



COMPRENDRE : les bases à acquérir sur le fonctionnement des cours d'eau

Comprendre le fonctionnement d'un bassin versant



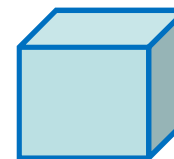
Analyser et évaluer les cours d'eau
3 et 4 juillet 2012
CNFPT Nevers



La ressource en eau



Volume total $\approx 1\,400\,000\,000\,000\,000\,000$ de km^3

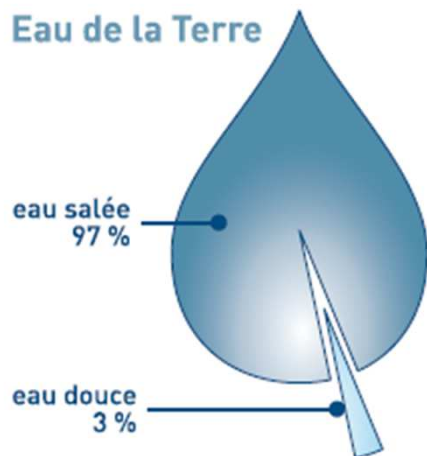


1 400 km
de côté



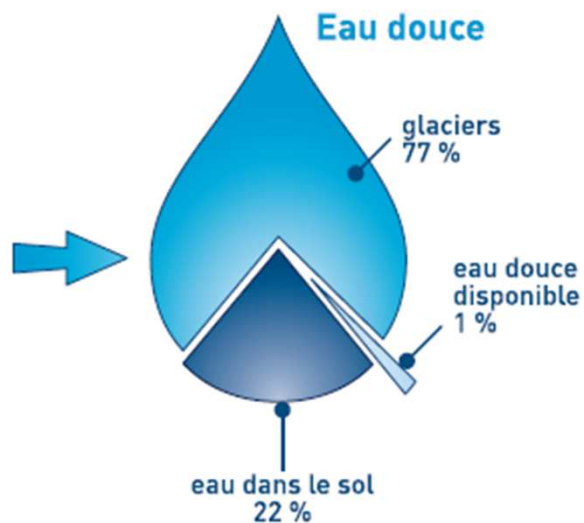
400 fois le volume

Eau de la Terre



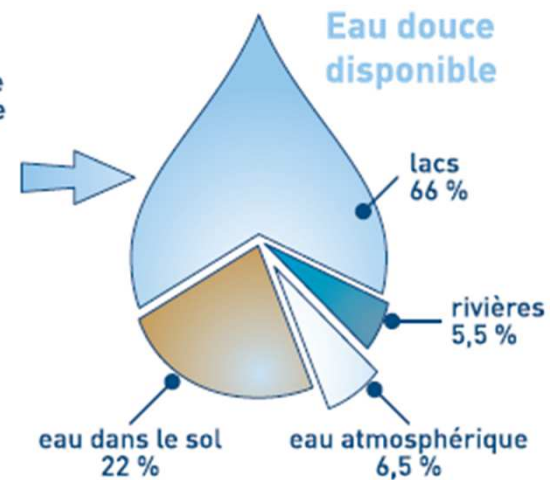
+ de 97 % de
l'eau salée
à peine 3 % d'eau
douce

Eau douce



Moins de 1 % véritablement
disponible pour les êtres
vivants : 9 M de km^3

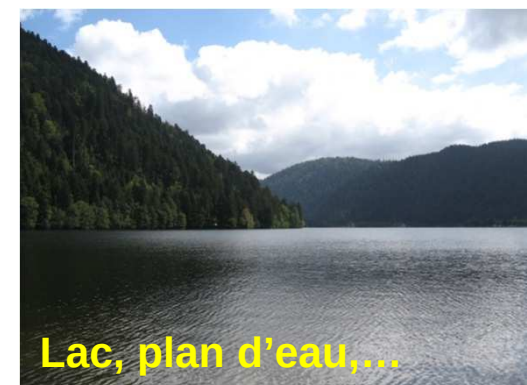
Eau douce disponible



La ressource en eau

Eaux douces de surface

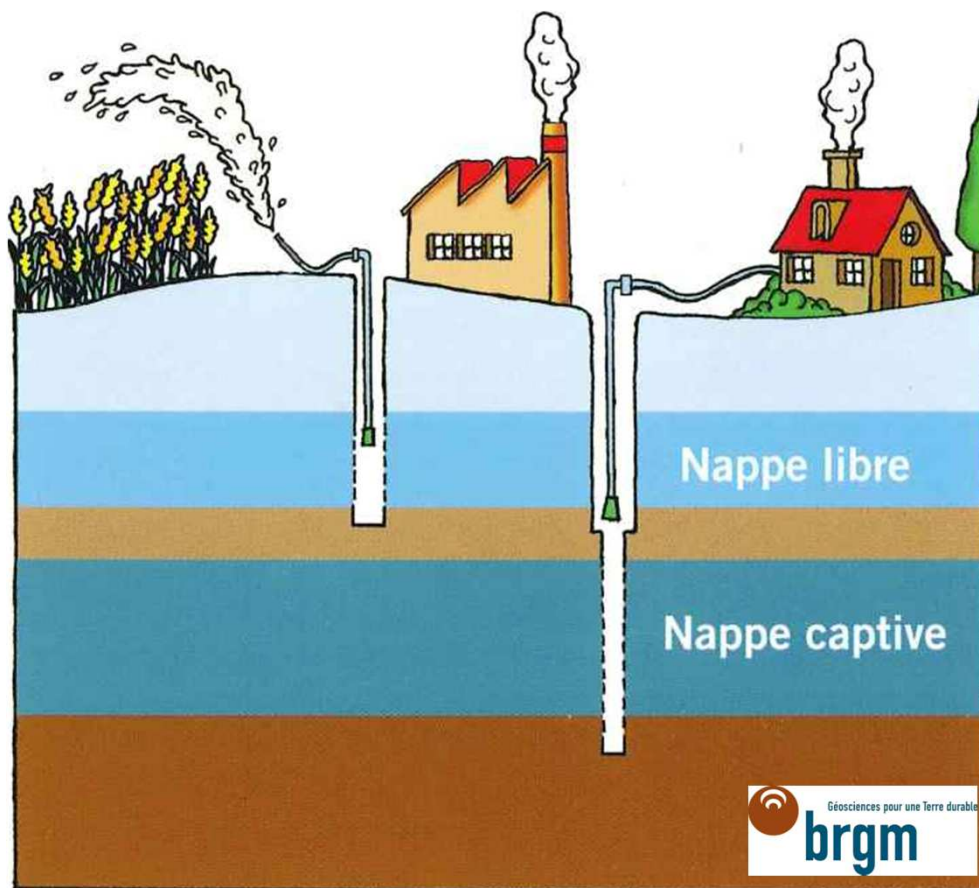
Volume total très faible : 0,18 M de km³ (soit 0,013 % de l'hydrosphère)



La ressource en eau

Eaux souterraines

Aquifère, principale ressource en eau de 8 M de km³ (soit 0,6 % de l'hydrosphère)



En ∫ du contexte hydrogéologique :

Nature du sol

Vulnérabilité / surface

sol perméable

lien direct +++

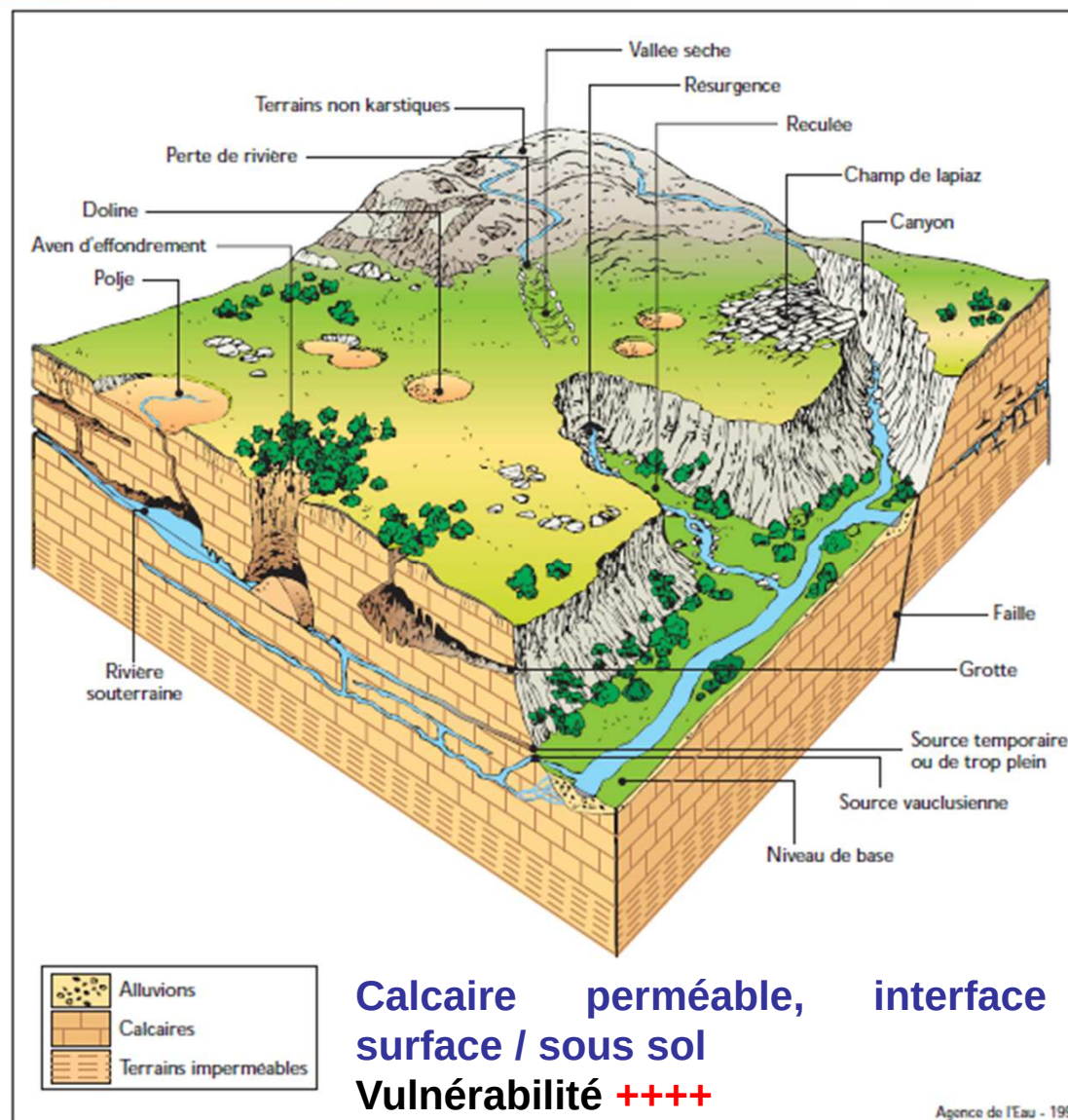
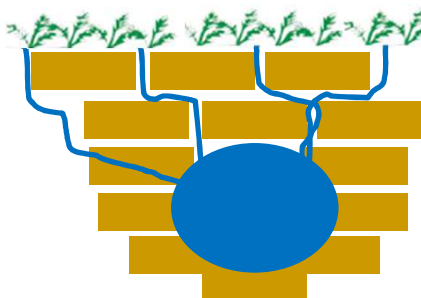
située entre 2 couches imperméables

lien ténu + renouvellement + lent

La ressource en eau

KARST = formes superficielles et souterraines résultant de la dissolution de roches carbonatées

