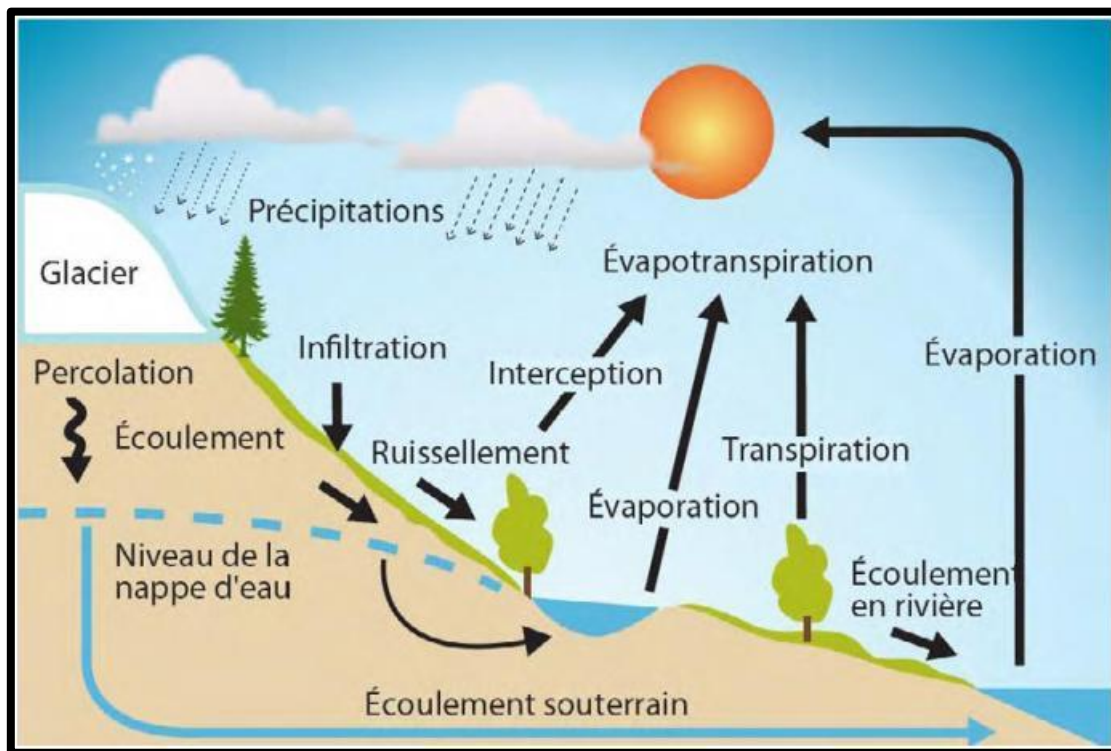


# SYSTÈME ET FORMES FLUVIAUX

## 1. DÉFINITION

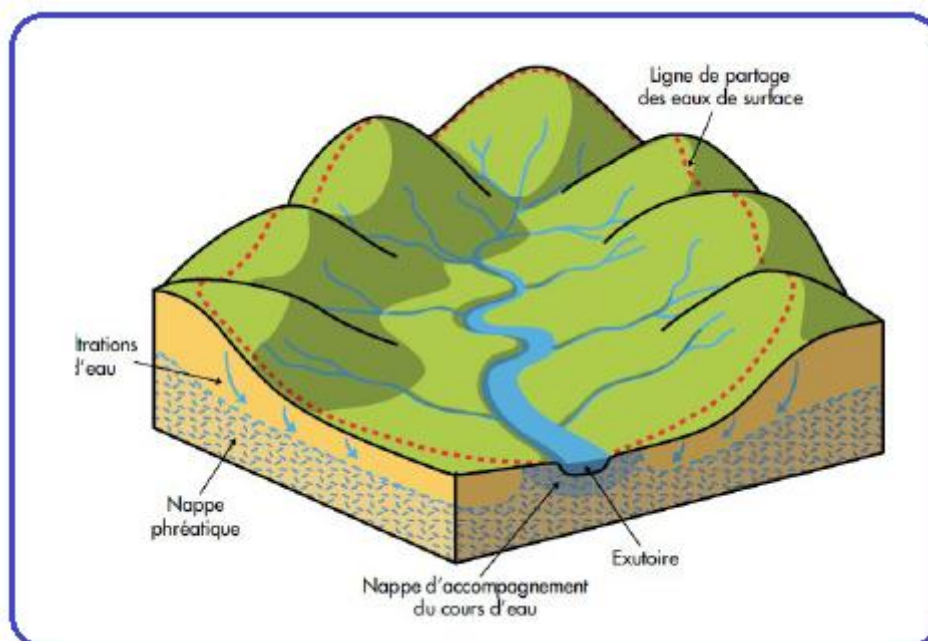
- ❖ Le « cycle de l'eau » caractérise l'ensemble des mécanismes qui concernent les mouvements d'eau et de renouvellement d'eau sur la Terre. C'est le circuit naturel de l'eau dans ses différents états entre les océans, l'atmosphère et les eaux des continents. C'est un cycle continu. : (figure.1) :
- Elle s'évapore au niveau des océans, des lacs et des rivières (évaporation). Ainsi, elle s'évapore au niveau des plantes (évapotranspiration) et se retrouve ainsi dans l'atmosphère ;
- Lorsqu'elle est introduite dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se transforme en précipitations liquides (pluie) ou solides (grêle, neige) en raison de la condensation.
- Au sol, elle ruisselle, s'infiltre ou est stockée sous forme de neige suivant les caractéristiques du milieu.
- L'eau de ruissellement qui pénètre dans le sol se retrouve dans les rivières, dans les lacs et aussi dans les mers et les océans.



