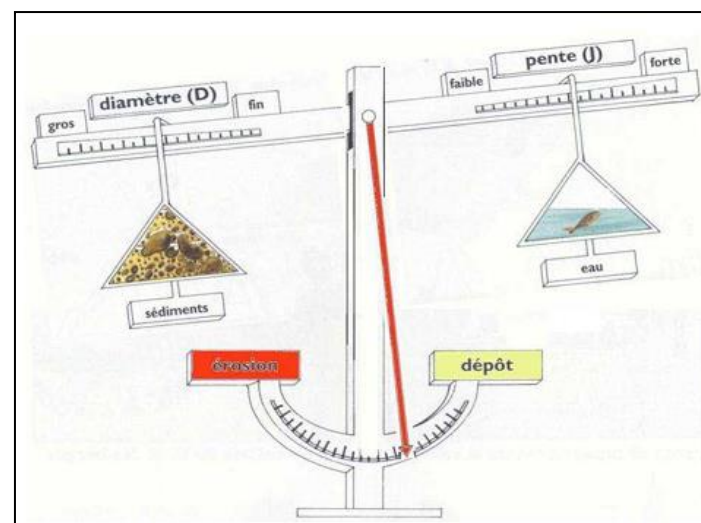
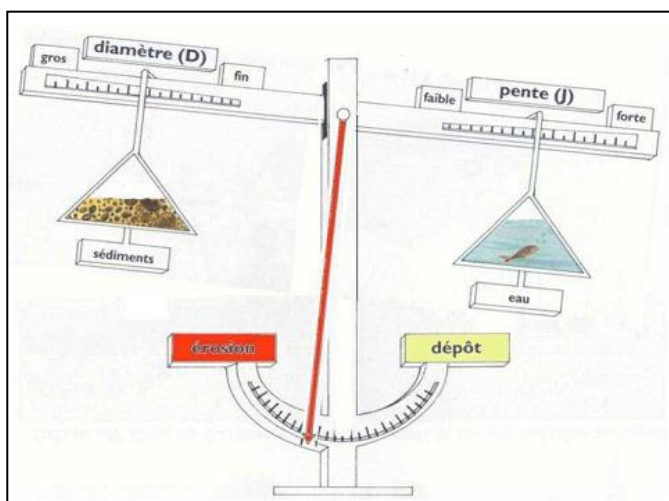
3- Fonctionnement physique d'un cours d'eau

4- Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

Un dysfonctionnement, peut découler d'une **altération d'origine anthropique** des variables qui contrôlent le bon fonctionnement de l'hydrosystème

Fourniture sédimentaire > capacité de transport
(érosion latérale accrue ou par rétroaction)



Capacité de Transport > Fourniture sédimentaire
(concentration et accélération du flux liquide)

