

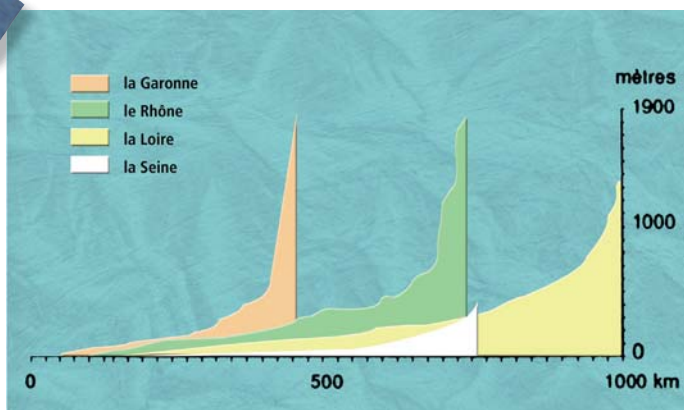
Le profil en long

Nous ne développerons ici que l'analyse globale du profil en long. L'analyse détaillée sera abordée dans la partie concernant les styles fluviaux.

Concept de profil d'équilibre

A l'échelle de milliers, voire de millions d'années, l'ajustement du profil en long d'un cours d'eau se traduit par une forme concave caractéristique, souvent nommée profil d'équilibre. Cette forme est le **résultat de l'équilibre dynamique entre les processus d'érosion/dépôt** autour des conditions moyennes des variables de contrôle qui ont prévalu jusqu'à ce jour. Il faut noter que l'activité tectonique, entre autres, peut fortement perturber ce joli concept...

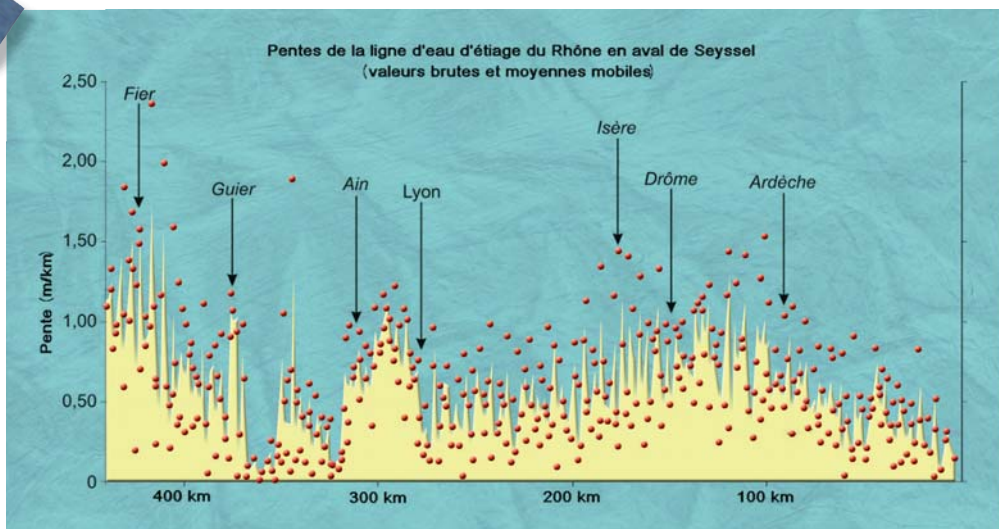
Figure 43



Exemple de profils en long de quelques grands cours d'eau français.

On constate en effet souvent qu'un profil en long, même « d'équilibre », peut ne pas être totalement « lisse » (comme celui de la Loire ou de la Seine) et présenter des variations parfois brutales, liées par exemple à des changements géologiques ou physiographiques.

Figure 44



Variations de la pente kilométrique du Rhône entre Seyssel et la mer. Données de 1860, antérieures aux grands aménagements (Bravard, 2010).