*Fig.1. Le cycle de l'eau (Source : Gagnon et Gangbazo, 2007 (adaptation)).*

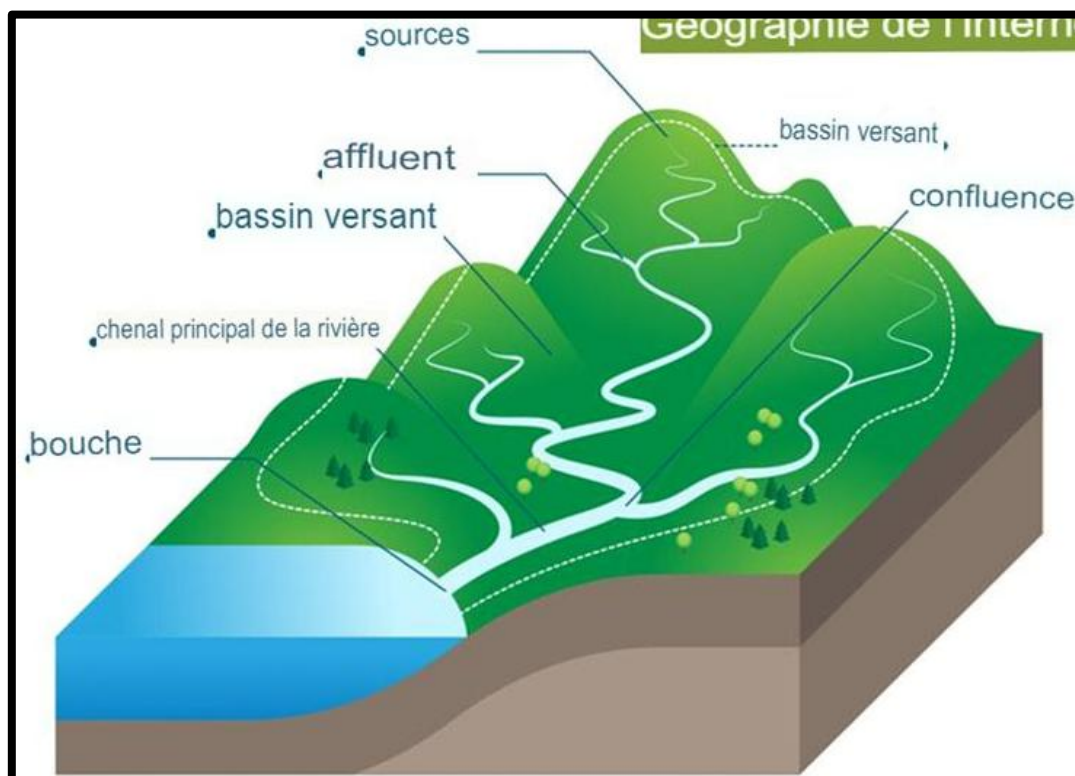
## 2. LE BASSIN VERSANT :

- Un bassin versant est une aire délimitée par des lignes de partage des eaux à l'intérieur de laquelle les précipitations sont concentrées vers un même exutoire (**conduit d'évacuation**). Généralement, la ligne de partage des eaux correspond aux lignes de crêtes qui définissent un bassin versant topographique.



*Fig .2.A. Le bassin versant : Source : Observatoire citoyen des zones humides, Alsace (France).*

- Un **bassin versant** constitue l'unité fonctionnelle la plus grande pour un hydrosystème donné qui draine les eaux du ruissellement de surface délimité par les lignes de crêtes (bassin versant topographique) et les eaux souterraines (bassin hydrogéologique). S'ajoutent à ces flux hydriques des flux de matières (tels que les sédiments).



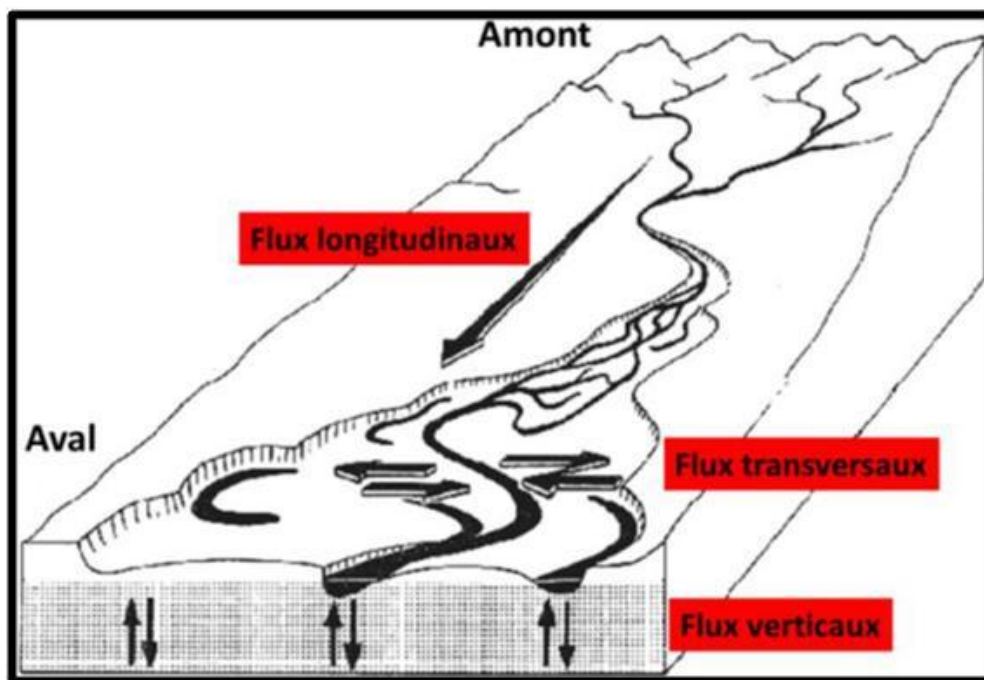
*Fig .2.B. Le bassin versant :*

- Les limites d'un bassin versant peuvent aussi être modifiées par des :