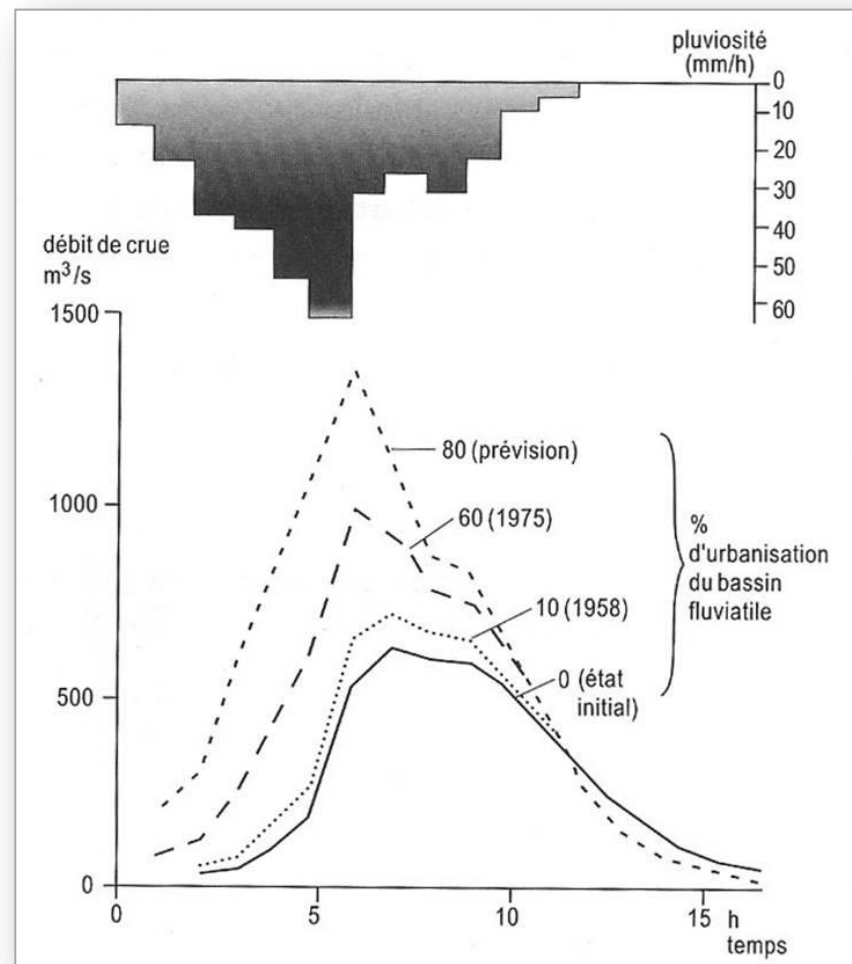
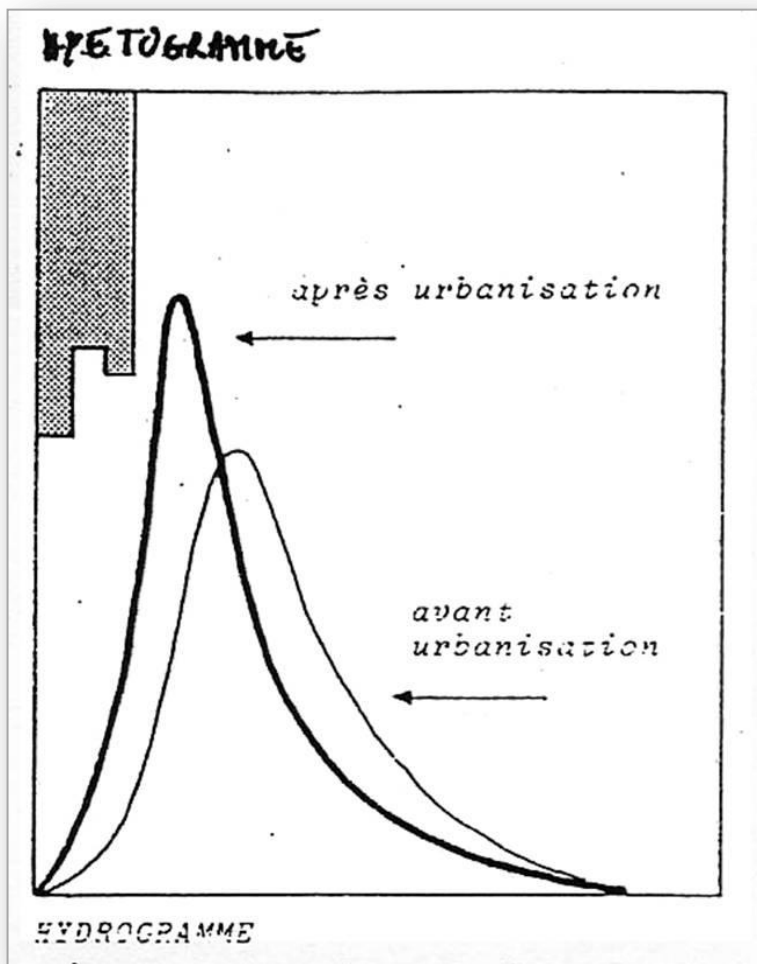
Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

Les altérations qui entraînent des dysfonctionnements hydromorphologiques

- a. Altérations du débit liquide (Ex: urbanisation, pratique agricole)
- b. Altérations de la géométrie du lit (Ex: chenalisation et endiguement)
- c. Altérations de la charge solide (Ex : extractions en lit mineur/majeur)
- d. Altérations de la charge solide et liquide (Ex : les ouvrages en travers)

Ces altérations augmentent les risques de dysfonctionnements dont les effets sont aggravés à l'occasion des crues et en lien étroit avec le risque d'inondation.

