

Dynamique fluviale et intérêts des crues

Hugo Jantzi*



(Riv. Morava – Zbyněk Hruboš)

*Contact : hugo.jantzi@hydretudes.fr

HYDRETUDES – Toulouse Agence Grand Sud-Pyrénées



Eléments de dynamique fluviale



Les crues : moteur de la dynamique fluviale

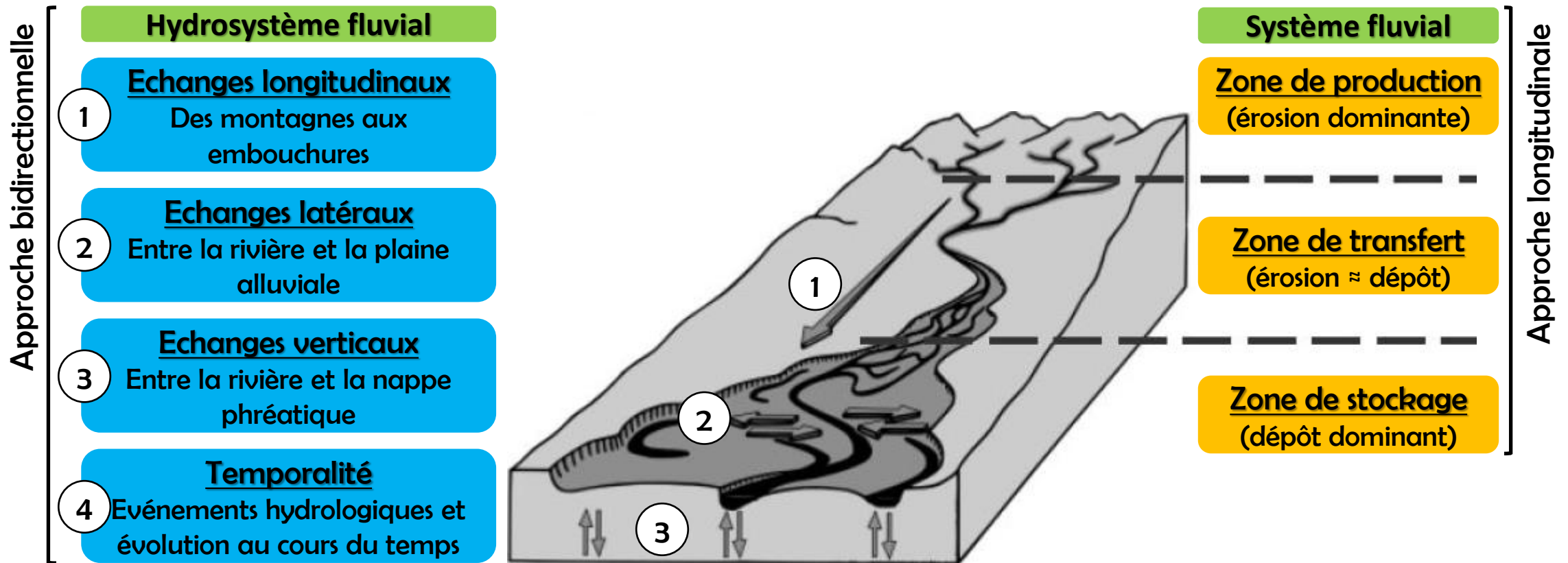


Eléments de dynamique fluviale

Systeme fluvial et hydrosysteme fluvial

L'approche systémique des cours d'eau repose sur **deux concepts emboités** :

- Systeme fluvial : formalise les **interrelations entre bassin versant et cours d'eau** (Schumm, 1977)
- Hydrosysteme fluvial : formalise les **flux (matière, énergie) entre cours d'eau et plaine alluviale** (Amoros et Petts, 1993)



(d'après Amoros et Petts, 1993)

Systeme fluvial et hydrosysteme fluvial

Les **processus physiques** à l'origine de **la dynamique fluviale**, c'est à dire la morphologie des cours d'eau et leur évolution spatio-temporelle, régissent également de manière directe ou indirecte, **la dynamique des écosystèmes** qui leur sont associés.

Hydrosysteme fluvial

Ensemble d'écosystèmes et sous-systèmes (mosaïque)