- interventions anthropiques, comme la réalisation de nouveaux fossés de drainage, d'un réseau routier
  - ou encore le déplacement de trajectoire d'un cours d'eau.
- **On nomme les bassins versants sous les termes de bassins fluviaux ou de bassins versants.**
  - Quand il pleut dans cette zone, l'eau se dirige vers :
    - le cours d'eau principal,
    - que ce soit à la surface du sol
    - ou en sous-sol,
    - finalement il se retrouver à l'embouchure du fleuve.
  - Une confluence se produit lorsque deux ruisseaux ou rivières réunissent.
  - Le débit d'une rivière fait référence à la quantité d'eau qui s'y écoule. On l'exprime en mètres cubes par seconde ( $m^3/s$ ).
  - Le schéma ci-dessus illustre les caractéristiques clés d'un bassin versant.

### 3. L'HYDROSYSTÈME FLUVIAL

- Un hydrosystème fluvial est un système en dynamique qui comprend **une portion de cours** d'eau, y compris le lit mineur, le lit majeur (la plaine d'inondation), la nappe phréatique, ainsi que par l'influence des activités humaines qui peuvent modifier son fonctionnement naturel.



*Figure 3 : Les flux d'échanges au sein de l'hydrosystème fluvial d'après Amoros et Petts (1993).*

- Il se distingue par l'interaction entre les courants d'eau, les dépôts et la matière organique, et l'impact des actions humaines susceptibles de perturber son processus naturel.

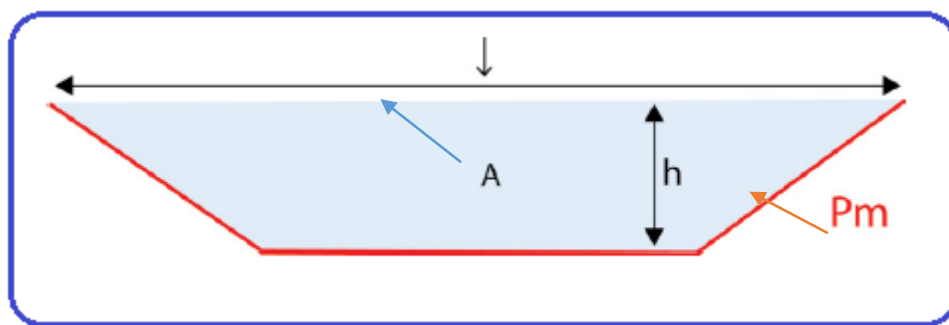
#### 4. LES PARAMÈTRES HYDRAULIQUES D'UN COURS D'EAU

##### a. Morphologie du cours d'eau

- La morphologie d'un cours d'eau correspond à ce qu'on peut observer de son tracé sur une carte topographique ou sur une photographie aérienne.
- Il peut être, par exemple :
  - rectiligne (zones de montagne),
  - méandreux (plaines)
  - ou encore composé de chenaux d'écoulement multiples (tresses).
- La morphologie du cours d'eau dépend aussi :
  - des sédiments que celui-ci charrie
  - et de la géologie de la région,
  - les pentes des berges
  - et la forme des zones inondables.

##### b. Section d'écoulement

- ❖ Les sections d'écoulement sont des profils en coupe des cours d'eau qui sont effectués perpendiculairement à son axe longitudinal.
- *Elles nous renseignent sur les paramètres physiques du cours d'eau nécessaires aux calculs hydrauliques, qui sont principalement les suivants :*
  - **Profondeur (h)** : distance verticale mesurée entre le fond du cours d'eau et la surface de l'eau. Cette profondeur est dépendante du débit, qu'elle permet souvent de caractériser ;
  - **Section d'écoulement (A)** : surface verticale du cours d'eau occupée par l'eau ;
  - **Périmètre mouillé (Pm)** : longueur du segment de la section qui est en contact avec l'eau ;
  - **Rayon hydraulique (Rh)** : rapport entre la surface d'écoulement et le périmètre mouillé ( $A/Pm$ );
  - **Largeur au miroir (l)** : largeur à la surface du cours d'eau, mesurée perpendiculairement à l'écoulement.