Impacts de l'anthropisation sur le débit liquide (1)



Réponse plus **rapide** et plus **violente** du système sur les bassins urbanisés

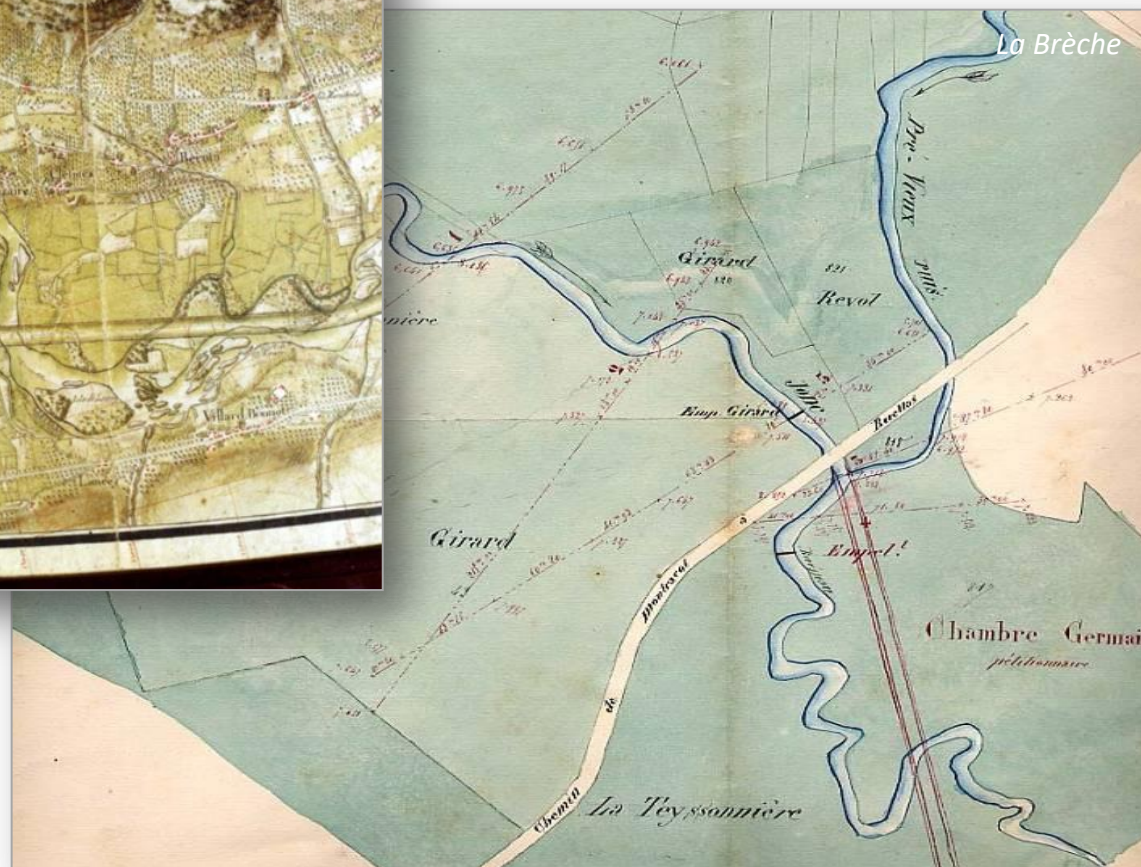
Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

Les altérations qui entraînent des dysfonctionnements hydromorphologiques

- a. Altérations du débit liquide (Ex: urbanisation, pratique agricole)
- b. Altérations de la géométrie du lit (Ex: chenalisation et endiguement)
- c. Altérations de la charge solide (Ex : extractions en lit mineur/majeur)
- d. Altérations de la charge solide et liquide (Ex : les ouvrages en travers)

La chenalisation des cours d'eau (1)