Ecosystèmes

Lit mineur

Partie comprise entre le débit d'étiage et le module

Lit moyen ou bande active

Partie comprise entre le module et le débit à plein bord

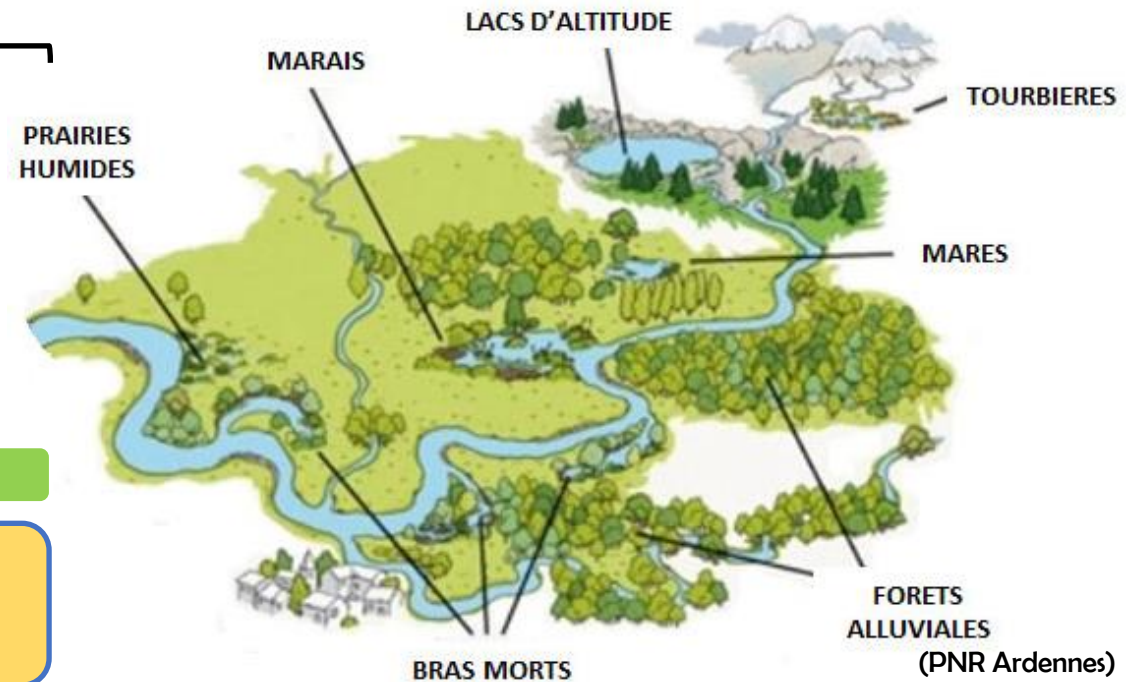
Lit majeur ou d'inondation

Partie comprenant la plaine alluviale

Sous-systèmes

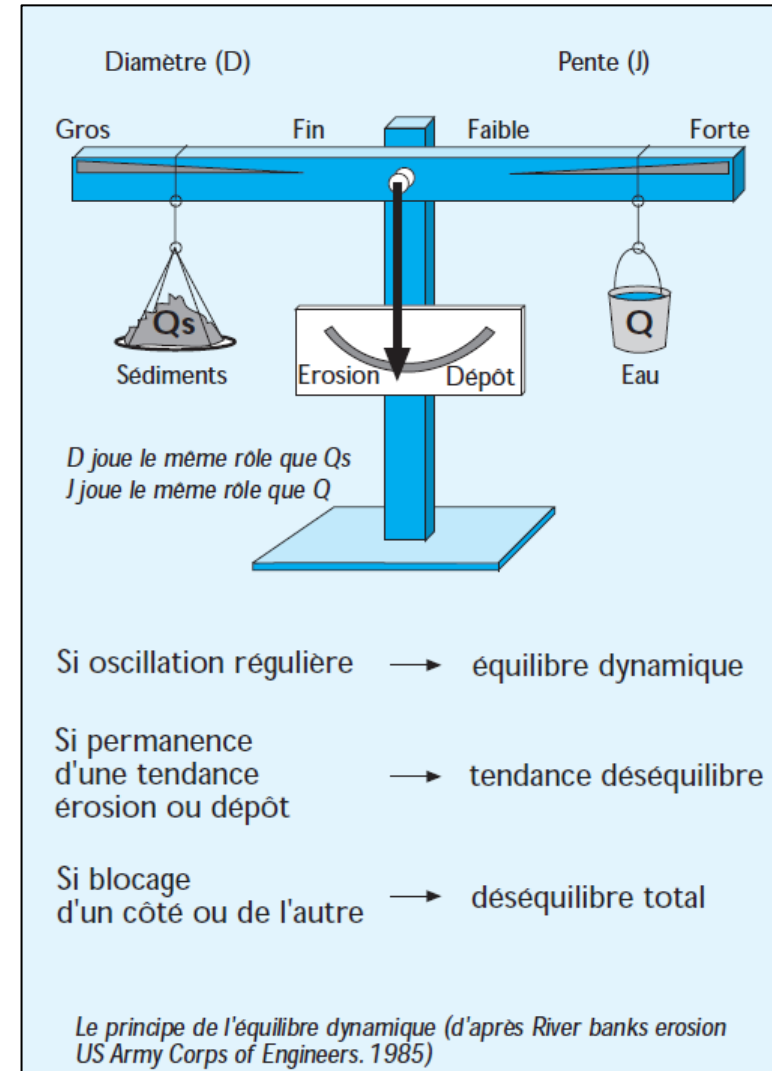
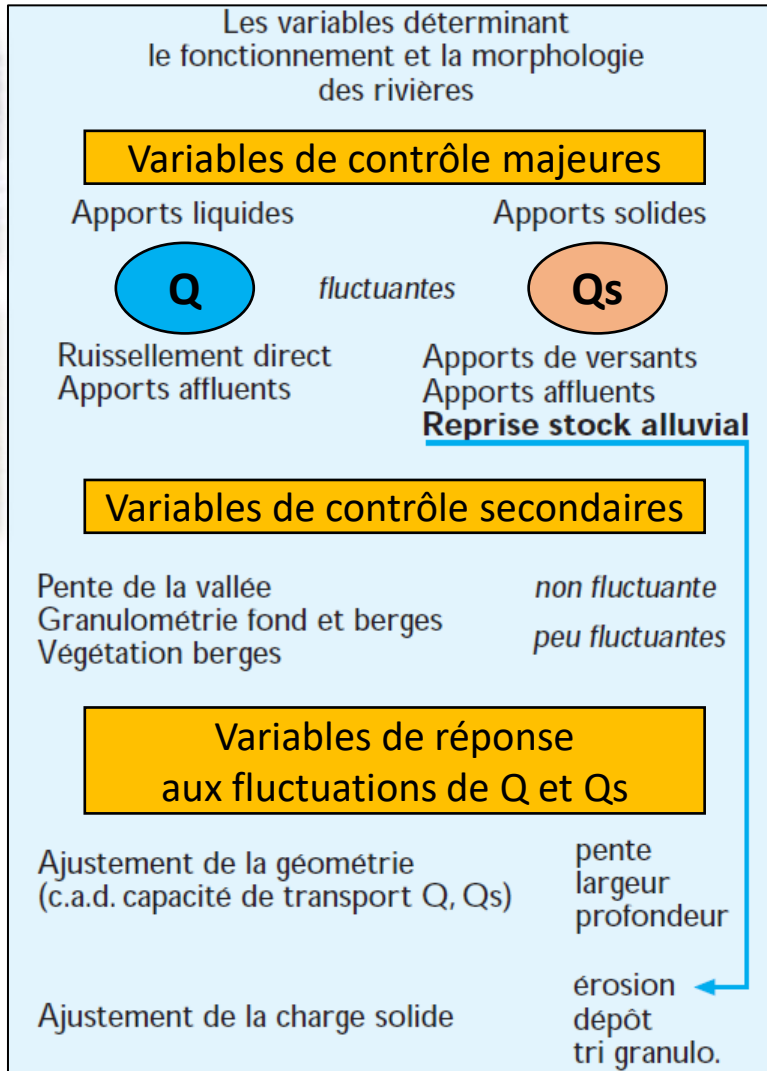
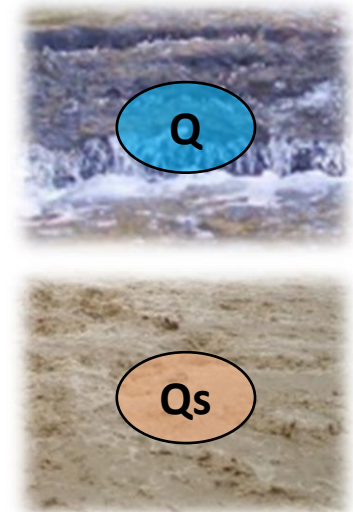
Formes relictuelles