La figure 44 (Bravard, 2010) montre un profil en long du Rhône qui est très éloigné de la forme lisse théorique (on se situe dans les 400 derniers kilomètres aval du Rhône dont l'ensemble du profil est visible sur la figure précédente). Les fortes valeurs qui caractérisent les PK 280-300 et 370-420 sont directement liées aux apports de charge de fond des affluents d'origine montagnarde (Arve, Fier, Guiers et Ain) ; il s'agit donc d'une pente de transit. Le pic du secteur PK 340 est lié à des apports grossiers anciens (cônes torrentiels affluents) que le Rhône ne peut évacuer avec les débits actuels, ainsi qu'à des affleurements de roche dure. Les fortes valeurs observées à l'aval de l'Isère et jusqu'à la confluence de l'Ardèche sont liées à de forts apports solides, mais aussi au contrôle exercé par la tectonique qui a soulevé la moyenne vallée du Rhône à l'échelle du Quaternaire et permis l'exhumation de dalles calcaires (bien développées dans le secteur de Donzère-Mondragon).

Concept de « niveau de base » ou « niveau de contrôle aval »

L'**ajustement global** du profil en long d'un cours d'eau se fait généralement par rapport à un « niveau de base » ou « niveau de contrôle aval » qui peut être le niveau de la mer pour les fleuves ou la cote altitudinale du cours d'eau récepteur pour leurs affluents (figures 45a et 45b).

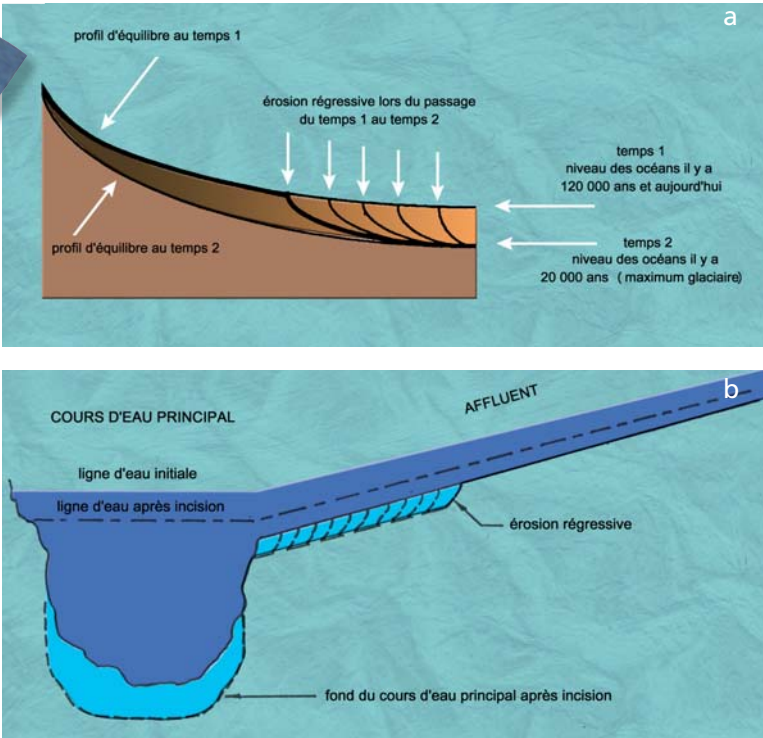
Les **ajustements locaux**, à l'échelle de tronçons géomorphologiques par exemple, peuvent se faire sur des points de contrôle plus localisés : un seuil naturel ou artificiel, un brusque rétrécissement ou élargissement de la vallée.

Si le niveau de base descend ou monte, pour des raisons naturelles ou anthropiques, le profil en long s'ajuste plus ou moins rapidement par **incision** (on parle alors d'**érosion régressive** : un nouveau profil en long s'établit à une altitude inférieure à partir du niveau de base imposé et se raccorde au profil primitif par une rupture de pente qui recule vers l'amont (*knickpoint*) ou **exhaussement** (le cours d'eau remblaie son chenal pour rattraper le niveau imposé et se dote d'une pente plus faible, au moins dans la partie aval de son cours).

■ Exemples d'ajustements « globaux » du profil

Dans l'exemple ci-dessous, l'érosion régressive se produit à l'échelle des millénaires en cas d'abaissement du niveau marin (- 120 m il y a 20 000 ans) et l'exhaussement se produit en cas de remontée (entre -20 000 et 6000 ans avant l'Actuel).

Figure 45



a) Exemple d'ajustement théorique du profil en long d'un cours d'eau aux variations du niveau marin (mouvements eustatiques) liées aux glaciations. Si l'érosion est régressive lors du passage de - 120 000 ans à 20 000 ans, le dépôt (remblaiement) est progressif de - 20 000 ans à l'Holocène (actuel). (b) Ajustement par érosion régressive de l'ensemble du réseau hydrographique aux évolutions du niveau de base (ici, incision du cours d'eau principal).