Paroxysme de la rectification : le **rescindement de méandres**

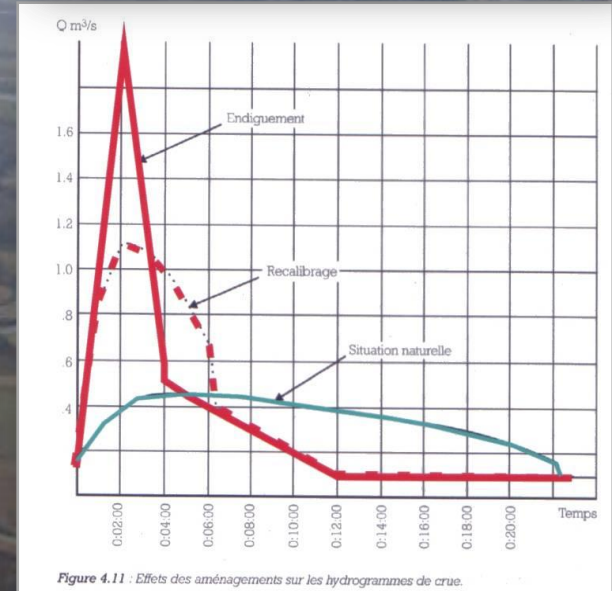


La pente est augmentée par une réduction du linéaire, à l'origine d'une érosion.

L'endiguement (1)

IL accompagne souvent la chenalisation.

Parfois, endiguement étroit... et large !



- BILAN :**
- 1 - Réduction drastique des débordements au-delà du lit mineur
 - 2 - Réduction de la connectivité latérale (\emptyset accès au stock)
 - 3 - Déficit en apports solides
 - 4 - Augmentation de la capacité de transport (énergie)

Dysfonctionnements hydromorphologiques et impacts des crues

- a. Altérations du débit liquide (Ex: urbanisation, pratique agricole)
- b. Altérations de la géométrie du lit (Ex: chenalisation et endiguement)
- c. Altérations de la charge solide (Ex : extractions en lit mineur/majeur)
- d. Altérations de la charge solide et liquide (Ex : les ouvrages en travers)

Curage, dragage et extraction (1)

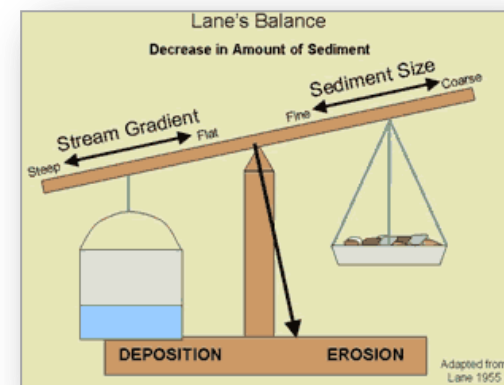
Curage : Prélèvement alluvions mobiles \neq du recalibrage où on modifie les berges et/ou le fond du lit.