Bras morts, marais, mares, prairies humides



La notion d'équilibre

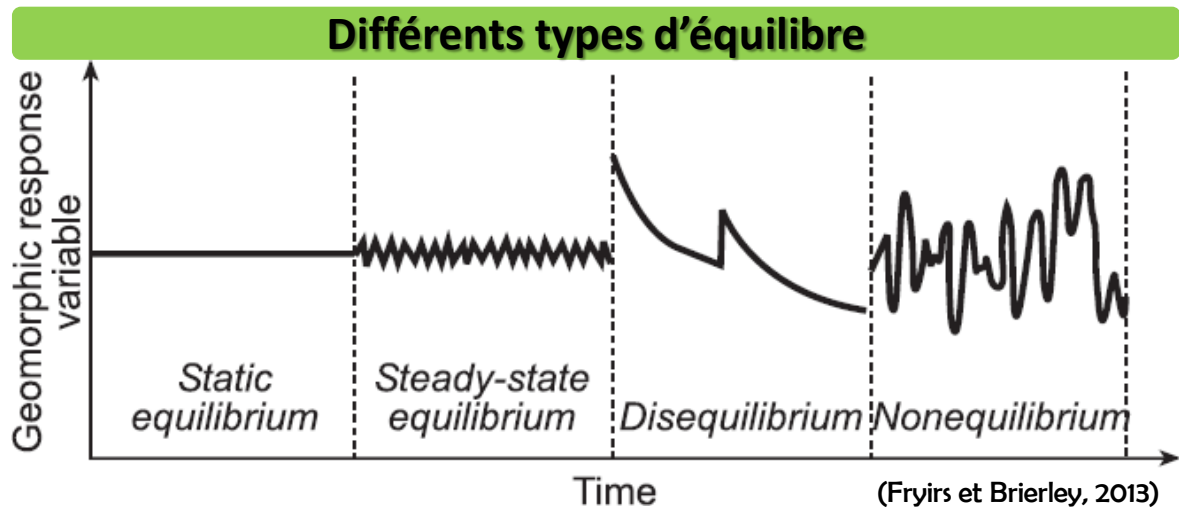
En **condition naturelle**, les cours d'eau tendent à établir une **combinaison stable** (« **équilibre dynamique** ») entre leurs différentes variables constitutives (Schumm, 1977).



La notion d'équilibre

L'**équilibre** est défini comme un **état de stabilité** c'est-à-dire de **constance** (formes fluviales) ou de **continuité** (transport sédimentaire) sur une période de temps donnée.

Cependant, en **conditions naturelles** une rivière présente rarement une véritable stabilité car elle s'adapte en permanence à des éléments perturbateurs et à la variabilité des flux.



Equilibre statique

Absence de processus ou d'ajustements géomorphologiques (aucune perturbation)

Equilibre dynamique

Constance autour de caractéristiques moyennes (retour après perturbation)

Déséquilibre

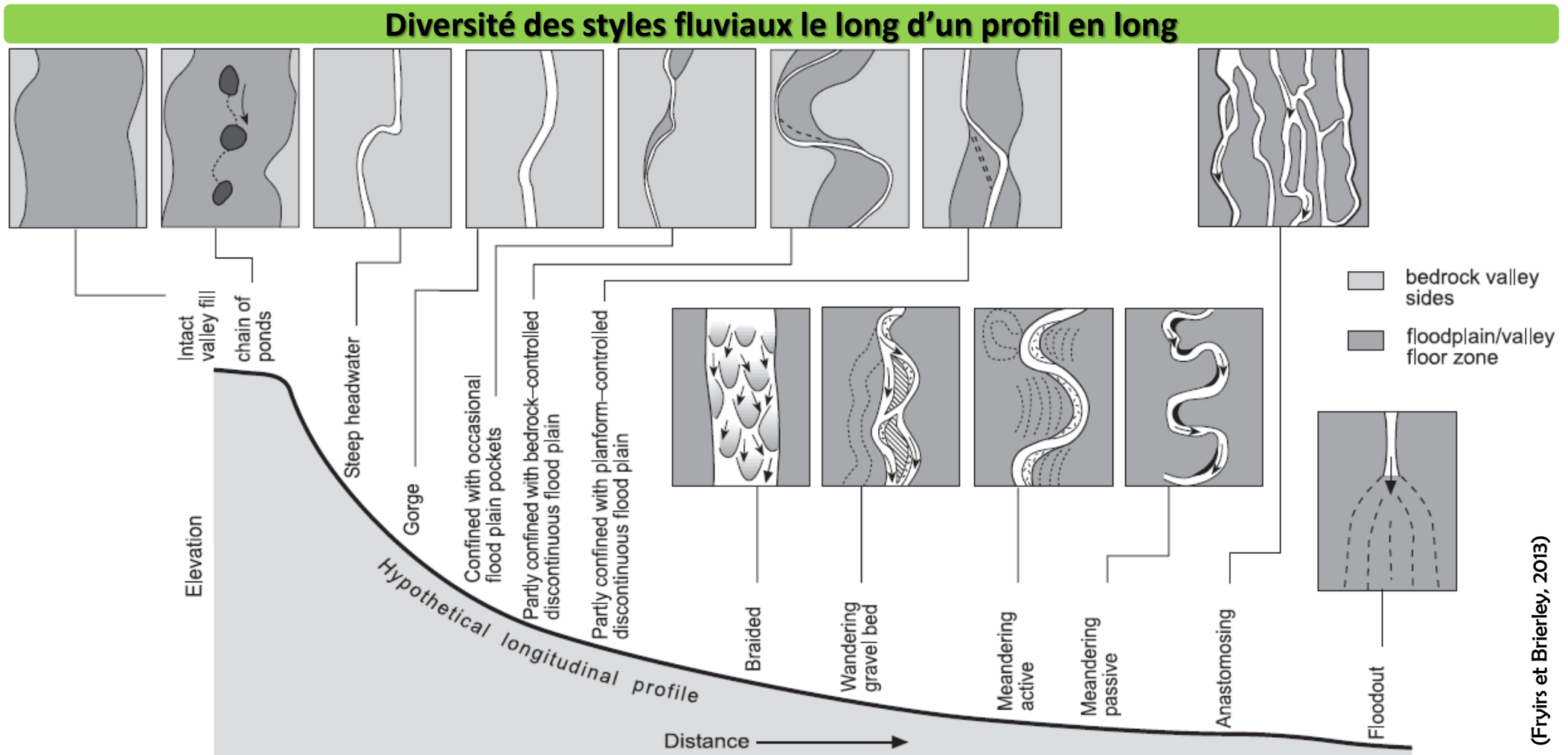
Réponse continue aux perturbations sans maintien d'un état d'équilibre

Non équilibre

Absence de caractéristiques moyennes / tendance à l'équilibre (perturbation grave)

Les styles fluviaux d'équilibre

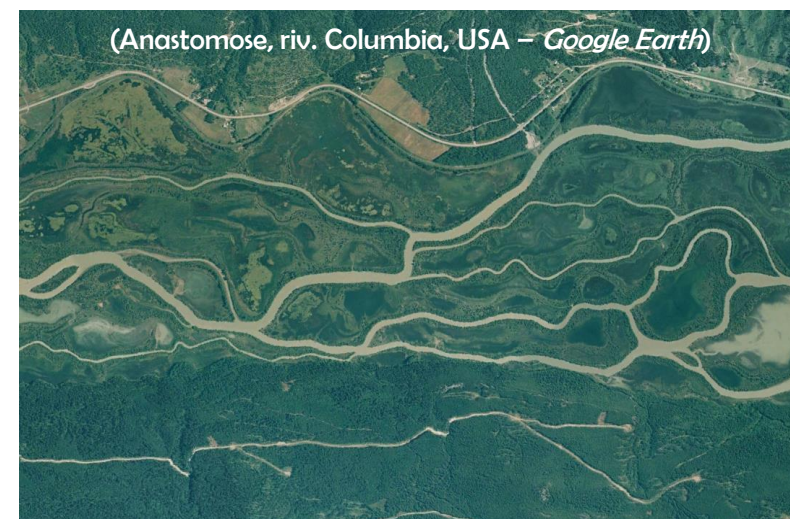
L'une des variables de réponse dont dispose un cours d'eau naturel (ou faiblement aménagé) pour s'ajuster à la variabilité des variables de contrôle est **le style fluvial**.