Eau de pluie infiltrée (chargé en CO_2) dissout la roche



Une échelle de gestion : le bassin versant

Entité géographique globale et cohérente pour une gestion de la ressource en eau



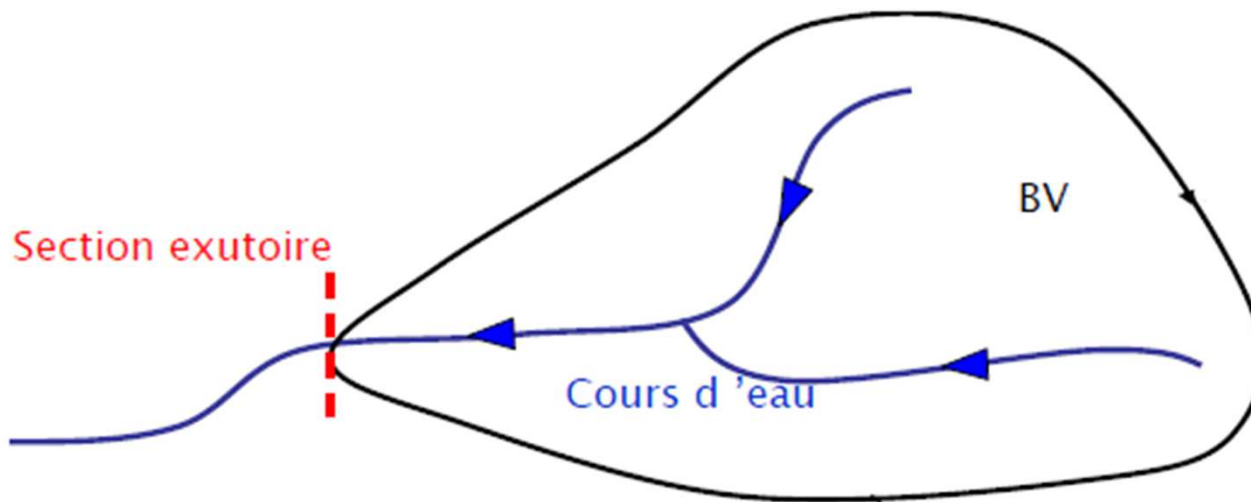
Multiplicité des usages dépendant les uns des autres :

- prélèvement pour l'AEP, irrigation, process industriels, hydroélectricité,
- loisirs liés à l'eau,
-
- réception des pollutions domestiques, industrielles et agricoles

Interdépendance des milieux aquatiques

Une échelle de gestion : le bassin versant

Unité de référence en hydrologie : zone géographique (unique) drainée par un cours d'eau (et ses affluents)



Tjs associé à :

- cours d'eau
- section de ce cours d'eau

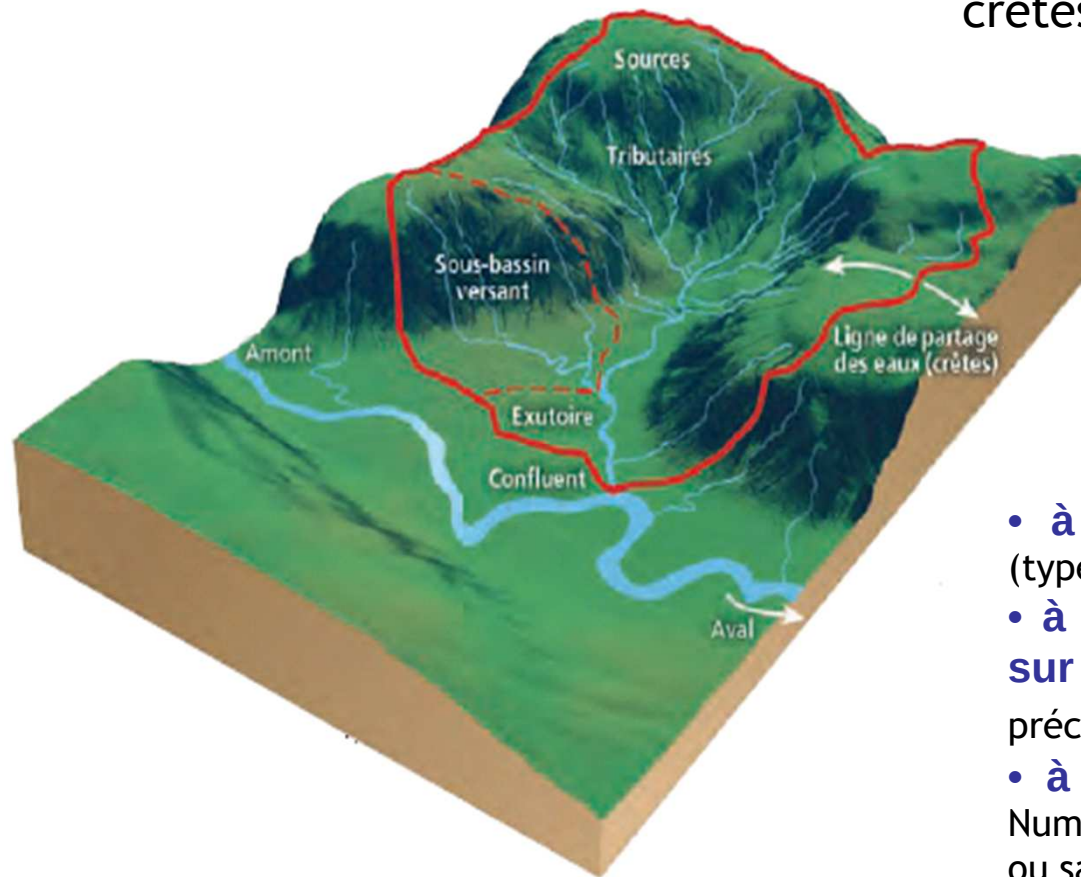
→ collecter les eaux de pluie et concentrer les écoulements vers les cours d'eau

Mise en relation précipitations / débit des cours d'eau

Une échelle de gestion : le bassin versant

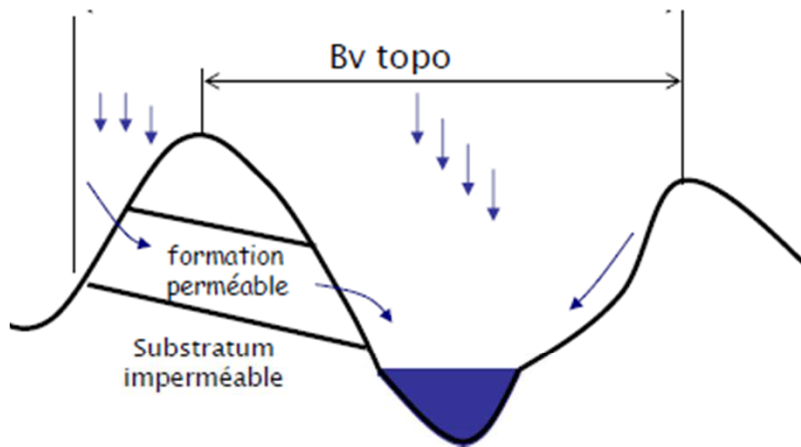
BV topographique

Délimitation des limites par des frontières naturelles = crêtes des sommets



- à partir d'une carte IGN (type BD TOPO 25m - 50m - 100m)
- à partir de relevé de topo sur le terrain (manque de précision)
- à partir d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain source IGN ou satellites)

Une échelle de gestion : le bassin versant

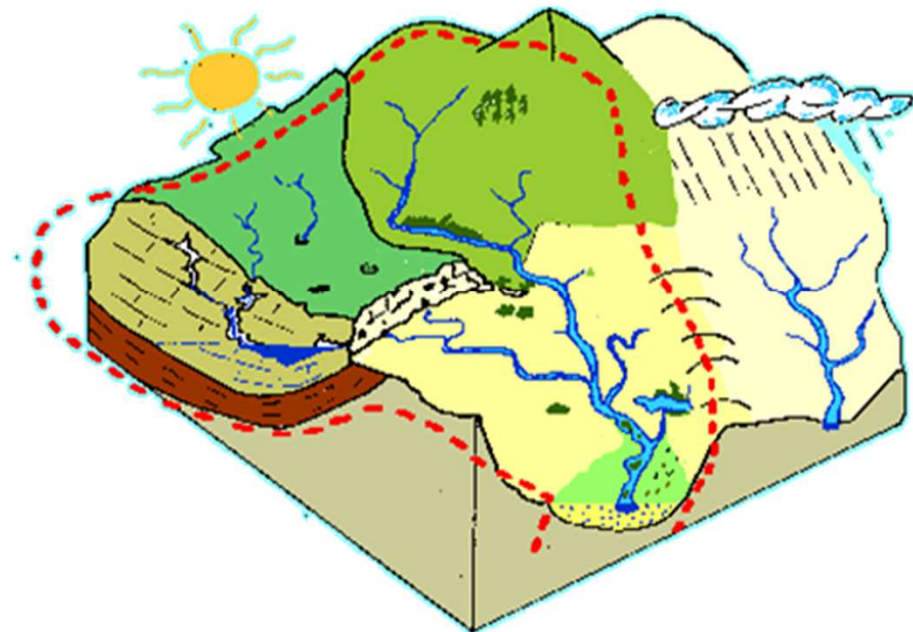


**Ecoulements superficiels +
écoulements souterrains**

Limite du BV topo ne
correspond + au bassin
d'alimentation réel

BV hydrogéologique

Intégration des circulation
hydrologiques souterraines à
partir de la connaissance des
formations géologiques