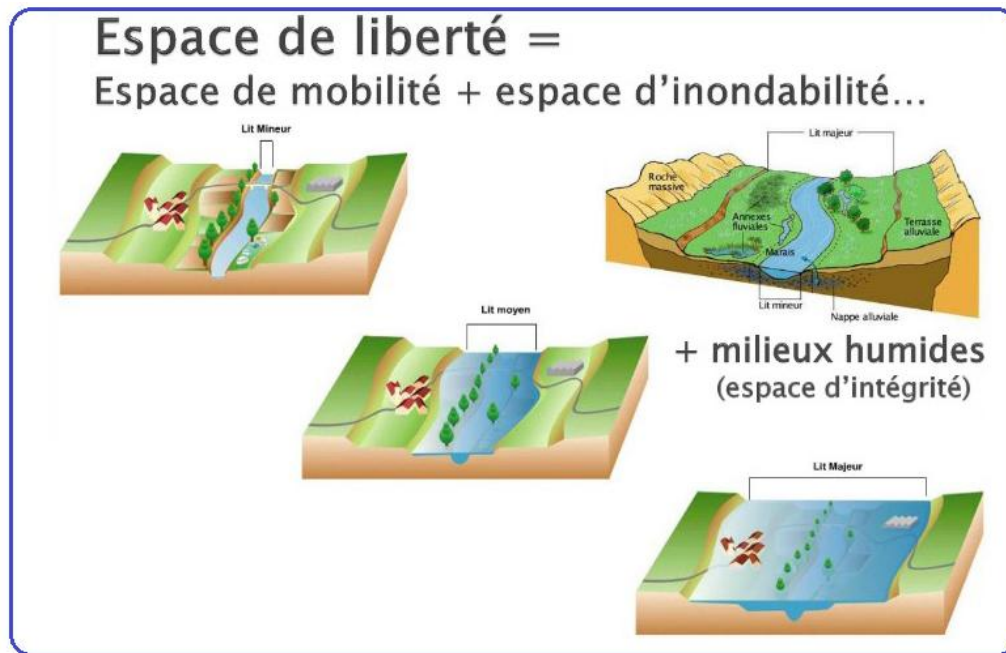


*Fig.4..Les paramètres de la section d'écoulement.*

#### 5. ESPACE DE LIBERTÉ D'UN COURS D'EAU :

- Les cours d'eau sont des objets complexes qui se caractérisent par un état d'équilibre dynamique, mais qui sont également ajustables à des perturbations plus profondes de composantes fondamentales.

- Ceci implique que les cours d'eau sont mobiles et qu'ils occupent dans le temps un espace qui excède le chenal d'écoulement que nous pouvons observer en période estivale.
- Par exemple, en fonction des caractéristiques géomorphologiques du cours d'eau :
  - des méandres se forment, migrent latéralement, se recoupent, puis disparaissent ;
  - des bancs d'alluvions apparaissent et disparaissent ;
  - des berges s'érodent, le lit se charge en gravier ou s'incise, des avulsions s'opèrent (processus naturel de relocalisation du tracé du cours d'eau) ou encore des chenaux secondaires se forment. Cet espace peut être défini comme l'espace de mobilité du cours d'eau.



**Fig.5. : Espace de liberté d'un cours d'eau** Source : Biron et coll. (2013) *Espaces de liberté : un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques.*

## 6. L'ASPECT FLUVIAL :

- Est l'expression morphologique du cours d'eau, et plusieurs classifications ont été présentées pour le définir.
- Ces classifications se basent généralement sur les caractéristiques dominantes du chenal d'écoulement :
  - la forme de la section d'écoulement,
  - la sinuosité,
  - la présence de tressage ou de bancs d'accumulation, etc.
- **La classification de Church (2006), par exemple,** est basée sur des critères qualitatifs où apparaissent principalement :
  - la taille des sédiments,
  - leurs modes de transport (suspension, charge de fond)
  - et l'arrangement des formes d'accumulation (figure 6.).



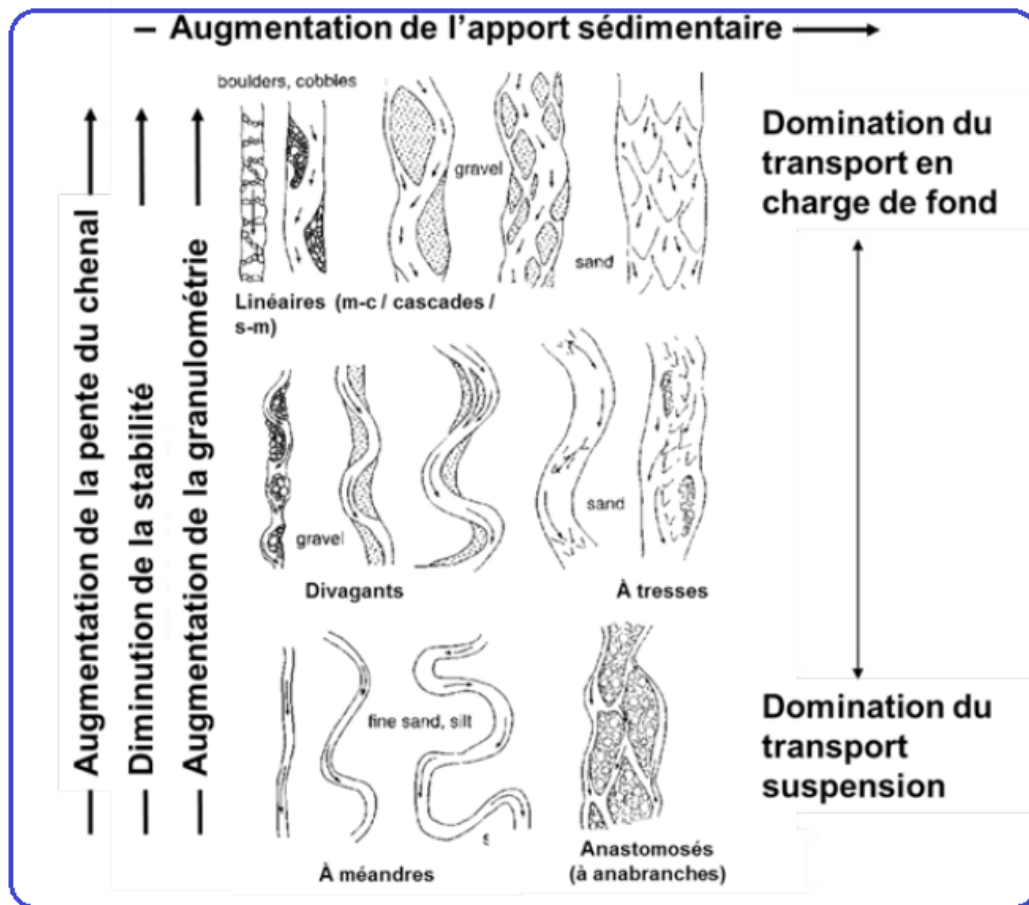


Fig.6.classification des styles fluviaux : Source : Robert, 2003 et Church, 2006 (adaptation).