(Fryirs et Brierley, 2013)

Les styles fluviaux d'équilibre

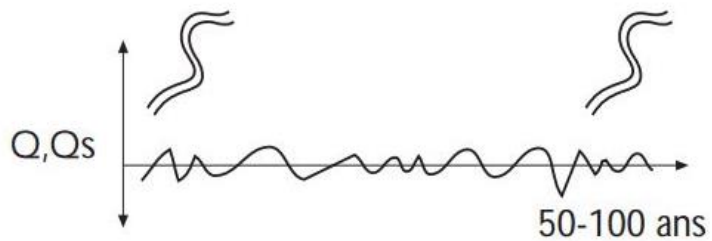
L'une des variables de réponse dont dispose un cours d'eau naturel (ou faiblement aménagé) pour s'ajuster à la variabilité des variables de contrôle est **le style fluvial**.



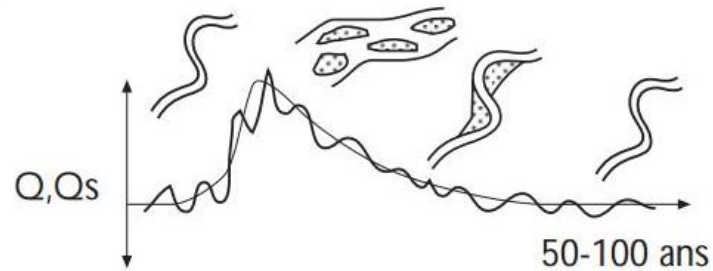
Echelle de temps et équilibre des styles fluviaux

La **morphologie d'un cours d'eau**, ou son « style fluvial » **varie dans l'espace et le temps** en fonction des **modifications des flux de matière (Q et Qs)**

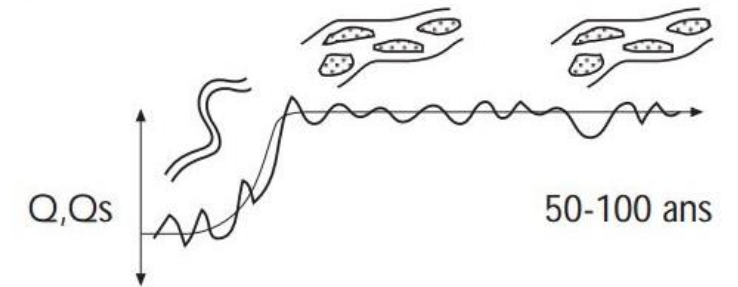
Modifications de faibles ampleur



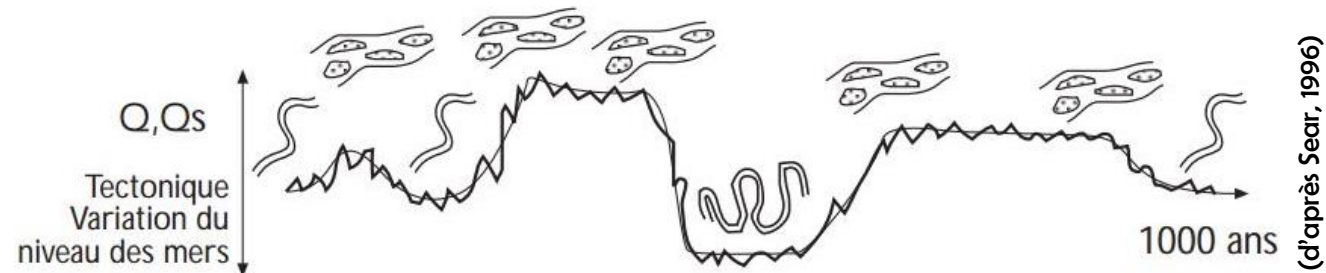
Modifications fortes / peu durables



Modifications fortes / durables

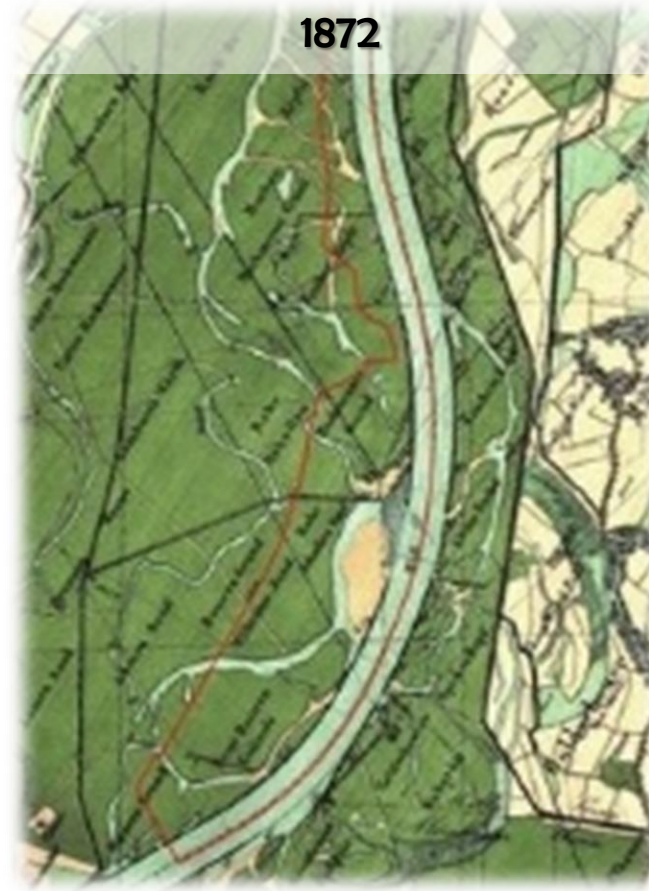
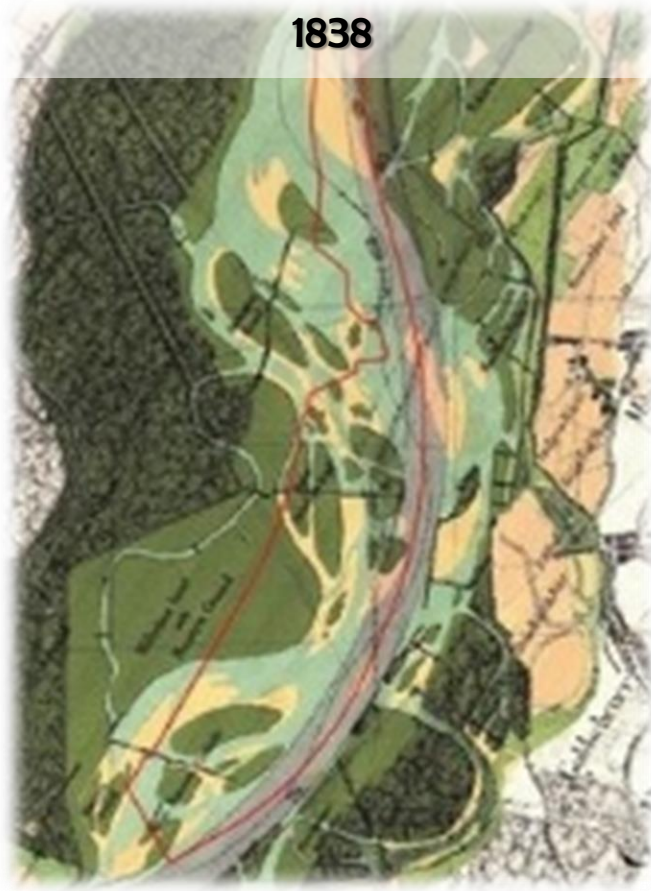


Modifications et styles fluviaux fluctuants



Echelle de temps et équilibre des styles fluviaux

Exemple de **changement de style fluvial sur le Rhin à hauteur de l'île du Rohrschollen près de Strasbourg**, suite à des travaux de régularisation du cours d'eau entre 1840s et 1870s.



