

A scenic view of a flowing river with lush green banks and mountains in the background. The river is in the foreground, with water showing some ripples and reflections. The banks are covered in dense green vegetation, including trees and shrubs. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear blue sky.

Eaux courantes

Du biotope à la biocénose

Le système circulatoire du territoire

- Les cours d'eau d'un territoire fonctionnent comme le système circulatoire d'un organisme vivant.
 - Rivières, fleuves et ruisseaux : distribution de l'eau, des nutriments, de l'oxygène et des organismes
 - Marais, végétation aquatique et riveraine : et transforment les polluants, contribuent à l'équilibre biogéochimique
- Un hydrosystème dont l'hydromorphologie et la qualité physico-chimique sont préservées
 - plus résilient face aux aléas climatiques et soutient une diversité biologique élevée
- A l'inverse, un réseau fluvial fragmenté ou pollué
 - affaiblit l'ensemble du paysage, réduit la biodiversité et accroît la vulnérabilité des milieux aux perturbations et aux changements climatiques.



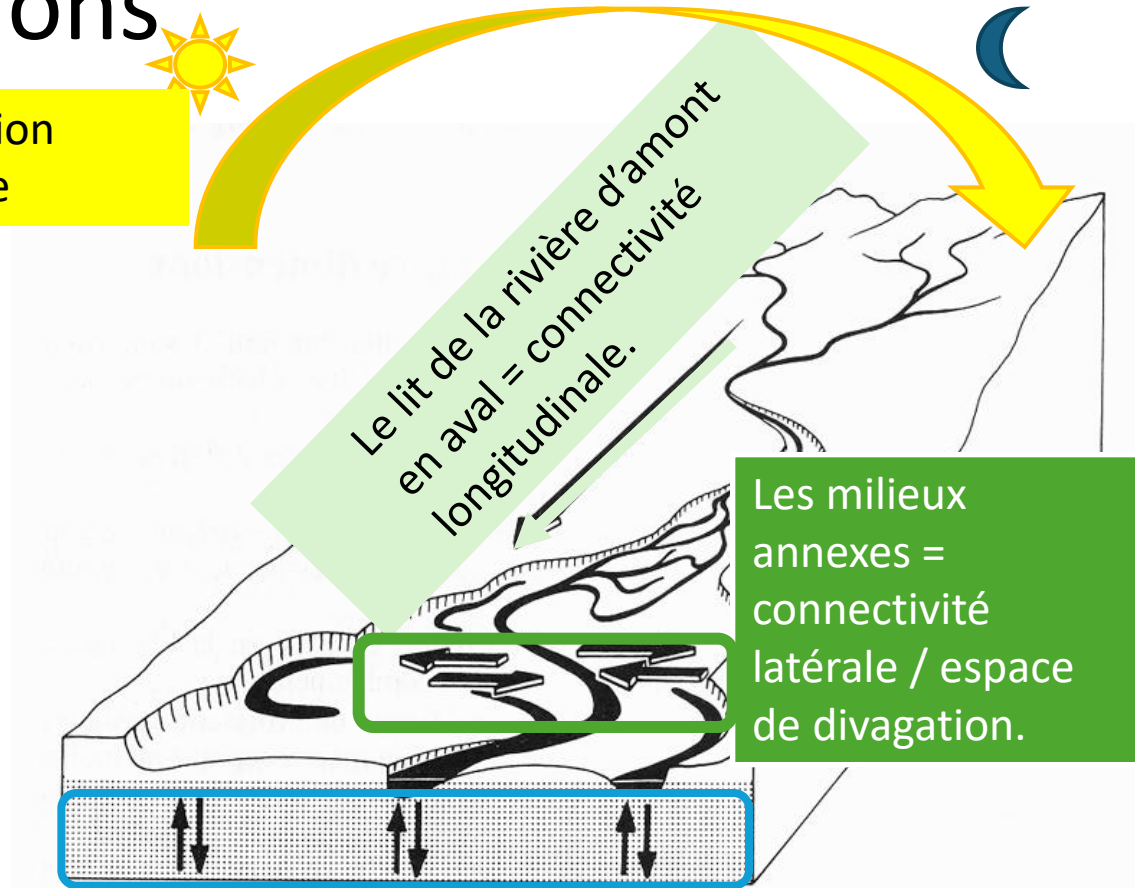
image satellitaire de la rivière MacKenzie et de ses affluents dans le Nord-Ouest du Canada (source : NASA, 2005)

La continuité écologique : définition

- DCE : « *libre circulation des organismes aquatiques le long des cours d'eau (accès aux lieux de reproduction, d'alimentation, d'abris, de croissance...), au bon fonctionnement des réservoirs biologiques ainsi qu'au bon déroulement du transport sédimentaire* »
- propriété du paysage qui indique dans quelle mesure les milieux facilitent ou limitent les déplacements d'une espèce entre ses taches d'habitat

La continuité écologique d'un cours d'eau : Les 4 dimensions

La dimension temporelle



- 3 dimensions spatiales
- 1 dimension temporelle

La zone hyporhéique et la nappe d'accompagnement = connectivité verticale.