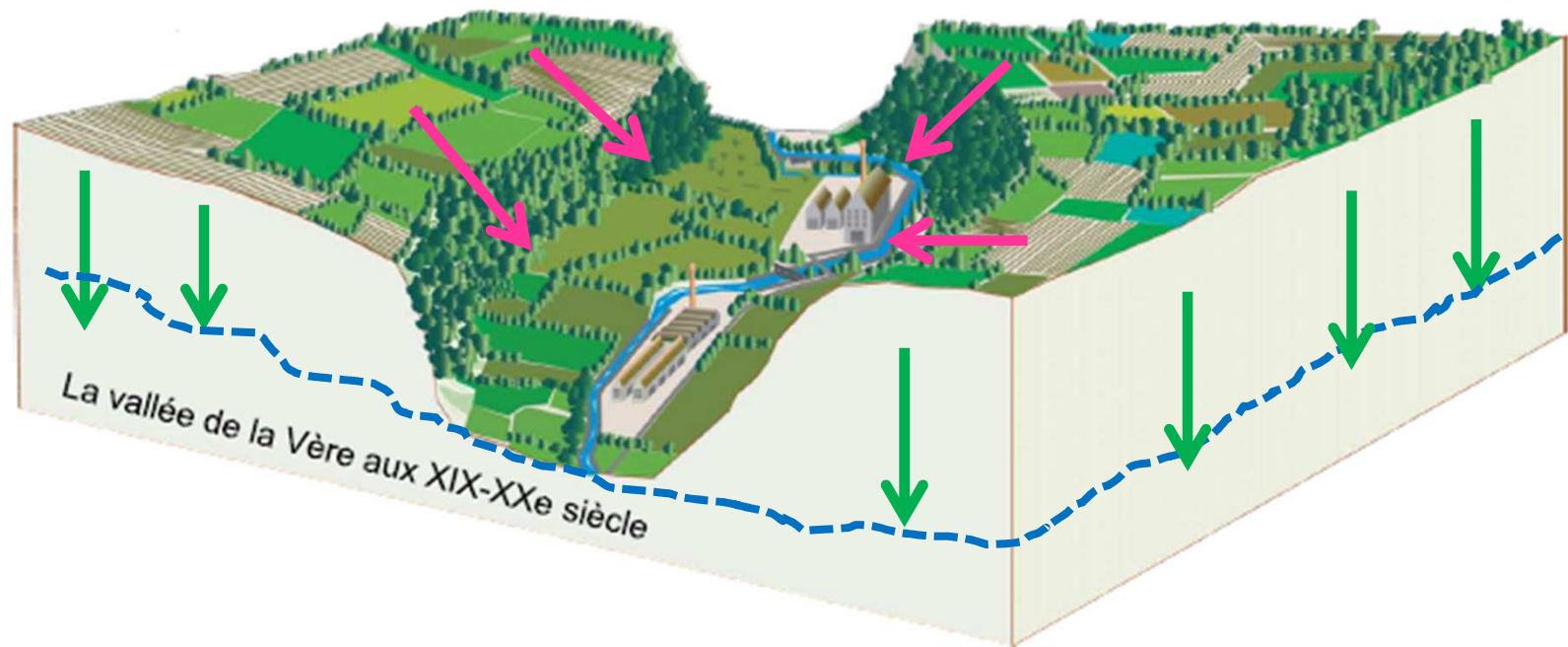


Une échelle de gestion : le bassin versant

Fonctionnement du BV est lié à la nature du sol et sous sol

→ terrains perméables et fissurés : infiltration dominante

→ terrains imperméables : ruissellement dominant



Nature géologique du sol et sous-sol → chimie des eaux

Une échelle de gestion : le bassin versant

Type, nature et occupation du sol

Absence ou faible densité de couvert végétal : vitesses d'écoulement au sol + importantes
urbanisation = imperméabilisation des sols

Pluie d'orage + sol limoneux :

→ coef de ruissellement : 0,06 pour une prairie à 0,43 pour un sol nu compacté



Pluie d'orage :
→ coef de ruissellement : 0,20 pour un espace vert entretenu à 0,90 pour un enrobé

Et dans le sol :

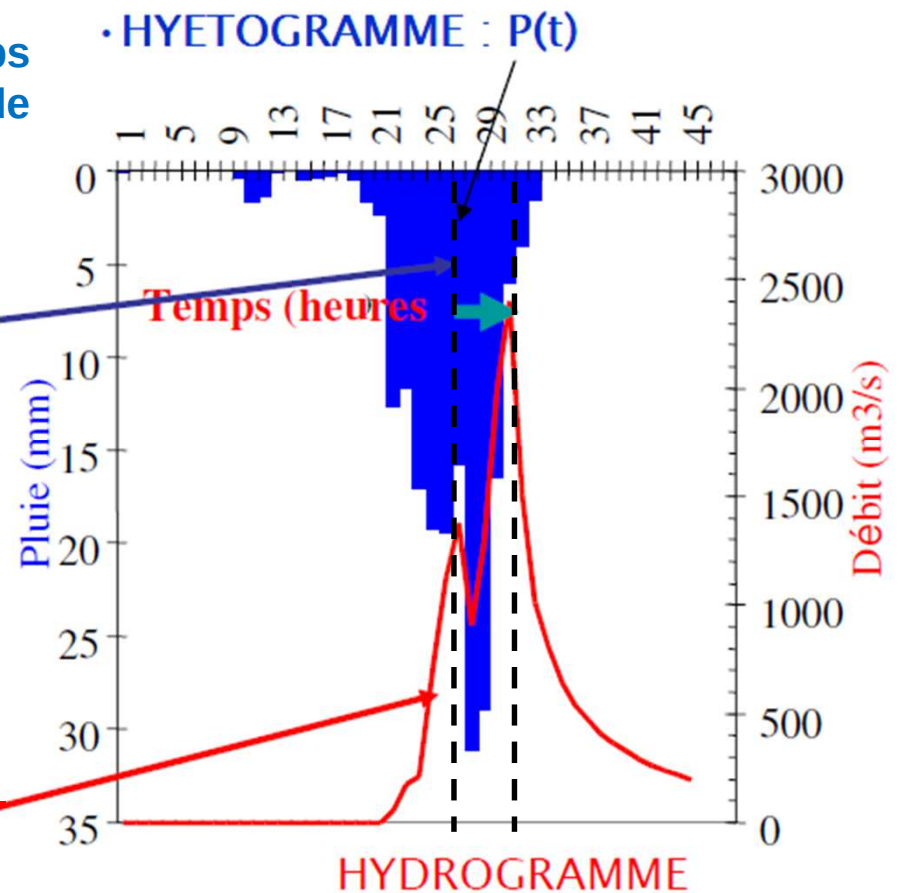
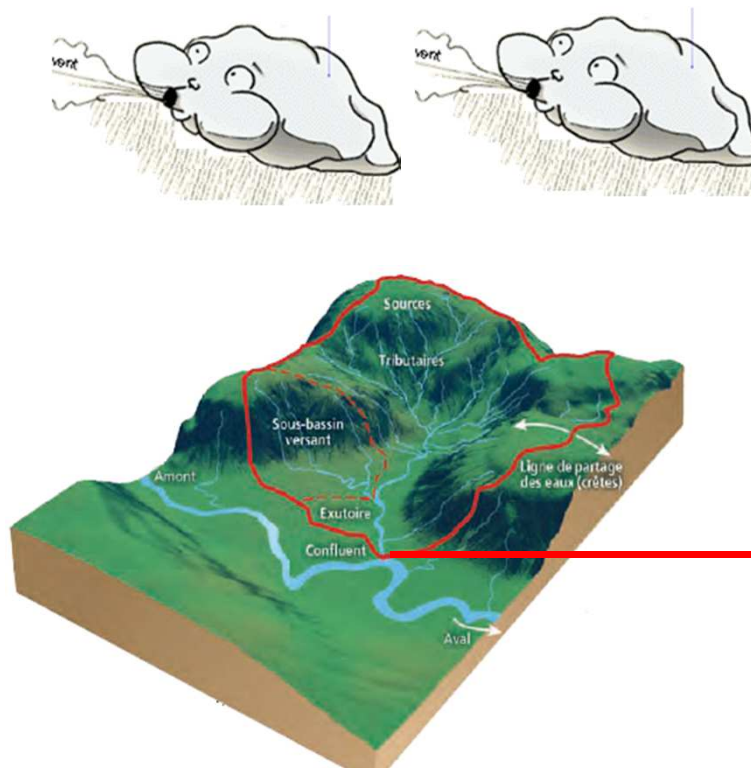
→ de l'ordre du m/h pour les sols sableux
→ du mm/j pour les sols argileux

$$\text{Coef de ruissellement} = \frac{\text{volume des eaux ruisselant}}{\text{volume des eaux précipitées}}$$

Une échelle de gestion : le bassin versant

Réaction du BV face à une sollicitation : observation de la quantité d'eau qui s'écoule à l'exutoire du système

Temps de réponse du BV = temps écoulé entre le centre de gravité de l'averse et le débit de pointe



L'équilibre dynamique des cours d'eau

En conditions naturelles, la rivière recherche un « **équilibre dynamique** » entre 2 types de variables (Schum 1977) :

■ des variables de « **contrôle** » :
débit liquide et charge solide,
échelle du bassin versant