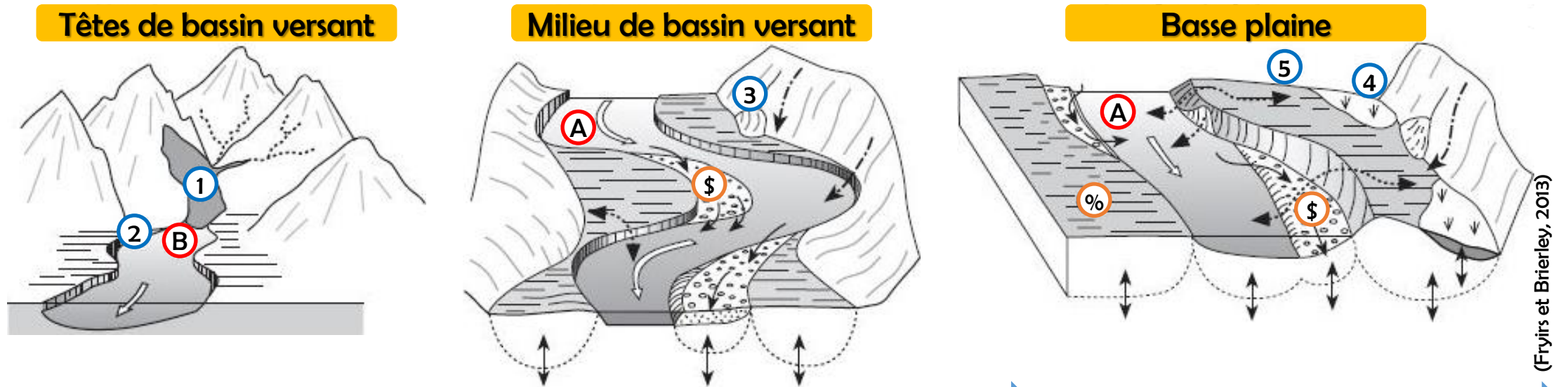
(Réserve Naturelle Ile du Rohrschollen)

La notion de (dé)connectivité

La **connectivité** des unités paysagères est un **contrôle essentiel des flux de matière** à l'échelle du bassin versant.

Nature et continuité des liaisons (i.e. longitudinales, latérales et verticales) sont **contrôlées par différents processus** en différents endroits.

Les **flux** peuvent être **couplés ou découplés** avec des **phases variant dans le temps et l'espace**.



(Fryirs et Brierley, 2013)

Tampons	Obstacles	Relations
① Glissement de terrain	A Bouchon sédimentaire	⇔ Longitudinale
② Confluence	B Barrage	↕ Verticale
③ Cône de déjection	Couvertures	↔ Latérale (chenal – plaine inondation)
④ Tourbière	% Dépôt alluvionnaire	⋯ Latérale (versant – chenal)
⑤ Plaine d'inondation	\$ Colmatage des bancs	

Evolution amont-aval des liens

- ↗ capacité de stockage des sédiments
- ↗ temps de séjours des sédiments
- ↘ fourniture sédimentaire
- ↘ connectivité versant / chenal
- ↗ connectivité chenal / plaine d'inondation

La notion de (dé)connectivité

Tampon

Rhône à Gletsch, CH



(Lods-Crozet)

Plaine alluviale large

Bonne à Valjoufrey, 38



(Jacquemin)

Tablier d'éboulis avec barrière végétale

Barrières

Garonne à Fos, 31



(Taillefer - Smeag)

Barrage

Bruche à Molsheim, 67



(BSP Molsheim)

Embâcle

Couverture

Garonne à Grenade, 31



(Iantzi - Geode)

Colmatage de galets

Portet-sur-Garonne, 31



(Taillefer - Smeag)

Végétalisation d'atterrissement

La notion d'espace de mobilité

Les **cours d'eau** sont des systèmes **mobiles dans le temps et l'espace** et qui de part leur **ajustement continuels aux variations de flux** se traduit par une **mobilité latérale et verticale** permettant d'**éviter des dysfonctionnements** hydrauliques et sédimentologiques.



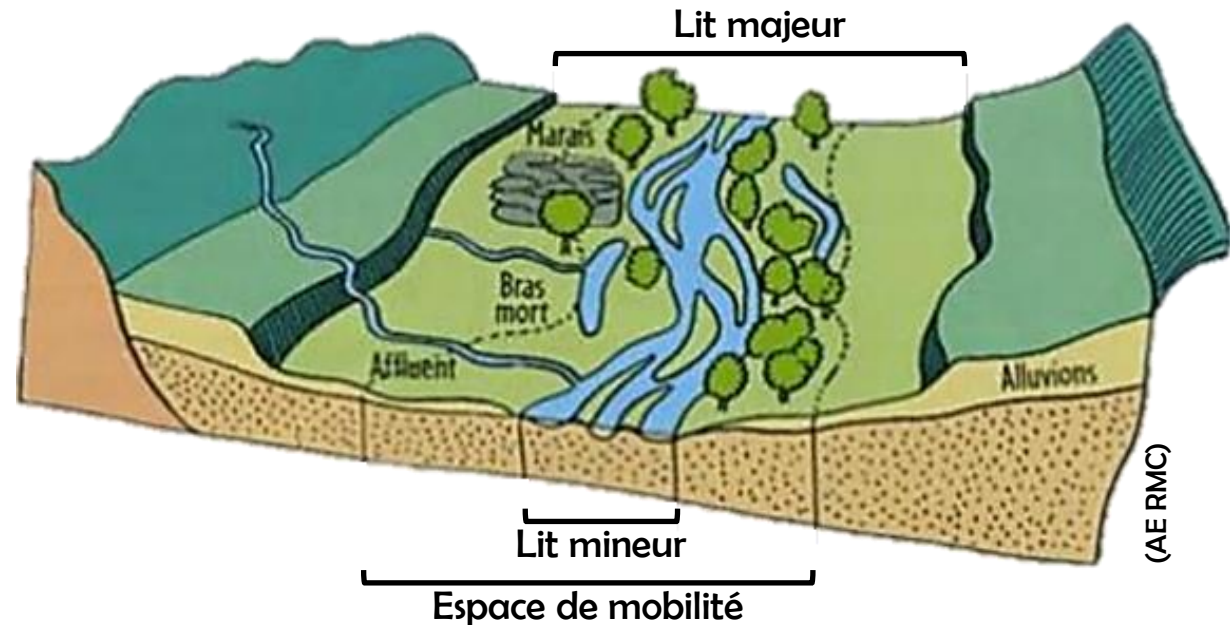
Espace de mobilité correspond à la **divagation du cours d'eau** dans le lit majeur

La notion d'espace de mobilité

L'**espace de mobilité** correspond à la **divagation du cours d'eau**, c'est-à-dire à la zone de localisation potentielle des sinuosités ou tresses du cours d'eau.