La continuité écologique d'un cours d'eau : Les 3 dimensions spatiales

Longitudinale

- Flux majoritairement unidirectionnel d'énergie et de matière de l'amont vers l'aval,
- Contrôlée par des gradients discontinus liés aux caractéristiques du lit (pente, granulométrie, sinuosité). Le climat influence également ce flux dans les bassins présentant de fortes variations d'altitude.
- Obstacles typiques - seuils et barrages

Latérale

- Echanges bidirectionnels d'énergie et de matière entre le lit mineur, le lit majeur, la plaine alluviale, la forêt riparienne et les marais lors des crues ou des fluctuations hydriques
- favorisent le recrutement des espèces alluviales et la redistribution des sédiments, nutriments et matière organique.
- Obstacles typiques - enrochements et digues

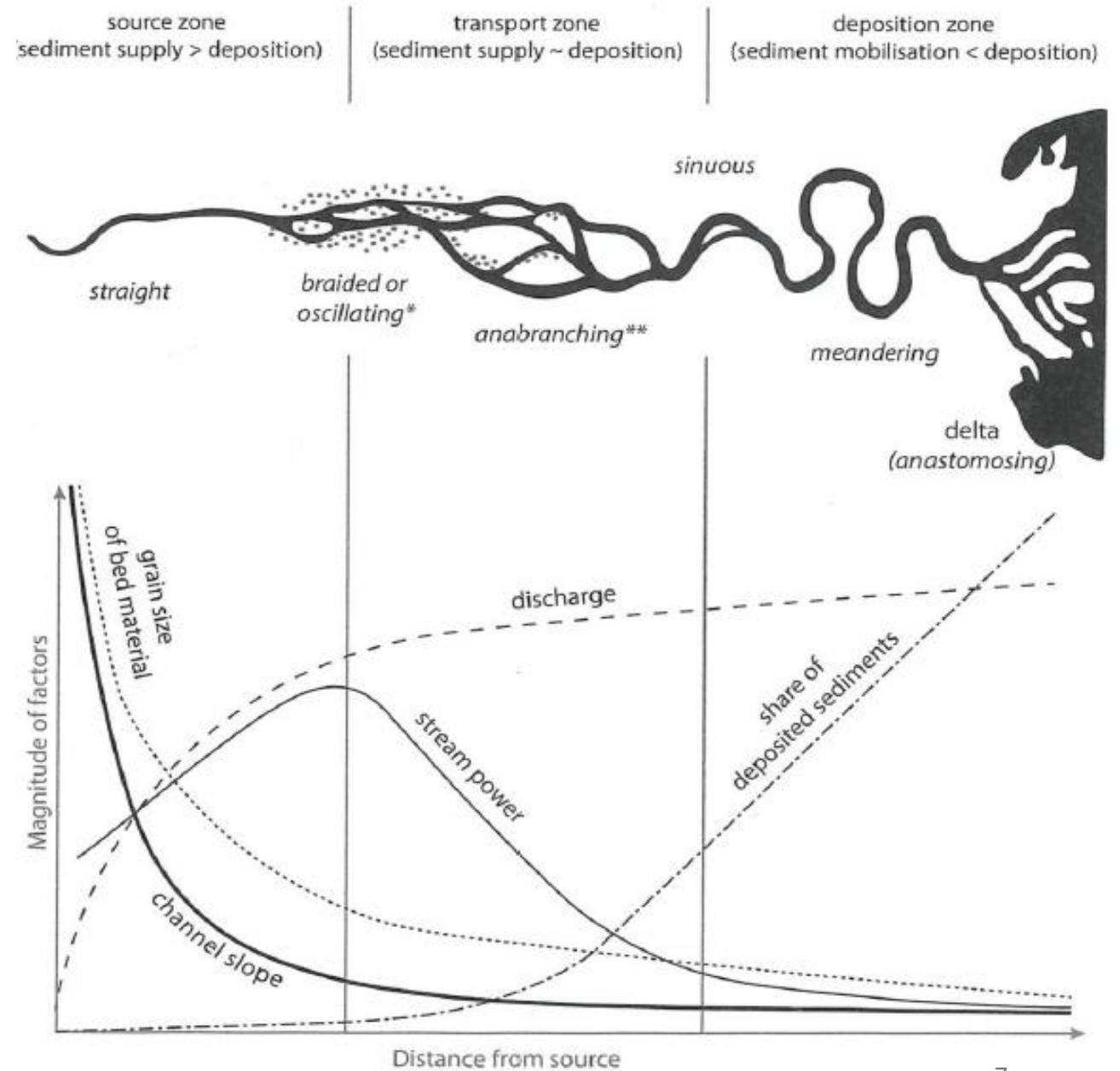
Verticale

- Transferts d'eau entre le lit mineur, l'aquifère et la zone hyporhéique, ainsi que les variations de la nappe phréatique
- Conditionnent les échanges hydriques souterrains et la disponibilité en eau pour les milieux aquatiques et riverains.
- Obstacles typiques - colmatage sédimentaire et l'incision du lit

Les paramètres abiotiques

Formes typiques des chenaux et leur fonctions sous-jacentes le long d'un cours d'eau « idéalisé » de la tête de bassin à l'estuaire

(source : Muhar et al. 2019. Rivers of the Alps)



Les paramètres abiotiques

- Des têtes de bassin aux embouchures, le long des écoulements unidirectionnels des eaux, les caractéristiques morphologiques et hydrauliques évoluent
- A mesure que l'on s'éloigne des sources, la pente s'adoucit et les paramètres énergétiques (vitesse de l'écoulement) décroissent.
- D'amont en aval, les particules transportées sont de plus en plus fines, le cours d'eau devient de plus en plus large et de plus en plus profond.
- Trois zones hydro-sédimentaires se succèdent dans la dimension amont-aval :
 - Une zone d'érosion (en tête de bassin versant) ;
 - Une zone de transport (secteur intermédiaire) ;
 - Une zone terminale de dépôt (delta, cône, confluence)
- En réponse à ces variations de **conditions hydrauliques et sédimentaires**, le cours d'eau ajuste son parcours selon les trois principaux styles fluviaux d'équilibre (rectiligne, en tresse ou méandrique)

Les paramètres abiotiques

- **La morphologie** d'un cours d'eau contrôle directement les conditions physiques et chimiques auxquelles sont soumis les organismes aquatiques.