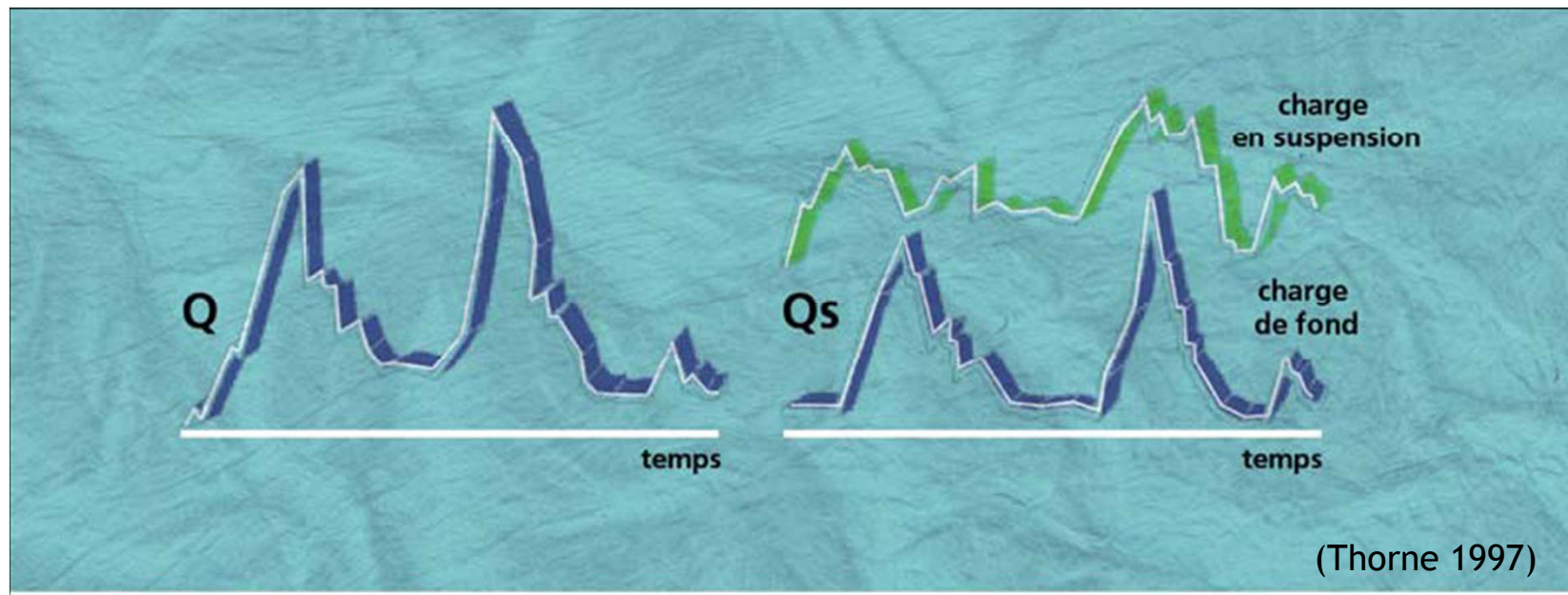
■ des variables de « **réponse** » :
largeur, sinuosité et pente locale,
échelle du tronçon de cours d'eau



L'équilibre dynamique des cours d'eau

2 variables de contrôle régissant la dynamique fluviale :

- le débit liquide (Q) : débit $\times$ pente = puissance du cours d'eau
- le débit solide (Q_s), charge de fond composée de sédiments grossiers : volume, granulométrie,...



L'équilibre dynamique des cours d'eau

Le débit liquide

A l'exutoire : **précipitations** du BV + **ruissellement** de manière + ou - intense

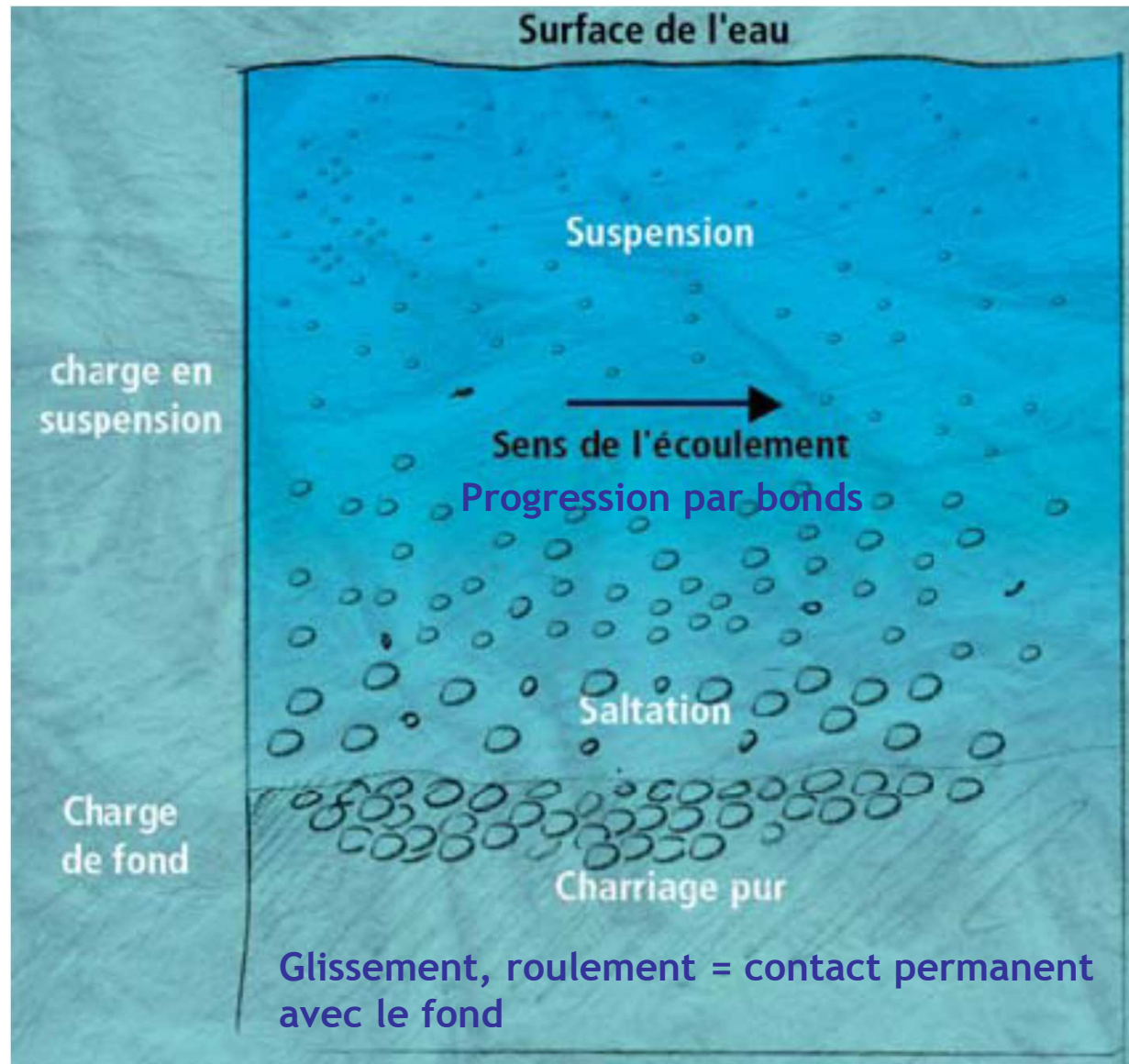
Le débit solide

Apports externes (érosion du BV) + **Apports internes au système fluvial** (érosion latérale des berges + lit majeur)



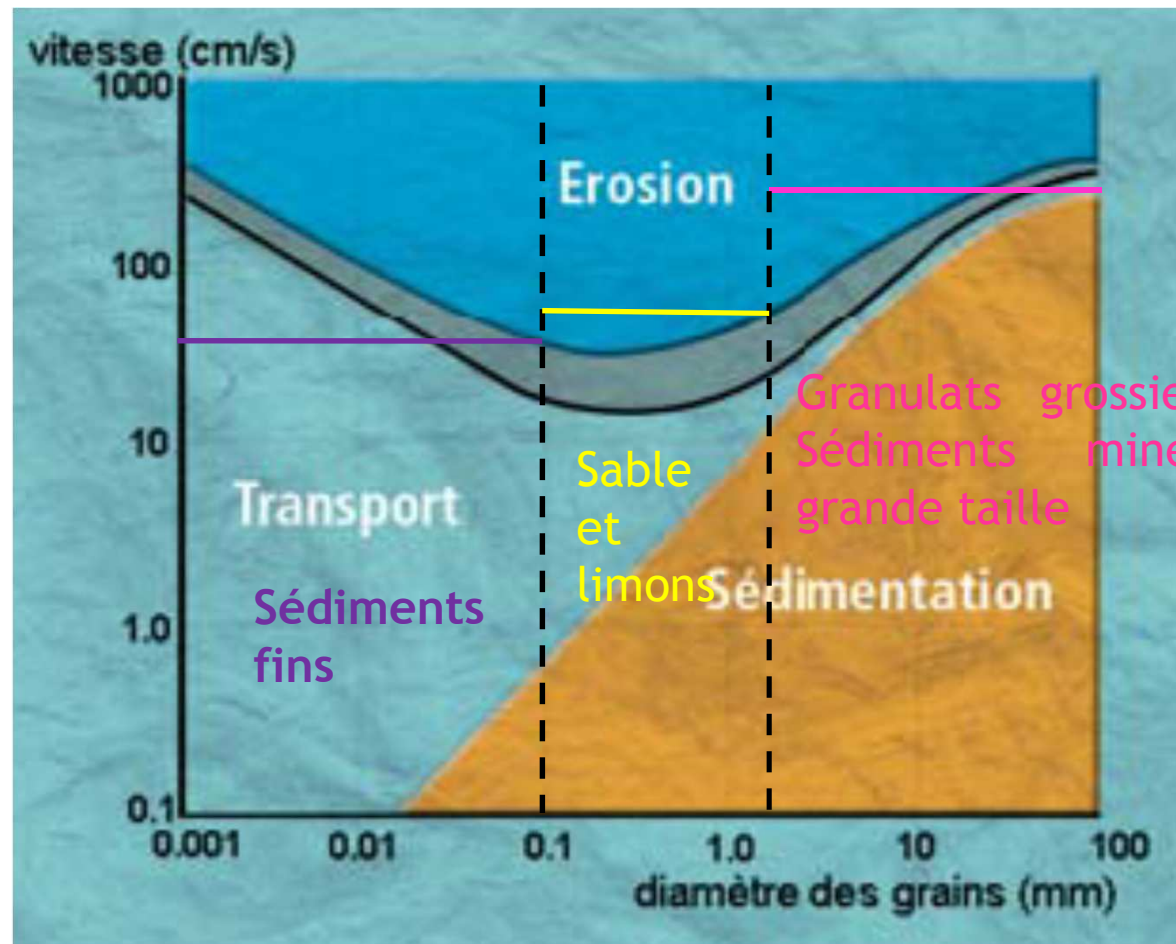
1 sinuosité de l'Ain sur 1 an (2004 - 2005) : 30 000 m³ - (600 m longueur x 10 m de recul moyen de la berge x 5 m de hauteur de la berge)