Cet **espace garantit un bon fonctionnement** du cours d'eau permettant :

- Dissipation de l'énergie du cours d'eau (pente)
- Recharge sédimentaire (érosion des berges)
- Création / régénération des annexes
- Echange nappe-rivière
- Stabilité du fond du lit



La **préservation ou restauration de la mobilité** des cours d'eau dans le temps et l'espace est donc un **enjeu primordial** dans la gestion et l'**équilibre des hydrosystèmes**.

La notion d'espace de mobilité

Exemple de la **mobilité du Mississippi** au file des siècles.



(United States Army Corps of Engineers, 1944)

An aerial photograph showing a wide river system with multiple channels and floodplains. The water is a muddy brown color, indicating high sediment content. The surrounding landscape is a mix of green fields, some of which are partially submerged, and dense evergreen forests. A road with several vehicles is visible on the left side of the image. A semi-transparent white box with rounded corners is centered over the middle of the image, containing the title text.

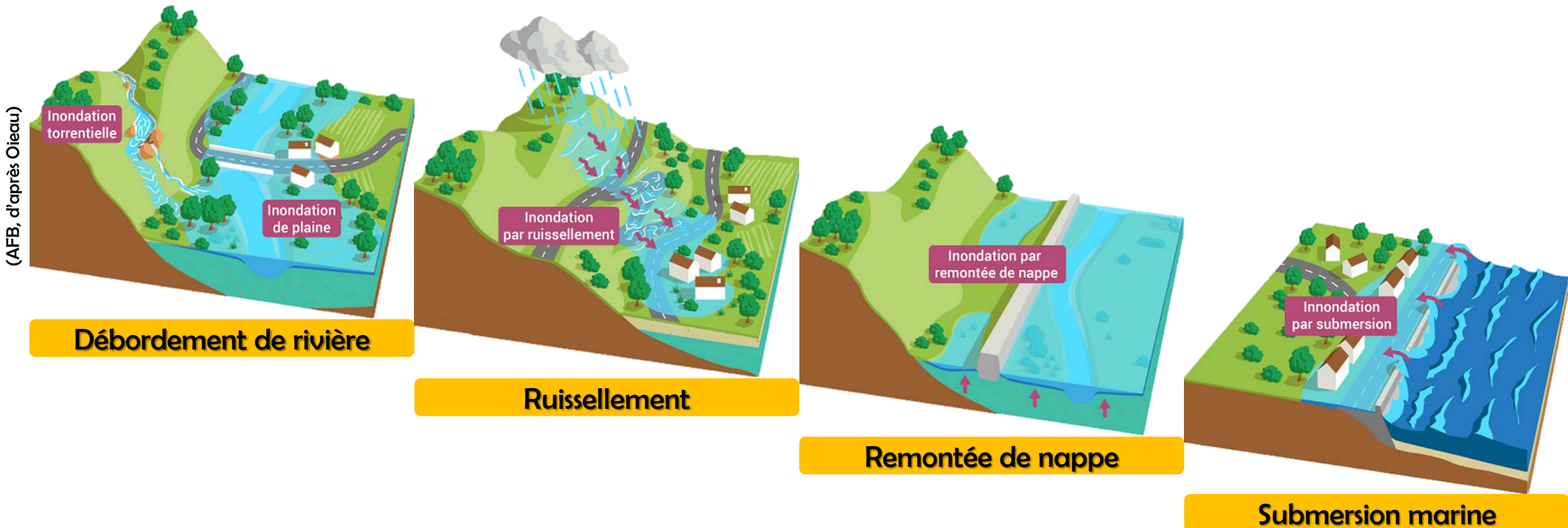
Les crues, moteur de la dynamique fluviale

Crue et inondation

Distinction entre crue et inondation :

- La **crue** désigne une **augmentation +/- brutale et durable du niveau (i.e. débit) d'un cours d'eau**
- L'**inondation** désigne une **submersion +/- rapide et durable par l'eau d'une zone habituellement hors d'eau**

Ainsi une crue peut entraîner une inondation qui peut toutefois avoir d'autres origines



Les crues un phénomène naturel...

Les crues sont des **phénomènes intrinsèques** à la dynamique des cours d'eau :

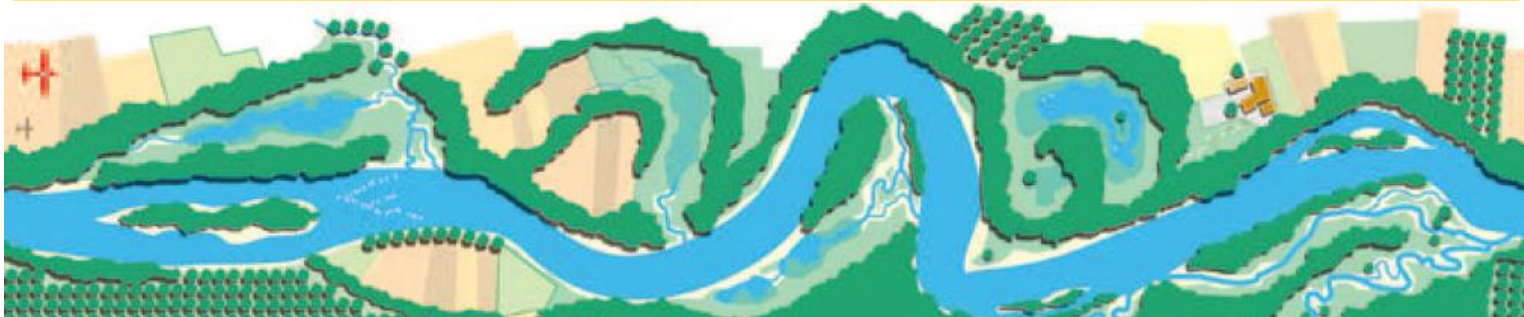
▪ Processus essentiel à l'équilibre et au bon fonctionnement de l'hydrosystème

Agent de façonnage des lit fluviaux (*i.e.* morphologie)

- Processus érosion, transport, dépôts
- Renouvellement des formes fluviales
- ...