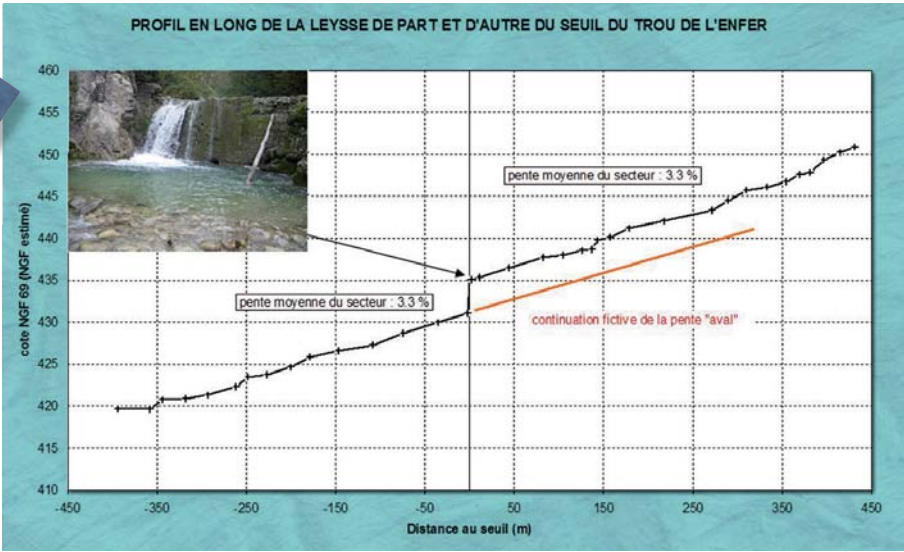
■ Exemples d'ajustements « locaux » du profil

Des aménagements fluviaux peuvent être à l'origine de profils en long ajustés localement.

Exhaussement régressif en amont d'un seuil

La construction d'un seuil sur un cours d'eau à forts apports de charge de fond, ici la Leysse (Savoie), se traduit après un siècle par deux tronçons ajustés de pente identique.

Figure 46



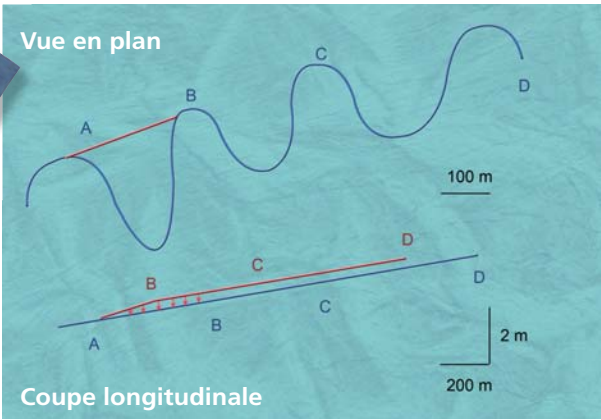
Ajustement local du profil en long sur un point de contrôle aval artificiel (seuil). La pente d'équilibre est la même de part et d'autre de l'ouvrage, mais décalée de +4 m en amont du seuil (Malavoi, 2007).

Erosion régressive suite à un rescindement de méandre

L'exemple théorique ci-dessous présente un cas « classique » d'ingénierie fluviale. Après rescindement d'un méandre en A-B, la pente locale est multipliée par le coefficient de sinuosité (ici 2,5). Tous les points (B-C-D) sont « rapprochés » de A de la différence de longueur entre A et B avant et après rescindement. La rivière va réduire cette pente pour retrouver sa pente d'équilibre, en s'incisant et en cherchant à recréer un nouveau méandre.

Si l'ajustement en plan est possible (pas de protections de berges suite au rescindement), l'érosion régressive sera limitée dans l'espace et dans le temps. Si le nouveau lit est protégé contre l'érosion latérale, l'érosion régressive pourra se propager très loin en amont. Pour éviter cela, les ingénieurs réalisent souvent un seuil de stabilisation du fond en B.

Figure 47



Exemple théorique d'un rescindement de méandre pouvant entraîner une érosion régressive (en bleu le lit mineur avant rescindement, en rouge, après rescindement. Attention : l'échelle du profil en long est différente de celle du tracé en plan car le linéaire total a été réduit de 15 % environ). La pente du cours d'eau est ici de 0,001.