### A. La dynamique fluviale

- La morphologie d'un cours d'eau ou hydromorphologie est définie selon plusieurs critères :
  - la largeur du lit (espace occupé, en permanence ou temporairement, par le cours d'eau),
  - sa profondeur,
  - sa pente longitudinale,
  - la nature des berges, leur pente,
  - les caractéristiques du substrat,
  - la forme des méandres ...
- Généralement, elle est liée étroitement à l'hydrologie (état quantitatif et dynamique des débits, connexion aux eaux souterraines)
- Un cours d'eau est un système qui recueille et transporte vers l'aval, sous l'effet de la gravité, les eaux des pluies.

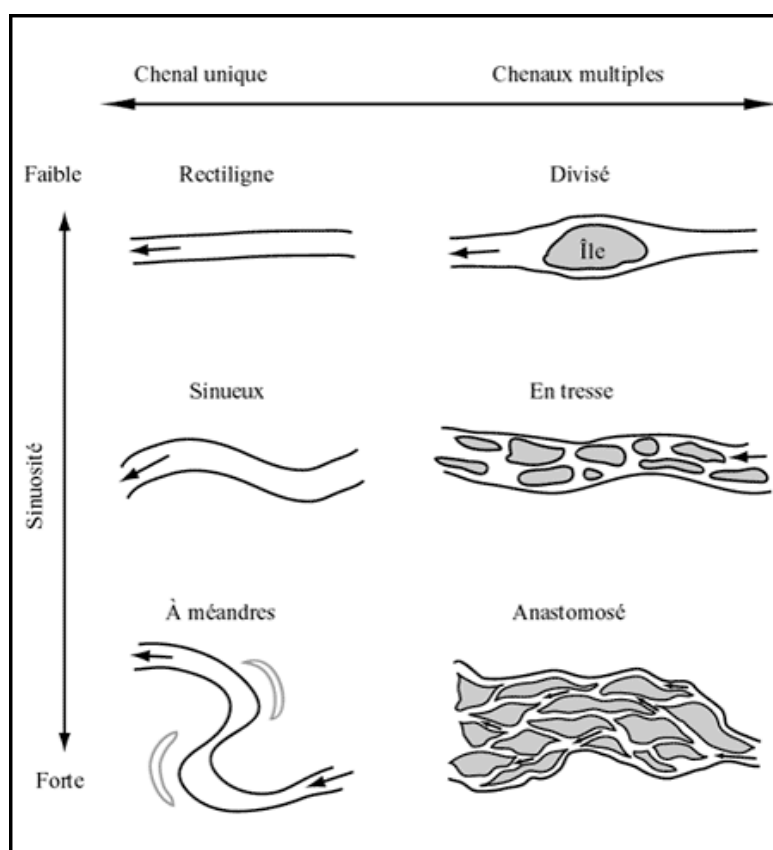


Fig.7. Les différentes formes de cours d'eau

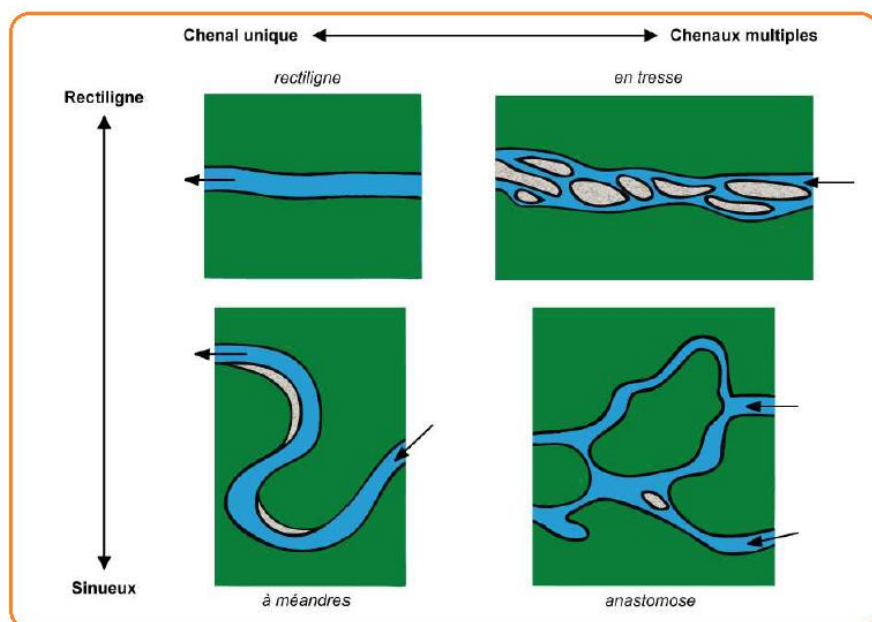


Fig.8. types des styles fluviaux (classification de Rust , 1978)

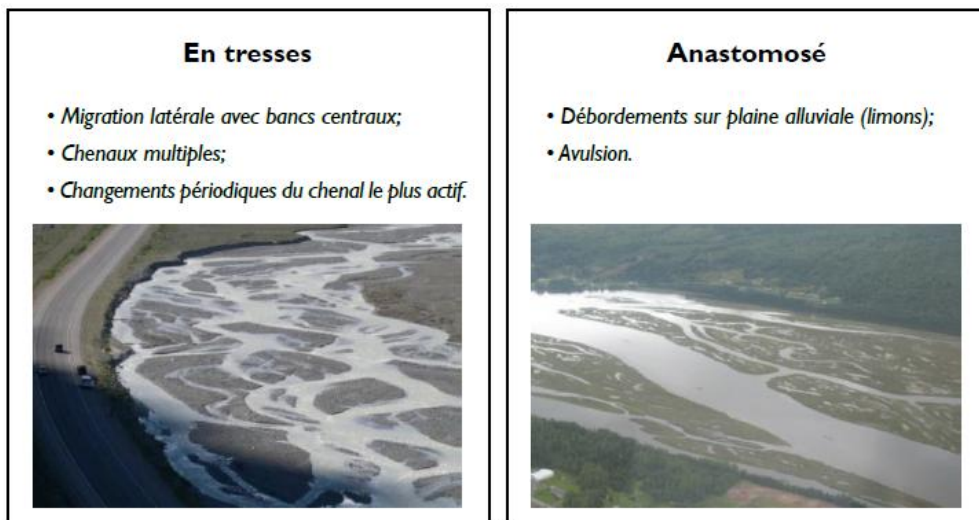
- Sa pente et son débit en font un système énergétique ; sa morphologie est fonction de plusieurs paramètres comme le climat, de la géologie ou encore le relief.