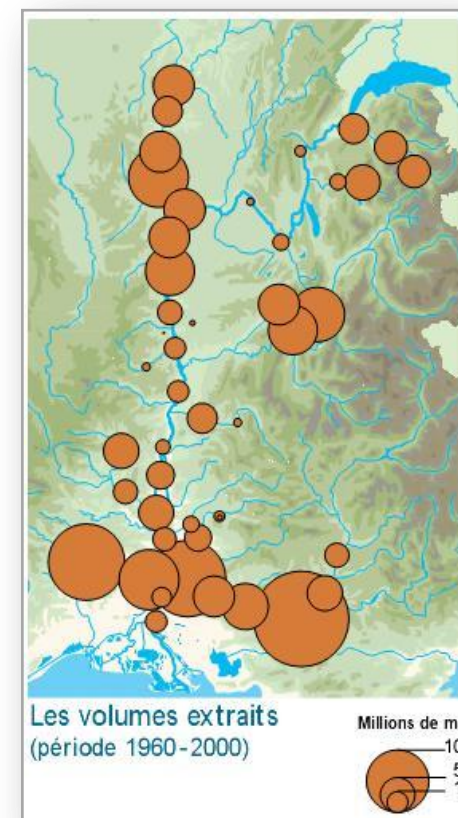
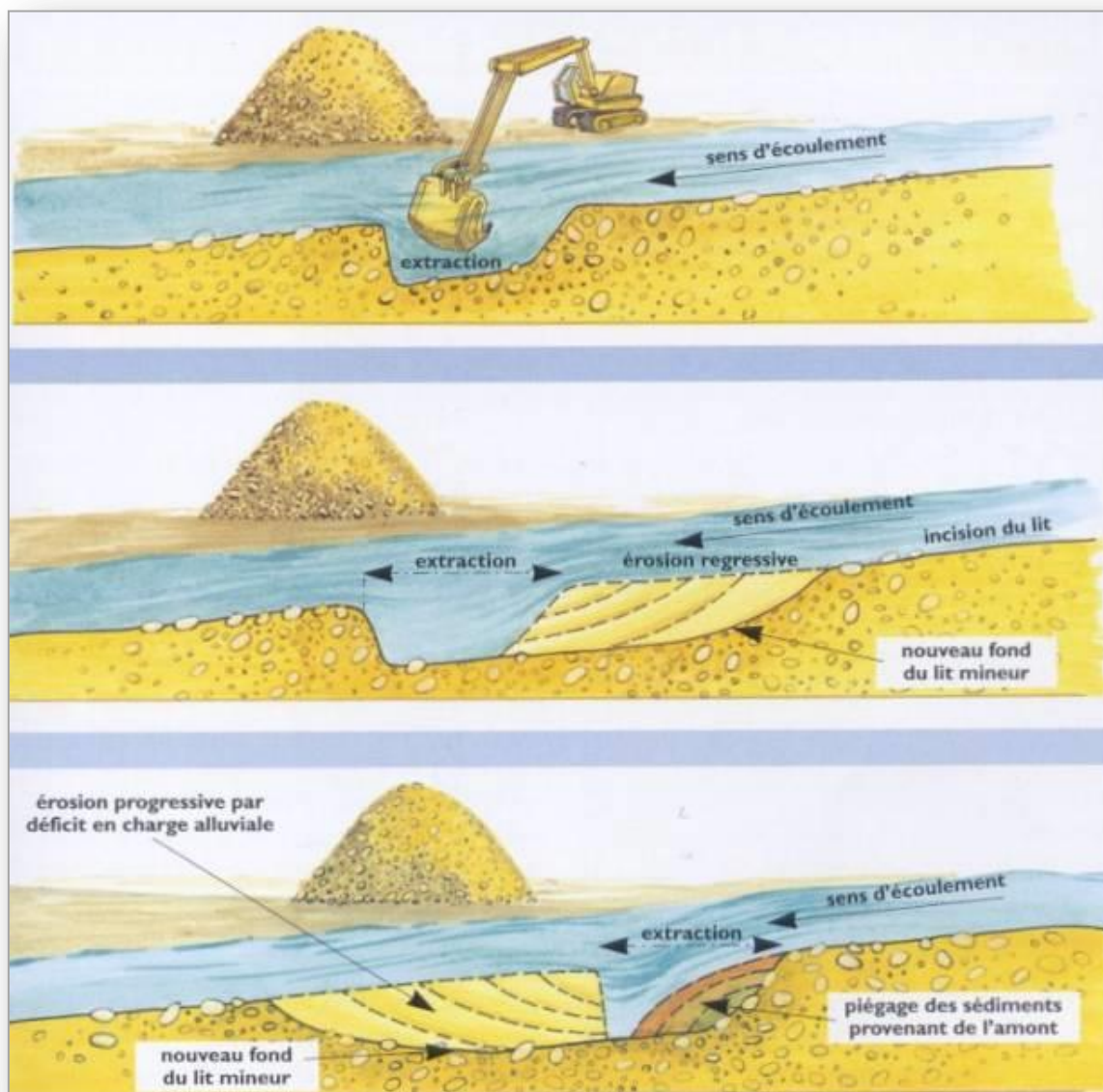
Objectifs : maintien ou augmentation du gabarit (de la section mouillée)

Facteurs aggravants : produits du curage souvent stockés sous forme de merlons \rightarrow réduction de la connectivité latérale

- BILAN** :
- **Déficit de charge solide**
 - **Tendance à la déconnexion latérale (incision)**
 - **Réduction de la capacité de débordement**

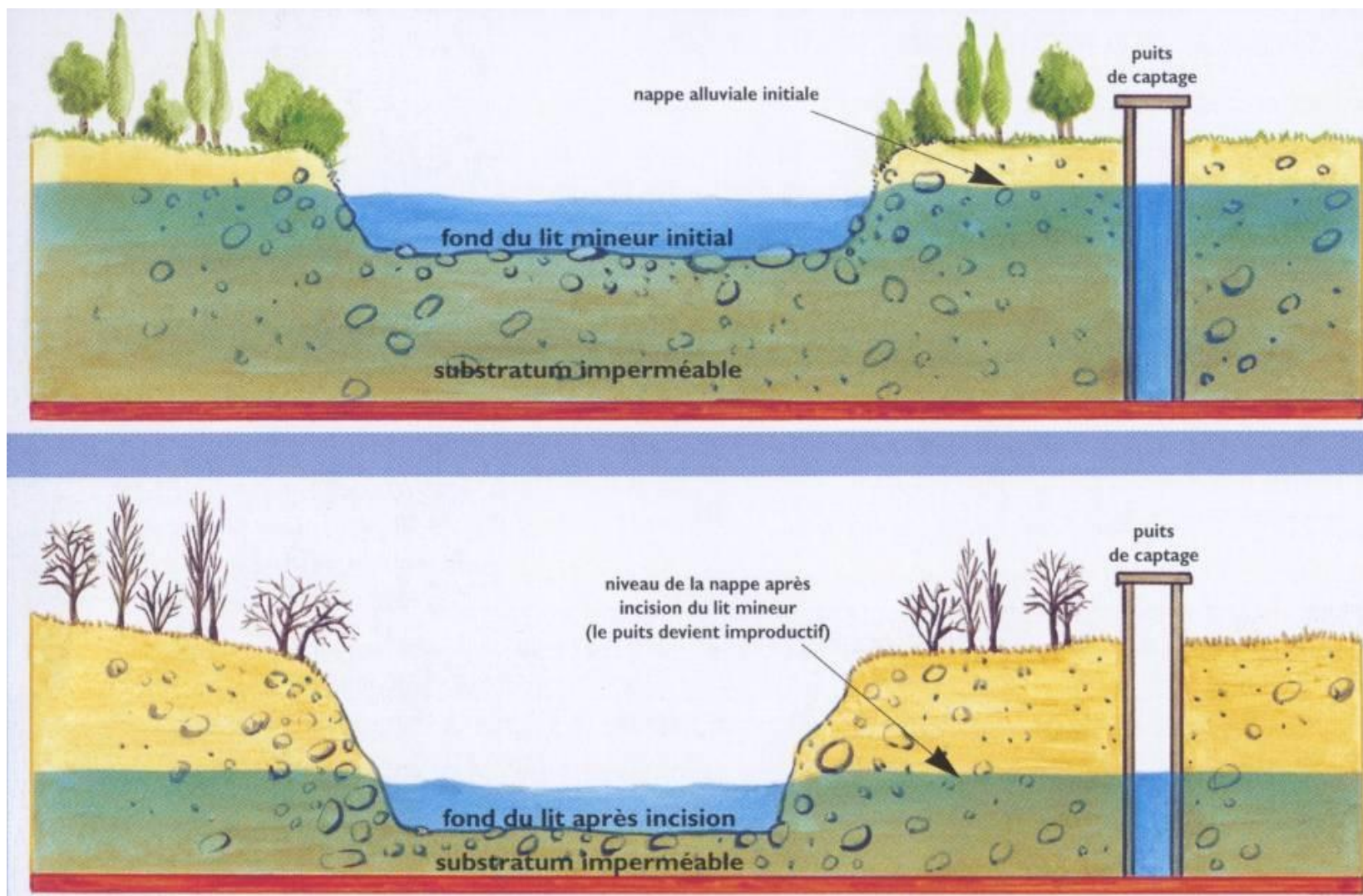


Curage, dragage et extraction (2)



(AERMC, 2008)

Curage, dragage et extraction ou autres source d'érosion (3)

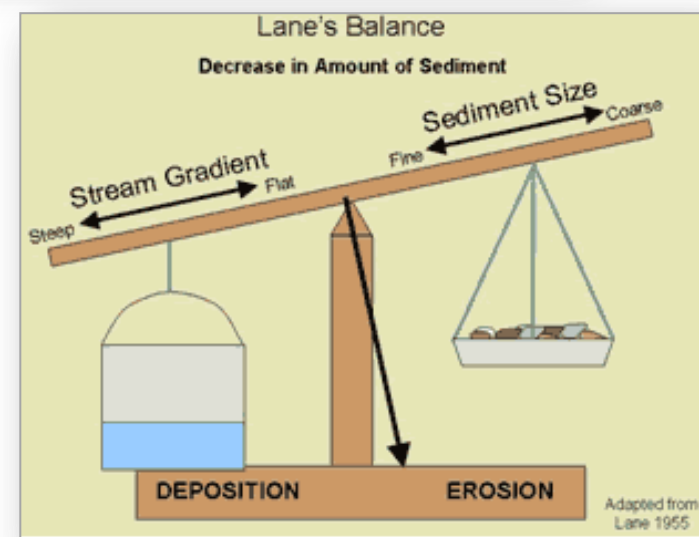


Curage, dragage et extraction (4)



BILAN :

- Fort déficit de charge solide
- Disparition irrémédiable du substrat alluvial
- =
- **Érosion progressive et régressive**
- **Rupture de la continuité sédimentaire**
- **Appauvrissement drastiques des milieux**



- a. Altérations du débit liquide (Ex: Urbanisation, pratique agricole)
- b. Altérations de la géométrie du lit (Ex: Chenalisation et endiguement)
- c. Altérations de la charge solide (Ex : Extractions en lit mineur/majeur)
- d. Altérations de la charge solide et liquide (Ex : les ouvrages en travers)

Les ouvrages en travers (1)

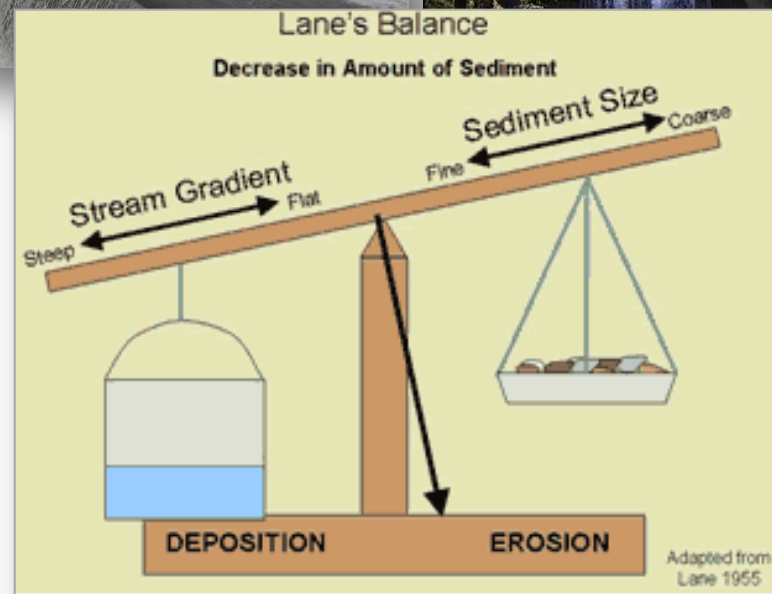
Près de 100 000 ouvrages en France dont $\approx 300 > 20$ m.