- Elle détermine les habitats disponibles, la dynamique des flux d'eau et de sédiment, la distribution des micro-habitats et, in fine, la structure et le fonctionnement de l'écosystème fluvial.



Les paramètres abiotiques

- Le **substrat** d'un cours d'eau désigne l'ensemble des matériaux qui constituent le fond du lit et les berges :
 - fractions grossières (blocs, galets, graviers),
 - fractions fines (sables, limons, vases)
 - matières organiques (ex. litière de feuilles, bois morts, tourbe, biofilms)
- influence les communautés biologiques et les processus écologiques car
 - est le support physique des habitats benthiques,
 - contrôle l'alimentation en nutriments et en oxygène des producteurs primaires et des décomposeurs
 - module des processus d'érosion-dépôt et influence la morphologie et la connectivité.



Les paramètres abiotiques

- La **température** moyenne de l'eau est influencée naturellement par
 - l'altitude,
 - l'ombrage
 - la présence de résurgence d'aquifère.
- Les organismes « sténothermes » - c'est-à-dire sensibles aux variations de température – ont une physiologie, une morphologie et/ou un comportement adapté au régime thermique.

Les paramètres abiotiques

- Le **taux d'oxygène dissous à saturation** est une mesure de la concentration d'oxygène dissous dans l'eau à l'équilibre avec l'air atmosphérique à pression barométrique normale.
- Ce taux varie avec
 - la température. Pour une pression déterminée, à mesure que la température de l'eau augmente, le taux à saturation diminue. Exemple : 14,6 mg/l à 0°C mais 8.3 mg/l à 25°C.
 - le brassage par un courant turbulent.
- Dans les têtes de bassins versant ou les tronçons alpins des taxons typiques de température basse et stable (préférendum entre 4 et 14°C) sont présents tels que la truite (*Salmo trutta*), les plecoptères (ex. genre *Leuctra* et *Nemoura*) et les tricoptère dont les larves sont strictement liées aux eaux courantes, claires, froides et oxygénées (ex. genre *Rhyacophila*).
- Lorsque les températures augmentent et le taux d'oxygène diminue, les espèces spécialisées des eaux froides déclinent et sont remplacées par des espèces plus thermotolérantes (préférendum entre 12 et 28°C), plus généralistes, parfois introduites (néobionte).
- Un déplacement progressif des températures vers des valeurs supérieures favorise typiquement les cyprinidés, perches, macroinvertébrés tolérants (chironomidae et gammares) ainsi que les macrophytes exotiques envahissants (*Ludwigia grandiflora*, *Ludwigia peploides*).

Les paramètres abiotiques

- La **quantité de ressources nutritives** disponibles dans une rivière, principalement les nitrates les phosphates et le carbone organique, influence la structure des chaînes alimentaires.
- Levier écologique des écosystèmes :
 - modérée, favorise sa diversité spécifique et fonctionnelle et sa productivité ;
 - en excès menace son équilibre.
- Dans des eaux pauvres en nutriments « oligotrophes » → espèces sténoèces, lentes à se développer mais très sensibles aux perturbations (ex : salmonidés, plécoptères, plantes aquatiques submergées).
- Au contraire dans des eaux riches en nutriment « eutrophes » → quelques espèces opportunistes et euryèces qui dominent les communautés (cyprinidés, algues filamenteuses).
- Ainsi dans des cas de pollution nutritives (par ex. sur aux rejets de station d'épuration ou à l'utilisation d'engrais chimique dans le bassin versant):
 - les espèces sensibles disparaîtront au profit d'un petit nombre d'espèces compétitives.
 - peut aussi favoriser les espèces invasives et la prolifération de cyanobactéries.

Des systèmes de classification abiotique

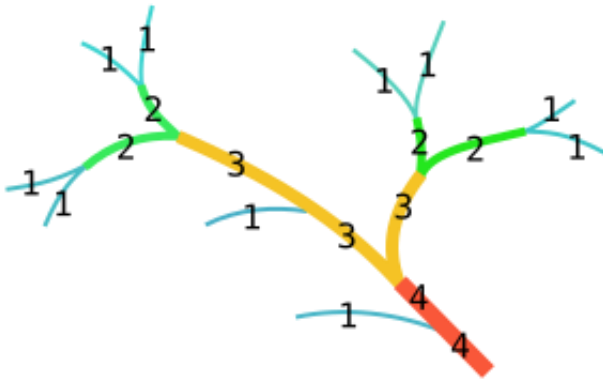
- Le diagnostic des cours d'eau doit absolument se baser sur la caractérisation du type de cours d'eau.
- En Suisse et en France, les variations topographiques, géologiques, altitudinales et climatiques créent une multitude de conditions environnementales et ainsi une grande variété de types de cours d'eau aux spécificités contrastées.
- Il est évident que les caractéristiques abiotiques et biotiques d'un torrent alpin sont strictement différentes et donc incomparables à celles d'un grand fleuve méandré du Plateau
- Les objectifs écologiques de protection des cours d'eau doivent donc se référer aux conditions naturelles peu ou pas polluée et aux biocénoses spécifiques de chaque type de cours d'eau.

L'établissement d'une typologie des cours d'eau sert par conséquent de base à l'évaluation de leur état écologique et à la définition des communautés cibles dans les projets de restauration.

Des systèmes de classification abiotique

Classification de Strahler

- hiérarchie morphologique du réseau fluvial
- repose sur les changements des conditions environnementales (essentiellement le débit) au niveau des confluences des rivières



Classification d'Illies et Botosaneanu

- distingue trois grands types de zones qui se succède d'amont en aval :
 - Le **crénon** : zone des sources des cours d'eau et de leur émissaire, température stable.
 - Le **rhithron** : zone de piémont, la température moyenne mensuelle est toujours inférieure à 20°C, une concentration en oxygène élevée, une eau rapide et turbulente. La granulométrie du substrat est grossière (blocs, cailloux, graviers, sable).
 - Le **potamon** : zone inférieure des cours d'eau dont la température moyenne mensuelle dépasse régulièrement les 20°C avec des déficit temporaires réguliers en oxygène. L'eau s'écoule lentement, voire laminaire et le fond du lit est essentiellement constitué de limons et de sables.

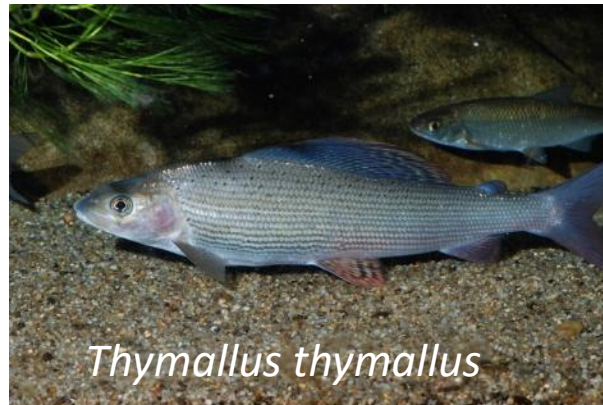
Des systèmes de classification biologique

- La composition des communautés biologiques donne ainsi une image plus précise des conditions abiotiques réelles de leur environnement : c'est le principe fondateur de la **bio-indication**.
- L'ensemble de variations de conditions environnementales déterminent par conséquent à leur tour la répartition des communautés biologiques selon le gradient amont-aval.