- Selon la quantité de matériaux transportés, de la nature plus ou moins cohésive des berges et de la puissance du cours d'eau, le lit du cours d'eau pourra être de différents types :
    - à méandres,
    - en tresse,
    - rectiligne,
    - sinueux..
  - Les altérations hydromorphologiques, qui modifient le fonctionnement naturel des cours d'eau, sont liées aux pressions anthropiques qui s'exercent sur les sols du bassin versant et sur les cours d'eau :
    - Les obstacles à l'écoulement,
    - la chenalisation,
    - la rectification du tracé,
    - le drainage,
    - l'irrigation,
    - l'imperméabilisation...
- ❖ Les morphologies fluviales sont nombreuses et s'expriment en tailles très variables.

➤ **Les principaux styles fluviaux et leurs processus morphogènes dominants :**







Source : Buffin-Bélanger et coll., 2015.

❖ La morphologie fluviale la plus reconnue est sans aucun doute la plaine alluviale.

## B. Les méandres

### 1- Définition :

- Un méandre est une ondulation non fermée faite par le lit d'un cours d'eau.
- Les méandres évoluent au cours du temps. Le côté extérieur est érodé petit à petit, tandis que des sédiments se déposent sur le côté intérieur, à cause des mouvements de l'eau quand elle prend ce virage.
- méandre : c'est-à-dire sinuosité d'une rivière, d'un cours d'eau).

### 2- Condition pour formation d'un méandre : Un cours d'eau ne forme des méandres que dans certaines conditions :

- lorsque sa pente est faible
- en plaine
- Souvent les méandres se forment dans une zone assez plate autour du cours d'eau qu'on appelle la plaine alluviale.

### 3- Evolution des méandres : généralement les méandres évoluent au cours du temps.

- Dans un méandre, l'eau subit une force centrifuge qui la jette vers l'extérieur, surtout l'eau de surface qui se déplace plus vite.
  - Elle vient donc éroder les berges de cette rive qui recule et sera assez escarpé
  - Ces sédiments sont transportés par l'eau à l'inverse, il s'en dépose (alluvions) sur la rive opposée (la rive convexe) qui a des pentes plus douces.
- Avec ces phénomènes, un méandre a tendance d'une part à progresser petit à petit vers l'aval, c'est-à-dire dans le sens du courant, et d'autre part à s'agrandir, jusqu'à ce que la boucle qu'il forme soit coupée :
- le cours d'eau creusera une sorte de raccourcis.
  - Les alluvions en se déposant vont alors colmater l'entrée du méandre coupé et celui-ci deviendra un bras mort du cours d'eau.
  - Il pourra ensuite se former un autre méandre.
  - Il faut noter que cette évolution n'est pas régulière : comme tous les mouvements d'un cours d'eau, cela a lieu principalement lors des crues, lorsque le courant a beaucoup plus de puissance.
  - La vitesse d'évolution d'un méandre est aussi très variable selon la taille d'un cours d'eau, le terrain sur lequel il se trouve, et la pente.

- Un écoulement d'eau sur une plage de sable peut former des méandres en quelques heures, tandis que les méandres de grands fleuves en plaine mettent plusieurs siècles ou milliers d'années à évoluer.

**a) La plaine alluviale :**

- est une forme d'accumulation construite à la fois par :
  - les processus de migration latérale des cours d'eau
  - et par les processus d'accumulation lors des débordements du cours d'eau.
- La plaine alluviale est le reflet direct des processus qui la mettent en place, et il en va de même pour l'ensemble des morphologies fluviales. Les photos ci-dessous (de Buffin-Bélanger et collaborateurs (2015), présente des morphologies fluviales courantes et indique pour chacune les processus morphogènes dominants.

**Plaine alluviale dominée par l'accrétion verticale (Union)**

- Inondation;
- Dépôts de débordements (limons).



**Plaine alluviale dominée par la migration latérale**

- Migration latérale avec bancs centraux et de convexité;
- Chenaux secondaires;
- Avulsion : changement brusque du chenal.



**Cône alluvial**

- Aggradation;
- Avulsion.