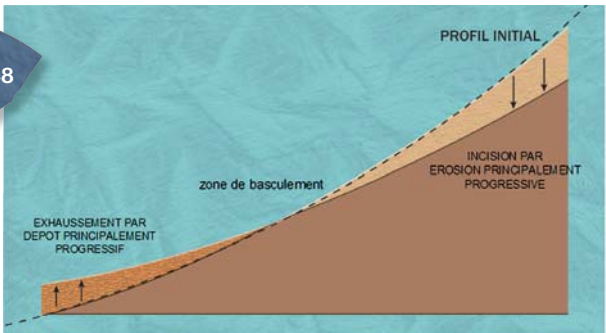
■ Ajustements liés aux modifications des débits liquides et solides

Indépendamment du contrôle externe exercé par le niveau de base, un profil en long peut aussi s'ajuster globalement et durablement sous l'effet de modifications importantes des apports liquides et solides. La balance de Lane permet de comprendre le rôle des deux variables de contrôle Q et Qs dans la modification du profil en long d'un cours d'eau.

L'exemple de la figure 48 présente l'évolution d'un profil en long sous l'effet d'une réduction drastique des apports solides. L'ajustement du profil se traduit par une incision généralisée, principalement sous l'effet de processus d'érosion progressive. Contrairement à l'érosion régressive, dont un exemple a été vu ci-dessus, l'incision du lit par érosion progressive est due à un déficit sédimentaire. La rivière, dissipant moins d'énergie dans le transport des sédiments, dispose de plus de **compétence** pour éroder le fond de son lit. Elle l'érode donc de l'amont vers l'aval jusqu'à retrouver une saturation en charge grossière et/ou jusqu'à obtenir une pente ne permettant plus le transport de sédiments (**pente dite de « non transport »**). Le Rhône à l'amont du confluent de l'Ain fournit un bon exemple d'érosion progressive réalisée sur un pas de temps long (depuis la fin de la dernière période glaciaire).

La figure suivante illustre un double ajustement du profil en long. La partie amont du cours d'eau, déficitaire en alluvions grossières, s'incise. La partie aval, qui reçoit les matériaux érodés sur le fond (voire sur les berges si celles-ci sont érodables), s'exhausse. On parle ici de **basculement du profil en long** de part et d'autre d'un point ou d'une zone de basculement.

Figure 48

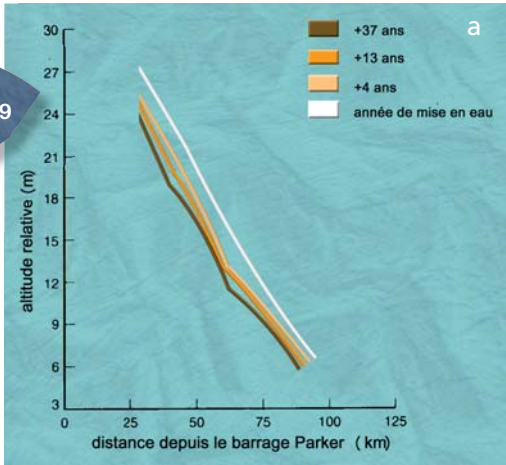


Exemple d'ajustement du profil en long sous l'effet d'une réduction importante des apports solides. On parle parfois de « basculement » du profil en long.

■ Ajustements liés à des interventions anthropiques

Un phénomène d'érosion progressive de ce type a souvent été observé en aval des barrages. Ces derniers ont pour effet de bloquer presque intégralement la charge alluviale provenant de l'amont et de provoquer un réajustement à leur aval. L'exemple ci-dessous illustre clairement ce phénomène sur le Colorado (Williams et Wolman, 1984). On constate que l'incision s'est propagée très rapidement vers l'aval et on observe encore une incision de plus de 2 m à 90 km de l'ouvrage ! Parallèlement, un exhaussement est observé à 150 km (figure 49b).

Figure 49



(a) Incision du lit du Colorado en aval du barrage Parker (Williams et Wolman, 1984). (b) Exhaussement progressif à 150 km en aval lié à la sédimentation (bancs alternés) des matériaux érodés en amont (Google Earth).