L'équilibre dynamique des cours d'eau



L'équilibre dynamique des cours d'eau

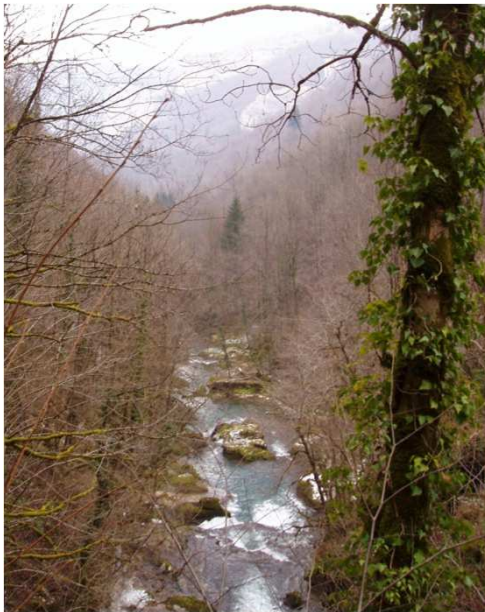
Courbe de Hjulström (1935)



L'équilibre dynamique des cours d'eau

Des variables de contrôle secondaires (Thorne 1997) :

■ Pente /géométrie de la vallée



■ Caractéristiques sédimentologiques du fond du lit et des berges → érodabilité

■ Végétation des berges, variable « vivante » et par conséquent fluctuante → protection des berges