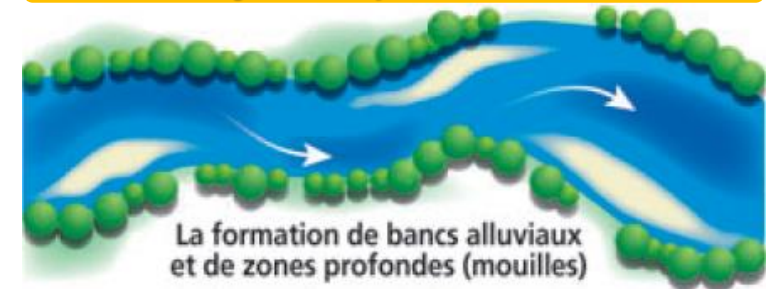
Le **bon équilibre** d'un cours d'eau nécessite un **espace dédié à son bon fonctionnement**, c'est-à-dire une **espace de liberté** (*i.e.* espace de mobilité)

Espace de liberté permettant à la dynamique fluviale de s'exprimer

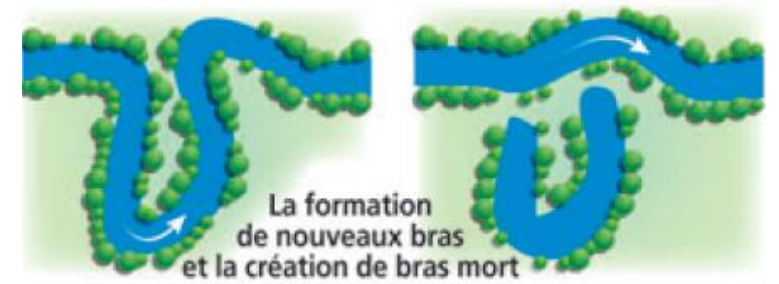


(ONEMA)

Dynamique fluviale



La formation de bancs alluviaux et de zones profondes (mouilles)



La formation de nouveaux bras et la création de bras morts



La migration vers l'aval des méandres

(ONEMA)

Les crues un phénomène naturel...

Le **fonctionnement naturel** d'un cours d'eau est fait d'**alternance entre des périodes de basses eaux et de hautes eaux**.

Cette alternance (*i.e.* crue et inter-crue) permet :

- L'enrichissement des terrains en matières organiques (*i.e.* apport de limons)
- Un auto-curage du lit
- La recharge des nappes phréatiques et des zones humides
- La création d'une mosaïque de paysage
- Le renouvellement des milieux et des habitats



...A l'origine d'une diversité de paysage...

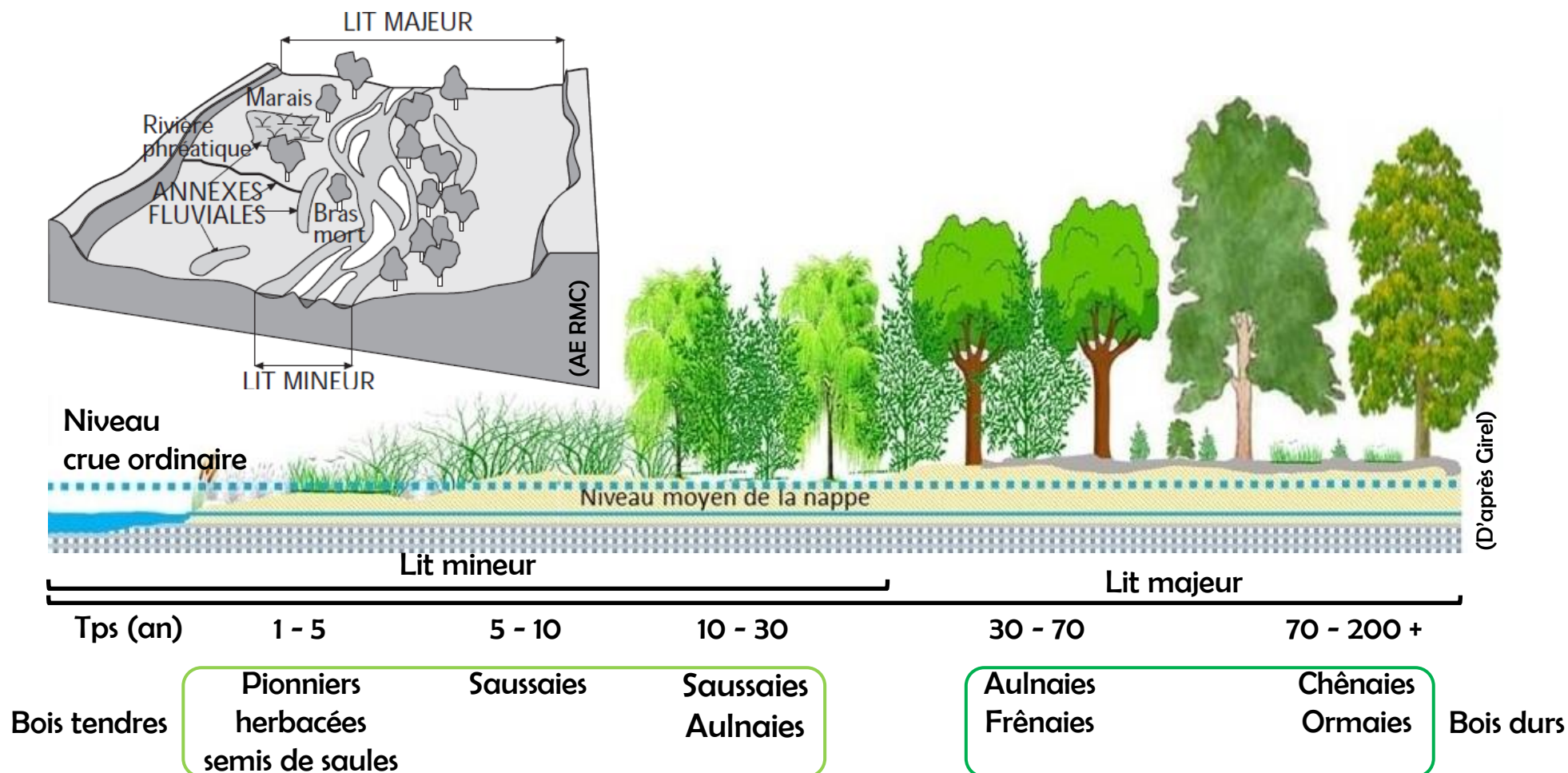
L'**hydrosystème fluvial** se caractérise par une **mosaïque de paysages** qui résultent de la **dynamique fluviale**.



(ONEMA)

...et d'une diversité écologique

Dans les **cours d'eau naturel à dynamique active**, le **remaniement fréquent des sédiments** dans les lits mineur et majeur, le **renouvellement régulier des végétaux pionniers** et la **variabilité saisonnière de submersion**, **rajeunissent en permanence les formes fluviales** et les **successions végétales** qui s'y développent et les biocénoses inféodées.



Bon fonctionnement hydromorphologique et régulation des crues

L'**hydrosystème fluvial et ses différentes composantes** peuvent contribuer de diverses manières à la réduction du risque inondation, notamment en agissant comme des **espaces tampons**.