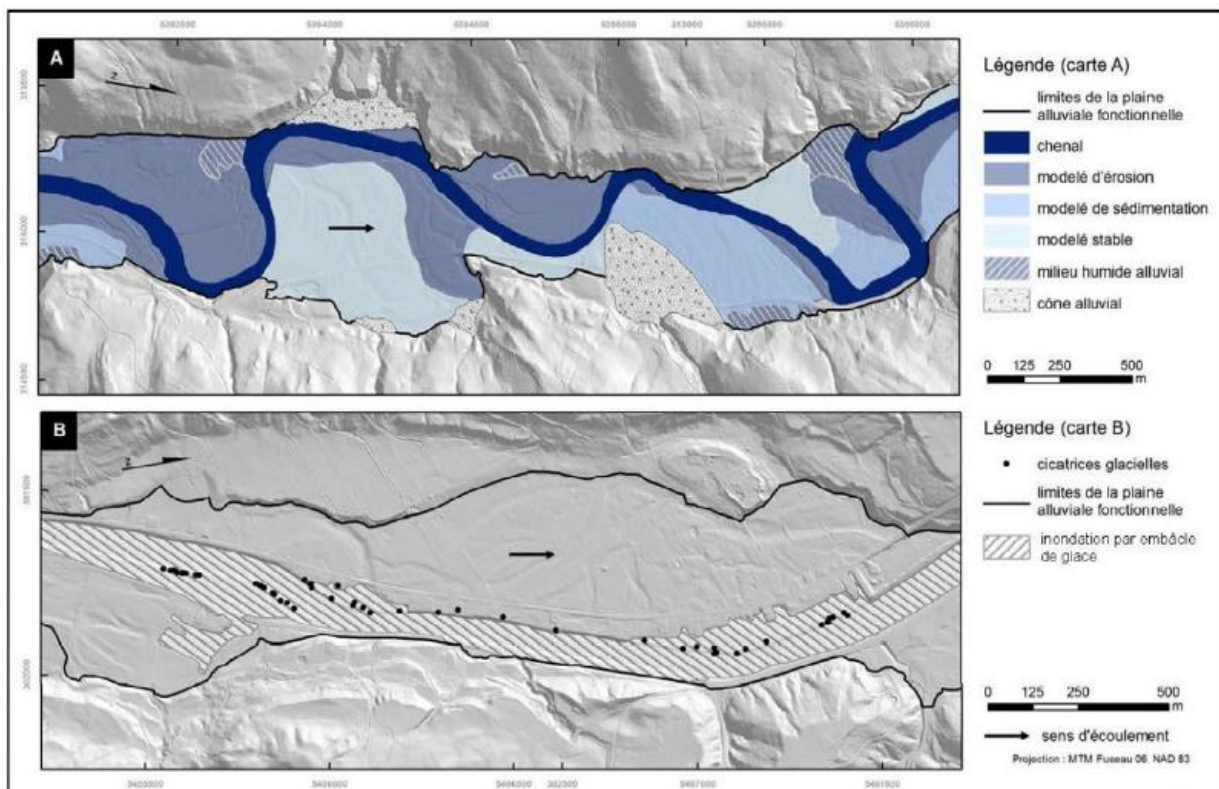




Source : Buffin-Bélanger et coll., 2015.

## 7. TRAJECTOIRE GÉOMORPHOLOGIQUE :

- ❖ La trajectoire géomorphologique représente l'évolution de la morphologie et du dynamisme d'un cours d'eau dans le temps (figure .9).
- ❖ La trajectoire géomorphologique repose sur l'étude historique du dynamisme fluvial et a pour but de permettre de visualiser rapidement les changements survenus dans le temps ou encore les tendances dans le dynamisme fluvial.



Source : Demers et coll., 2014.

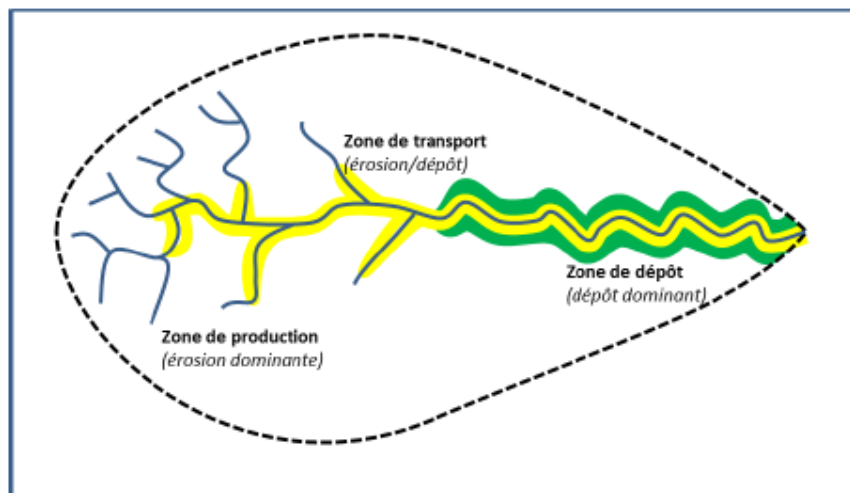
**Fig.9.évolution de la morphologie et du dynamisme d'un cours**

- ❖ L'étude de photographies aériennes permet par exemple d'observer rapidement des ajustements géomorphologiques d'un cours d'eau dans le temps.

## 8. LE SYSTÈME FLUVIAL

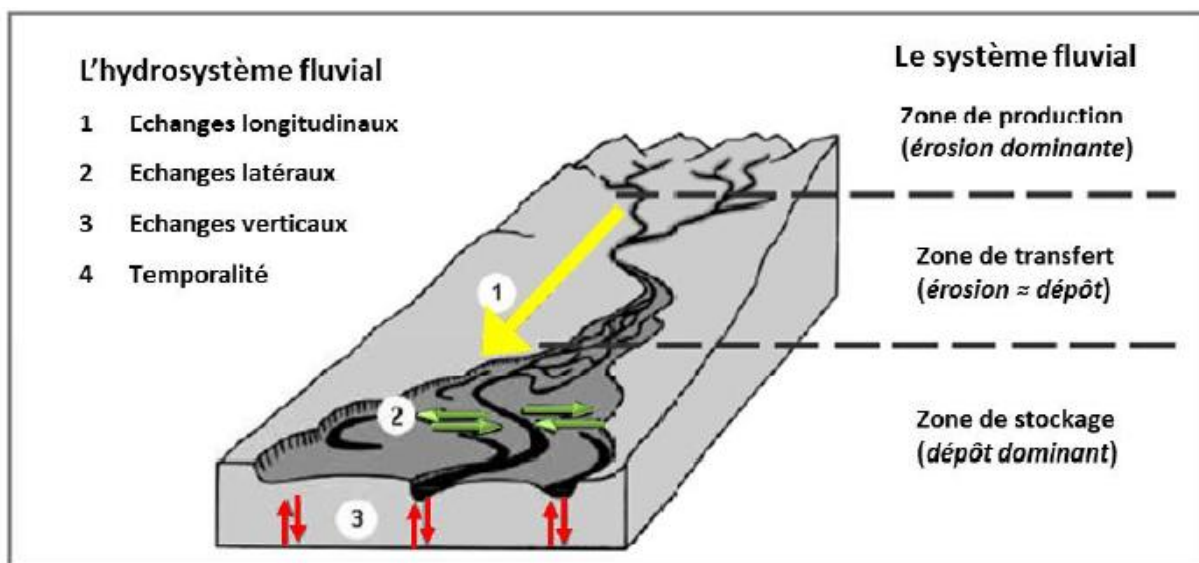
D'après (Schumm, 2003) le système fluvial est un concept uniquement géomorphologique qui décrit l'organisation spatiale des transferts d'eau et de sédiments. Il distingue trois zones du bassin versant, au sein desquelles les processus :

- **d'érosion,**
- **de transport**
- **et de dépôt**



*Figure .10. Schématisation du concept de système fluvial de (Schumm, 2003) d'après (Church, 2002) dans (Chapuis, 2012).*

*Notes : zone de production en blanc, zone de transfert en jaune, zone de dépôt en vert.*



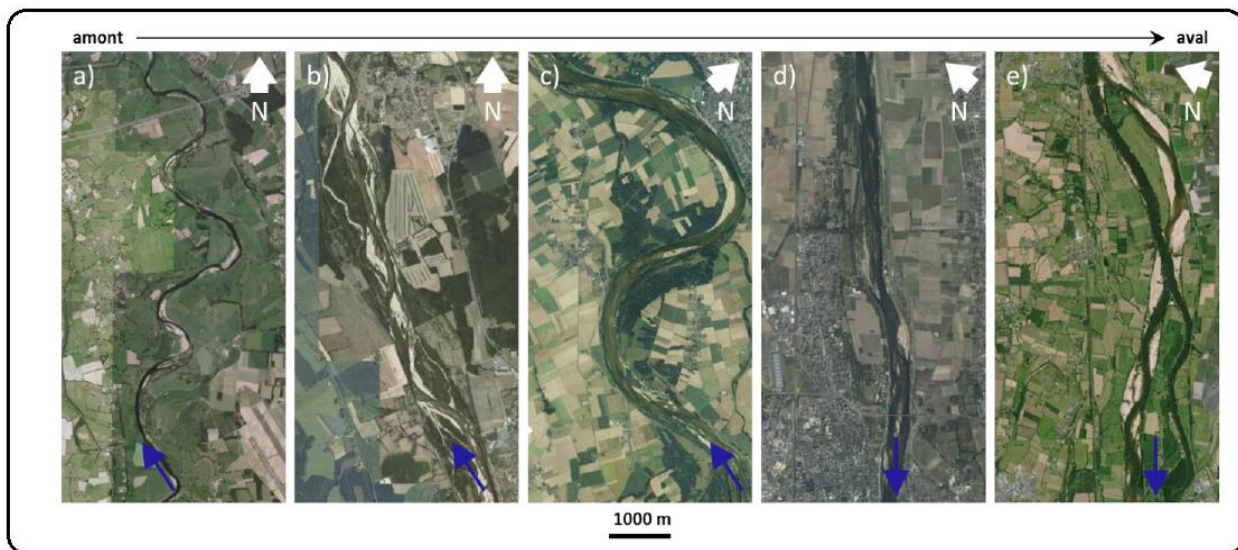
*Fig.11 Schématisation de l'Hydrosystème fluvial (d'après Amoros et Petts, 1993).*



## ❖ Paramètres d'évolution morphologique des cours d'eau :

- L'hydrosystème fluvial est un système dynamique au sein duquel la morphologie des cours d'eau est contrôlée par des facteurs s'exprimant à des échelles spatio-temporelles différentes, tels que le climat, la géologie (lithologie et tectonique), la topographie et l'occupation du sol ; ces paramètres influencent deux variables majeures de contrôle de la morphologie des cours d'eau que sont :
  - le débit liquide
  - et le débit solide.

## ❖ Morphologie fluviale



**Figure .12 : Quelques styles fluviaux : a) chenal à méandre b) chenaux multiples c) chenal à méandre d) chenal rectiligne, e) chenaux multiples**

Les flèches bleues indiquent le sens d'écoulement. (Photographie issues du site internet <http://www.geoportail.gouv.fr/>)

**Rectiligne**



**Méandrage**



**Tressage**





**Bibliographie :**

- **Coraline WINTENBERGER, 2015 :** *Dynamique fluviale et végétation pionnière à Salicaceae en rivière sablo- graveleuse ; thèse de doctorat UNIVERSITÉ FRANÇOIS – RABELAIS DE TOURS*
- **Dynamique des cours d'eau :** <https://agrcq.ca/guide-gestion-cours-eau/> AGRCQ Guide sur la gestion des cours d'eau du Québec
- **Bravard J. P., Petit F., 1997.** *Les cours d'eau, dynamique du système fluvial, Colin, Coll. U, 222 p.*
- **Amoros C., Petts G.E. (Eds), 1993.** *Hydrosystèmes fluviaux. Masson, Paris, 300 p.*
- **Mathieu Cassel.** Caractérisation des particules dans les lits à galets : expérimentation, développements, méthodologiques et applications in situ. Géographie. Université de Lyon, 2017. Français. NNT : 2017LYSEN087.