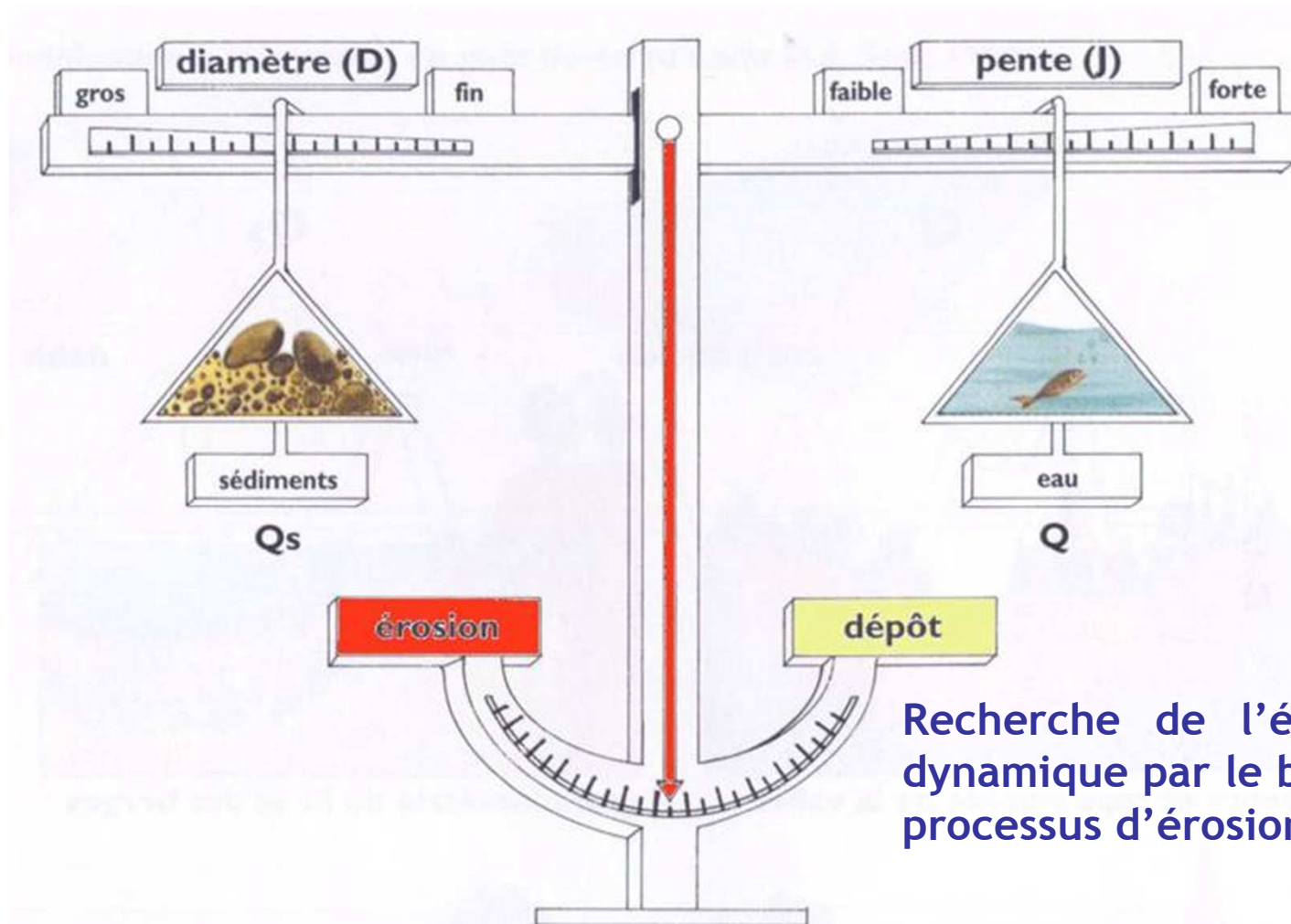


L'équilibre dynamique des cours d'eau

Gamme assez large de **variables de réponse** pour modeler le cours d'eau



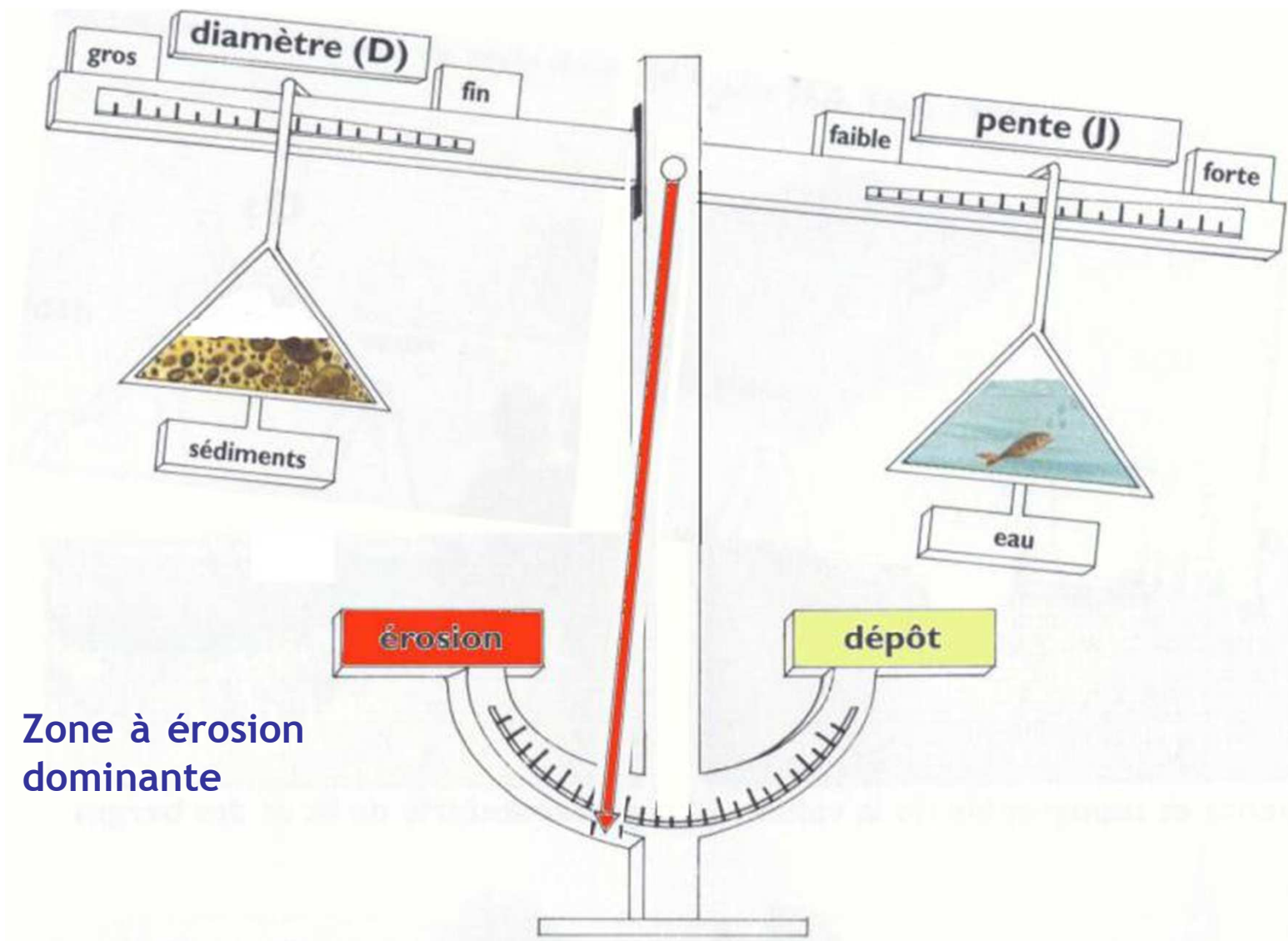
L'équilibre dynamique des cours d'eau



Recherche de l'équilibre dynamique par le biais des processus d'érosion-dépôt

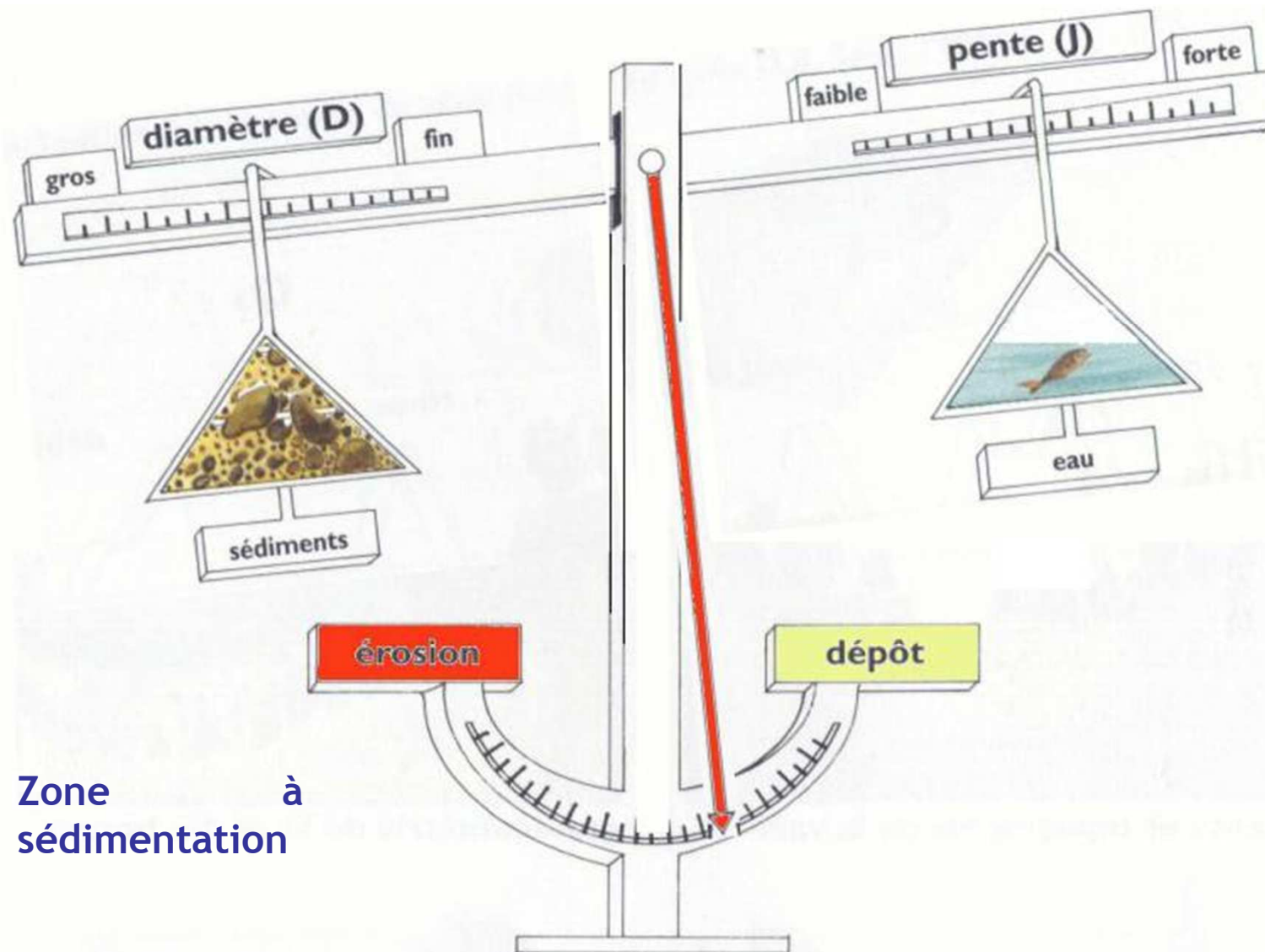
Figure 4. Principe de l'équilibre dynamique. D'après Lane, 1955.