...Impacts également très hétérogènes mais **globalement négatifs !**



BILAN :

- **Blocage/rupture des flux biologiques**
- **Altération du régime hydrologique**
- **Réduction drastique du charriage**
- **Souvent à l'origine d'une érosion progressive**



Autres impacts localisés liés à des contraintes ponctuelles (1)



Autres contraintes ponctuelles (2)



Synthèse des risques d'inondations associés aux altérations (3)

Accélération des écoulements :

- Par incision du plancher alluvial
- l'imperméabilisation des sols (z. urbaine et péri-urbaine)
- une faible capacité d'infiltration (milieu rural)
- l'endiguement et l'absence de zone de débordement suffisamment étendue

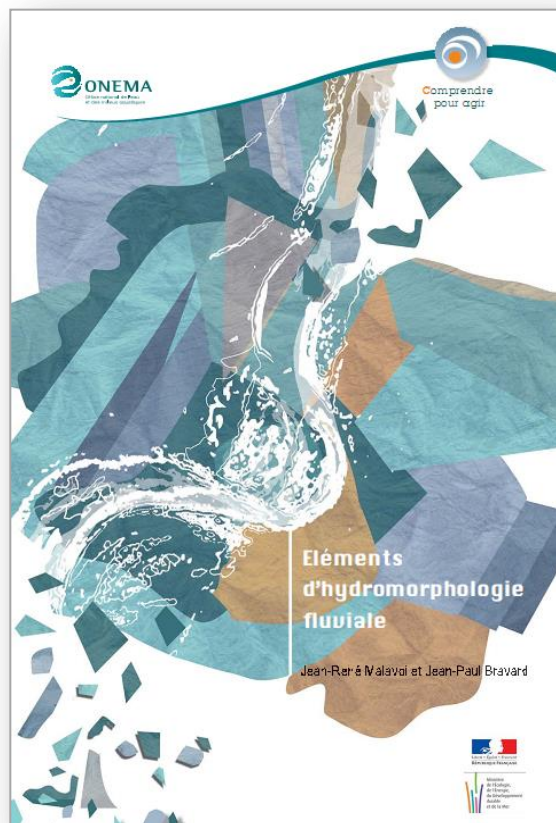
Un déficit accru de la charge solide augmentant l'énergie des flux liquides

- par rétention (barrages)
- par extraction
- Réduction de l'espace de liberté empêchant une recharge latérale

BILAN : Les activités anthropiques et l'occupation de l'espace peuvent induire ou aggraver des dysfonctionnements en lien avec une plus grande sensibilité aux crues

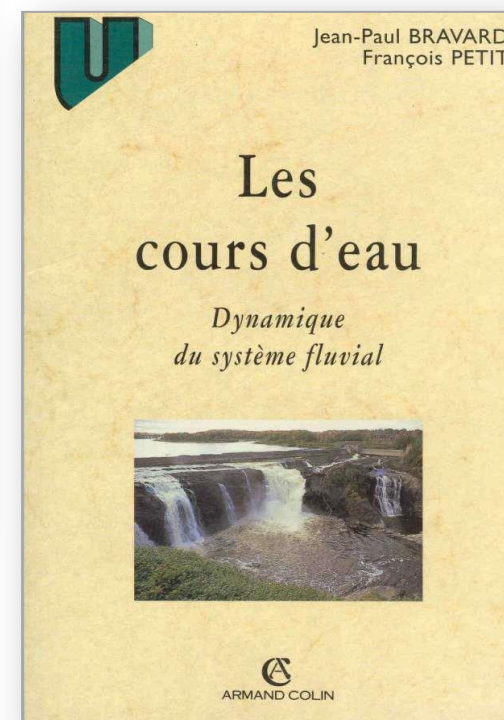
« Alternatives » : 1 – Réaliser un diagnostic hydromorphologique à l'échelle du b. versant
2 – Ralentir globalement les écoulements à l'échelle du bassin versant
3 – Induire des ajustements pour réduire l'incision, décorsetter le CE
4 – Coordonner et valider les aménagements à l'échelle du BV

Bibliographie



Malavoi J.R. et Bravard J.P., 2010.
Éléments d'hydromorphologie fluviale.
Onema. 224 pages.

www.onema.fr/hydromorphologie-fluviale



Merci de votre attention !...Des questions ?



Copyright 2013 – Tagxedo.com