Des systèmes de classification biologique

Zonation piscicole de Huet :

- Deux zones formant la région des salmonidés (famille d'eau vive, froide, exigeante pour le taux d'oxygène à saturation) : La zone à truite (*Salmo trutta*) puis la zone à ombre (*Thymallus thymallus*).
- Deux zones formant la région des cyprinidés (famille tolérant les eaux plus chaudes, plus lentes, moins oxygénées) : la zone du barbeau (*Barbus barbus*) et la zone de la brème (*Abramis brama*) dans les secteurs à courant très lent.
- La température de l'eau est sûrement l'un des facteurs les plus importants pour expliquer la succession des espèces
 - écarts dans les zonations dans certains contextes locaux (apport d'eau froide, rupture de pente, ...) ou entre différentes zones biogéographiques.
 - la répartition géographique des espèces entraîne des différences d'espèces caractéristiques - par exemple dans le sud-est de la France le blageon (*Leuciscus souffia*) remplace l'ombre.



Des systèmes de classification biologique

Zonation ornithologique de Roché et Frochot :

- défini une zonation longitudinale des cours d'eau basé sur les espèces caractéristiques de l'**avifaune nicheuse**, analogues aux zones piscicoles de Huet.
 - La zone à cincle plongeur (*Cinclus cinclus*).
 - La zone à chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*).
 - La zone à sternes (*Sterna hirundo*)
 - La zone à foulque (*Fulica atra*)



Des systèmes de classification biologique

Zonation phytosociologique:

- Groupements végétaux également bioindicateurs.
- Contrairement aux mesures physico-chimiques ponctuelles, les plantes - fixées dans le milieu et donc exposée en continu aux conditions locales - reflètent les conditions moyennes sur plusieurs semaine ou mois et constituent ainsi une mémoire écologique du milieu.
- La composition floristique des communautés et leur abondance dans un tronçon varient donc selon les paramètres abiotiques
 - eau très enrichie en nitrates et phosphates ou encore en pesticides, les plantes submergées sensibles disparaissent et les algues filamenteuses prolifèrent.
 - La bryophyte *Fontinalis antipyretica* colonise les substrats grossiers exposés au courant dans les rivières de montagne à pente modérée ou encore sur les radiers en rivière de vallée où elle peut côtoyer *Ranunculus fluitans*.
 - *Ceratophyllum demersum* dominera dans les eaux lentes, rapidement réchauffées et riches en nutriment et traduira ainsi un faible dynamisme du cours d'eau.
- Dans la dimension latérale des cours d'eau, on s'intéresse particulièrement aux communautés alluviales et ripariennes.
 - cours d'eau dynamique (crues fréquentes, substrat mobiles) → herbacées pionnières, fourrés de saules à *Salix elaeagnos* ou *Salix triandra*.
 - manque de dynamisme → l'arrivée de néophytes invasifs tels que *Buddleia davidii* et *Impatiens glandulifera*.
 - excès en substance nutritive → cortège d'espèces nitrophiles comprenant *Urtica dioica* ou encore des *Bidens*.

Zonation longitudinale selon les différentes typologies : synthèse

Type de cours d'eau	Zonations abiotiques		Poissons	Oiseaux	Macro-invertébrés	Alliances phytosociologiques
Source	Cours supérieur	Crénon	-	-	eucrénon	<i>Cratoneurion</i> / <i>Cardamino-Montion</i>
Ruisselet			-	-	hypocrénon	
Petit torrent		Rhitron	Zone à truite	Zone à cincle	épirhitron	<i>Dermatocarpion rivulorum</i>
Torrent de montagne			Zone à ombre	Zone à chevalier guignette	métarhitron	<i>Scapanion undulatae</i>
Rivière de montagne					hyporhitron	<i>Fontinalidion antipyreticae</i>
Rivière de vallée	Cours moyen	Potamon	Zone à barbeau	Zone à sterne	épipotamon	<i>Ranunculion fluitantis</i>
Fleuve	Cours inférieur		Zone à brème	Zone à foulque	métapotamon	