L'équilibre dynamique des cours d'eau



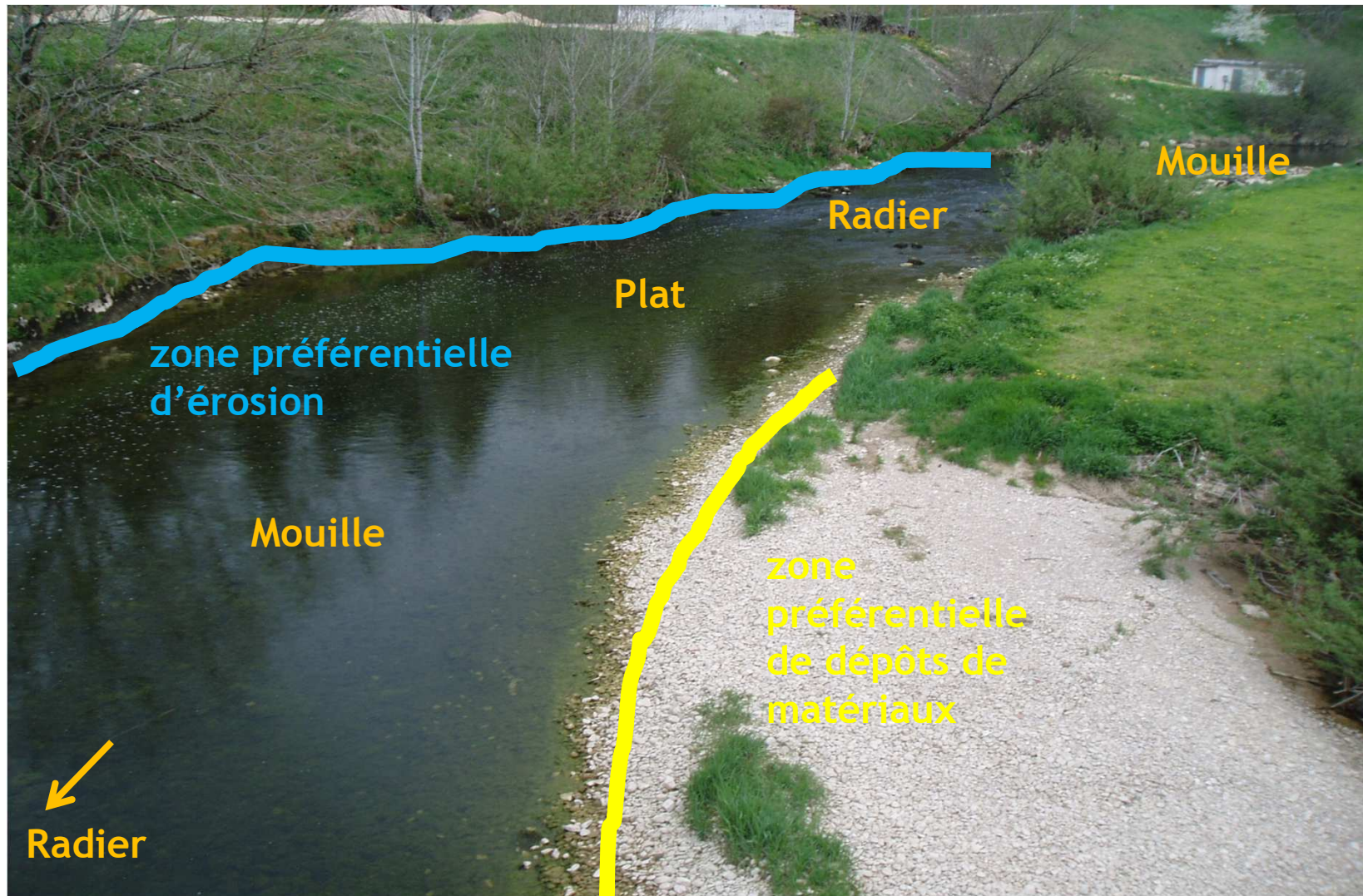
Zone à érosion
dominante

L'équilibre dynamique des cours d'eau

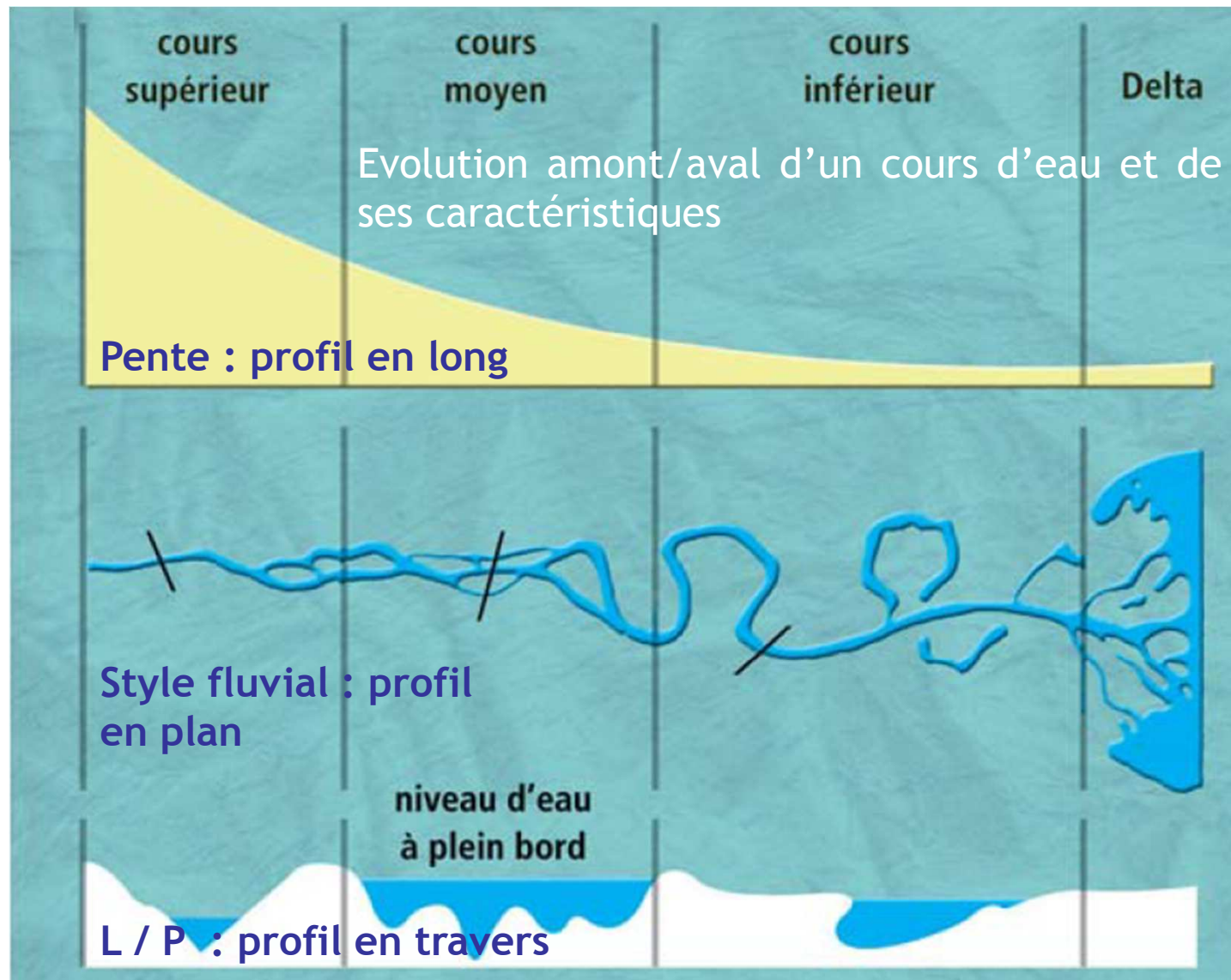


Zone à
sédimentation

L'équilibre dynamique des cours d'eau



L'équilibre dynamique des cours d'eau



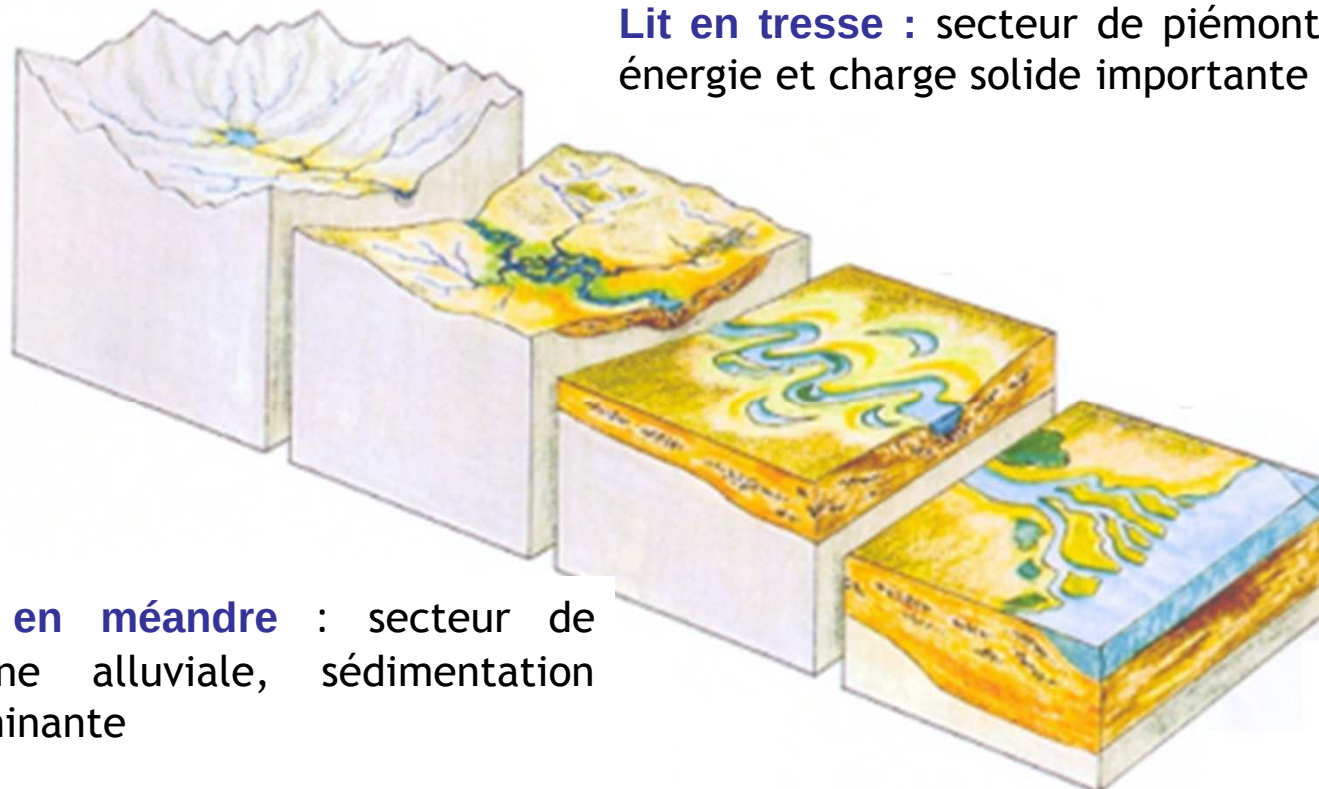
L'équilibre dynamique des cours d'eau

Différents styles fluviaux

Lit rectiligne : secteur de montagne, érosion dominante

Lit en tresse : secteur de piémont, énergie et charge solide importante

Lit en méandre : secteur de plaine alluviale, sédimentation dominante



Confluence – delta ou estuaire

L'équilibre dynamique des cours d'eau

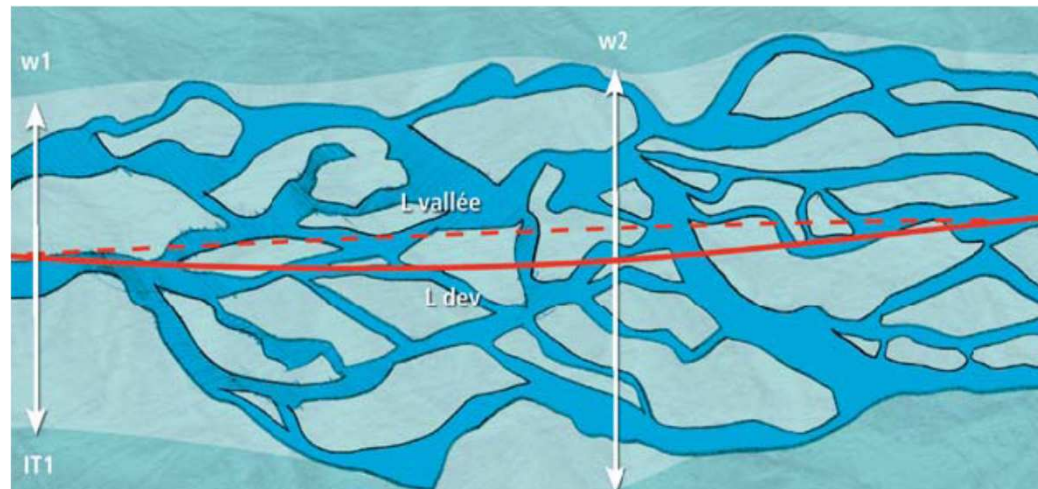
Lit rectiligne

Hors cas particuliers (forte pente, vallée très encaissée), **un tracé rectiligne : presque tjs indicateur d'une intervention anthropique**



Lit en tresse

Chenaux multiples très mobiles dans l'espace et dans le temps + bancs alluviaux pas ou peu végétalisés