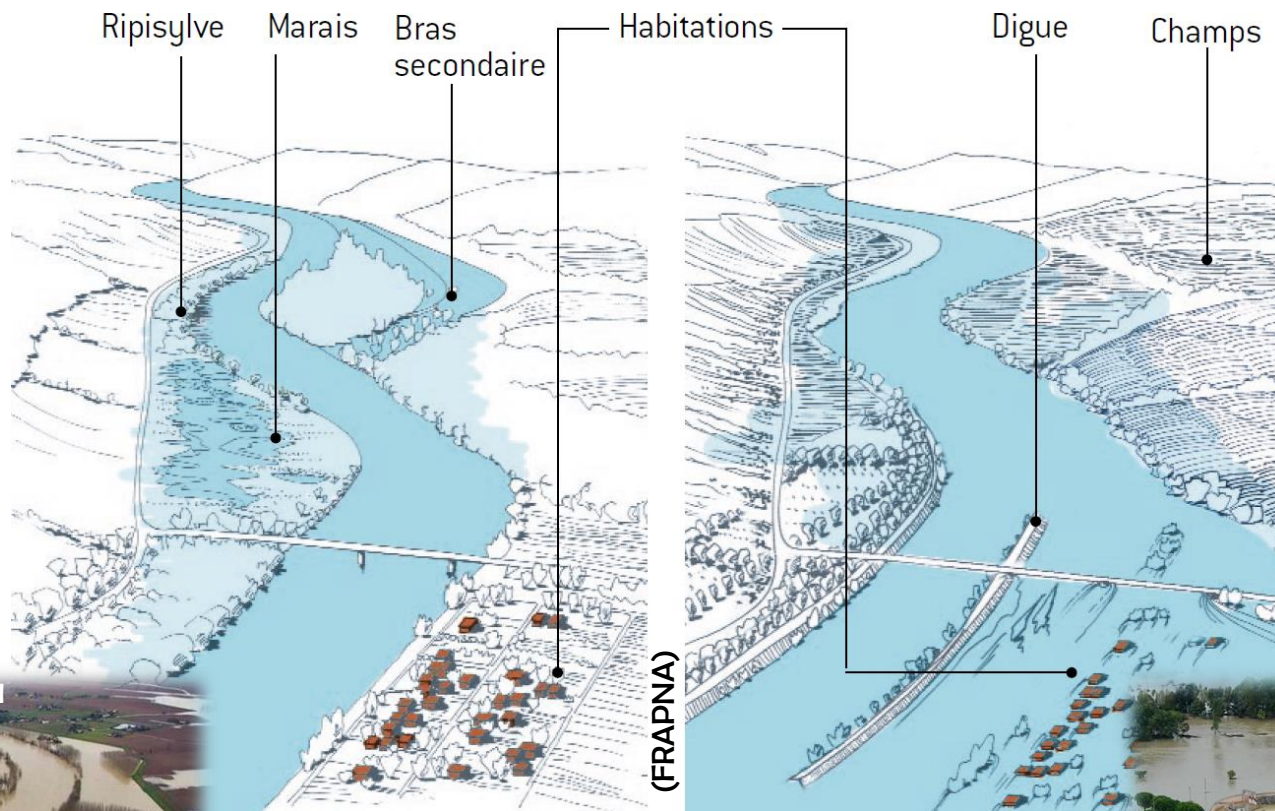


Bon fonctionnement hydromorphologique et régulation des crues

Les **zones d'expansion des crues** contribuent au **stockage / déstockage** d'importantes quantités d'eau en surface et dans le sol, permettant une **régulation des phénomènes hydrologiques** dans le bassin versant.

Avant aménagement

Etalement de la crue en lit majeur possible sur les zones humides annexes.



Après aménagement

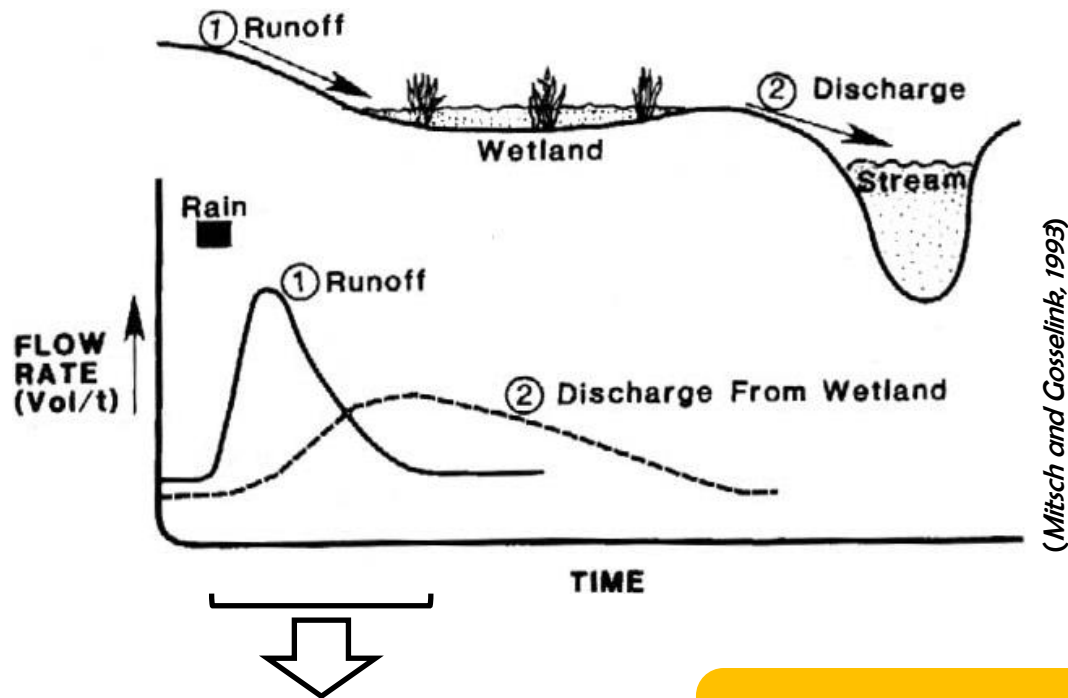
Etalement de la crue limité dans le lit majeur.
Aggravation du risque inondation à l'aval.



Bon fonctionnement hydromorphologique et régulation des crues

Les **zones humides** contribuent au **stockage / déstockage** d'importantes quantités d'eau en surface et dans le sol, permettant une **régulation des phénomènes hydrologiques** dans le bassin versant.

Elles **interceptent les eaux de ruissellement** réduisant ainsi les pics de crue en des **débits plus lents et plus faibles** sur des périodes plus longues (*i.e.* étalement de crue).



Atténuation - décalage du pic de crue
Stockage puis déstockage progressif

Superficie de 5% d'un BV en zones humide peut réduire de $\approx 60\%$ un pic de crue (*Ammon et al., 1981*)

Exemple du Mississippi (Mitsch and Gosselink, 1993)

Avant 1700 : stockage équivalent à 60 jours de débit

Fin 20^{ème} s. : stockage de environ 12 jours de débit



En cause la réduction des zones humides et l'assèchement de la plaine d'inondation (*i.e.* endiguement).

An aerial photograph showing a wide river flowing through a landscape of green fields and dense forests. In the upper right, a town with numerous buildings is visible. The river curves through the center of the image. A semi-transparent white box with rounded corners is overlaid in the middle, containing the text 'Merci pour votre attention'.

Merci pour votre attention