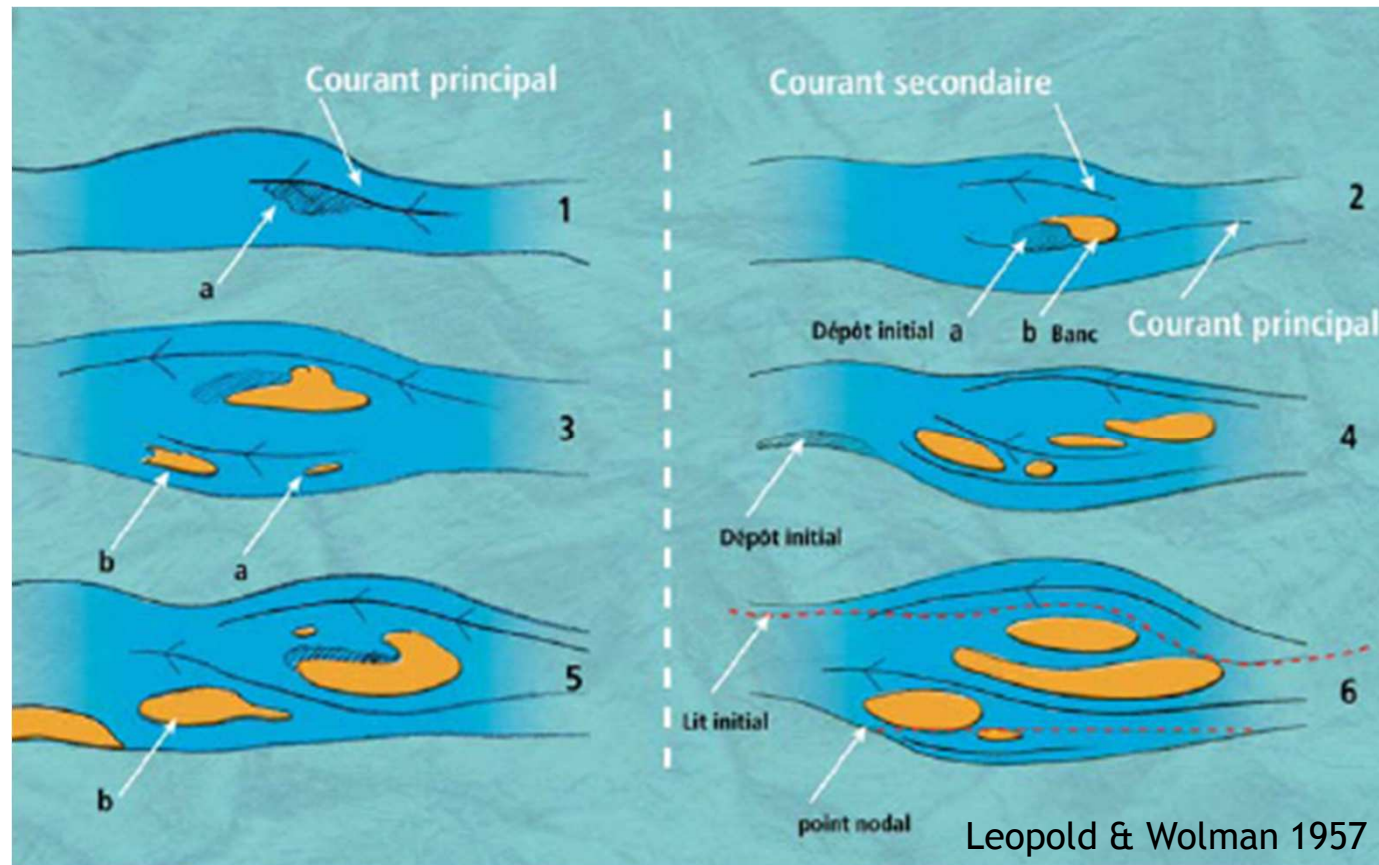


L'équilibre dynamique des cours d'eau

Deux conditions majeures

Charge de fond surabondante + berges facilement érodables

Processus d'érosion latérale : bancs de tressage + berges



L'équilibre dynamique des cours d'eau

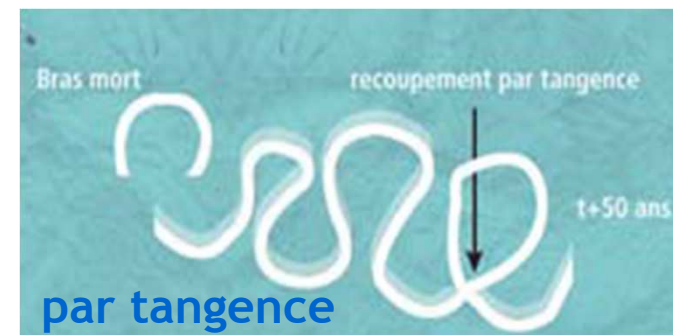
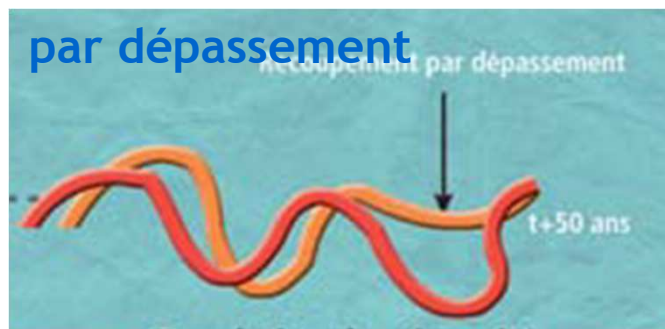
Lit en méandre



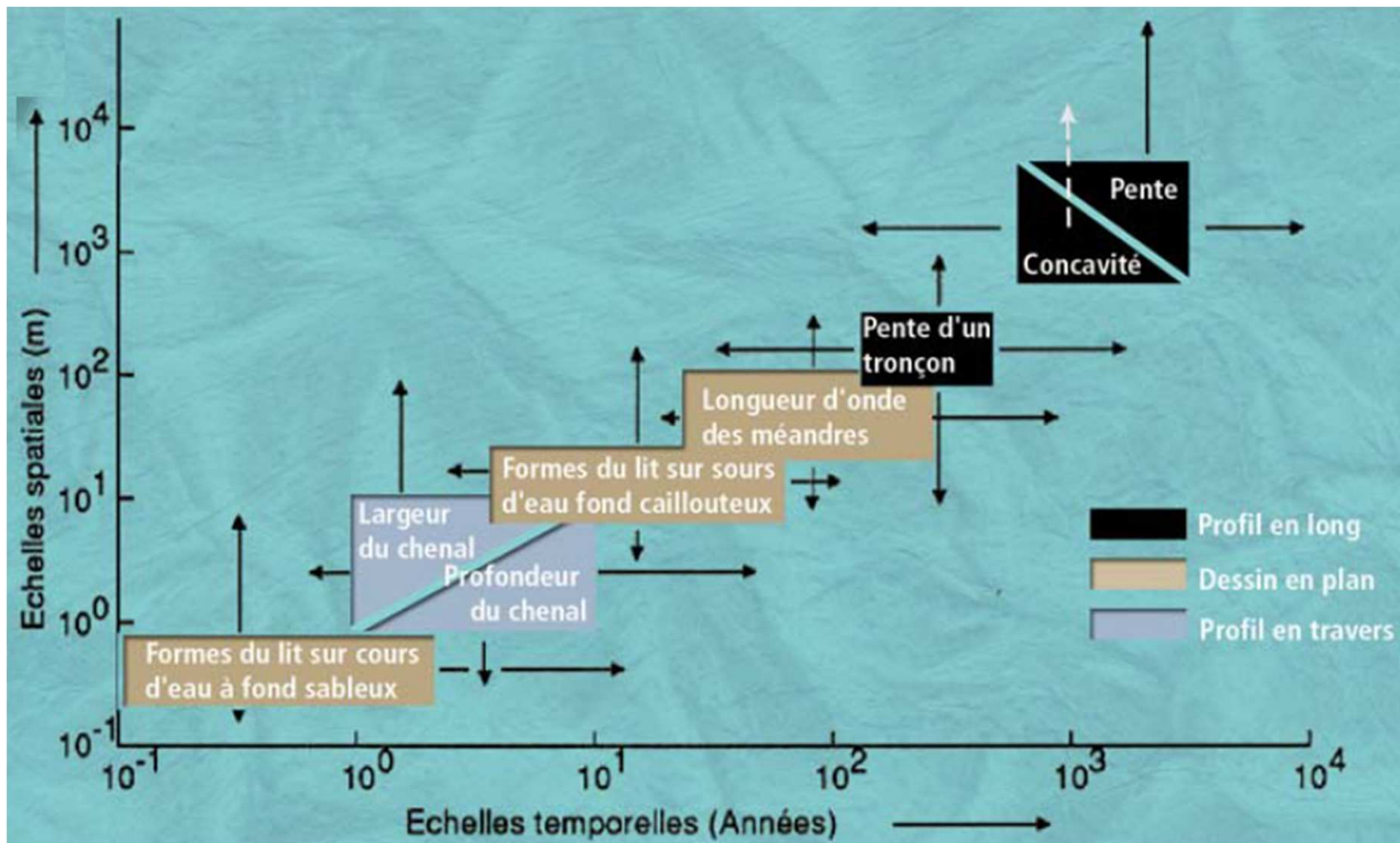
Forme de dissipation de l'énergie

→ allongement du cours +
diminue de la pente
→ état d'équilibre

Sinuosités mobiles, se déplaçant + ou - rapidement par érosion latérale



L'équilibre dynamique des cours d'eau



Échelles temporelles de l'ajustement des $\neq$ composantes géomorphologiques du chenal (Knighton 1984)

Bilan de l'équilibre dynamique

Les variables déterminant
le fonctionnement et la morphologie
des rivières

2 variables de contrôle majeures

Apports liquides



fluctuantes

Apports solides



Ruissellement direct
Apports affluents

Apports de versants
Apports affluents

Reprise stock alluvial

3 variables de contrôle secondaires

Pente de la vallée
Granulométrie fond et berges
Végétation berges

*non fluctuante
peu fluctuantes*

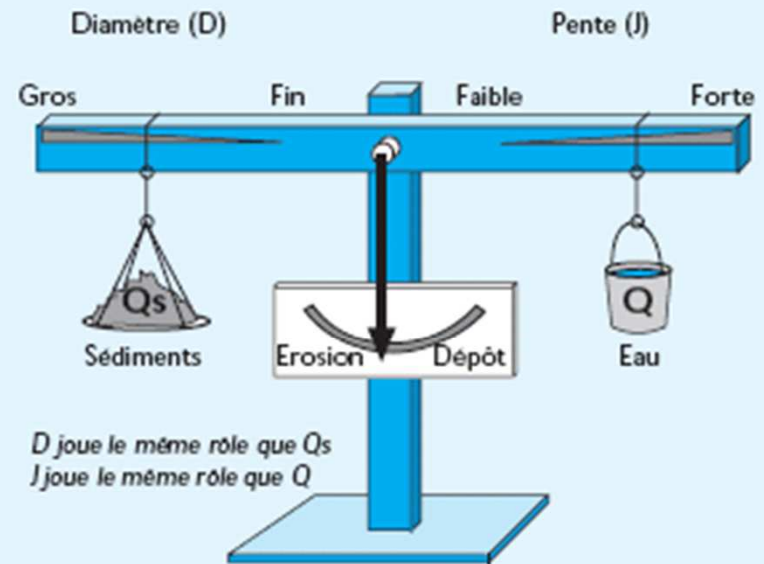
Processus d'ajustement
aux fluctuations de Q et Qs

Ajustement de la géométrie
(c.a.d. capacité de transport Q, Qs)

pente
largeur
profondeur

Ajustement de la charge solide

érosion
dépôt
tri granulo.



Si oscillation régulière → équilibre dynamique

Si permanence
d'une tendance
érosion ou dépôt → tendance déséquilibre

Si blocage
d'un côté ou de l'autre → déséquilibre total

Le principe de l'équilibre dynamique (d'après River banks erosion
US Army Corps of Engineers. 1985)

Bilan de l'équilibre dynamique



Principales sources bibliographiques :

- Malavoi J.R. et Bravard J.P., 2010. Eléments d'hydromorphologie fluviale. Onema. 224 pages.
- Onema, MEDDTL, Agence de l'Eau, 2009. Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie

