

Chapitre 4. Processus et Reliefs fluviaux

- ✧ Systèmes et reliefs fluviaux
- ✧ Profil en long et d'équilibre
- ✧ Bas Bassins de Drainage, Modèles Classiques
- ✧ Lacs et barrages
- ✧ Les ruisseaux de montagne
- ✧ rivières droites
- ✧ Les rivières tordues
- ✧ Rivières de désagrégation
- ✧ Graniers d'Anabanchin
- ✧ Gulleys
- ✧ Terrasses fluviales
- ✧ Cascades
- ✧ Plaines inondables
- ✧ Fans Alluviaux.



Photo. Oued El Harrach

✧ SYSTÈMES ET RELIEFS FLUVIAUX

- Une rivière est un cours d'eau naturel, généralement d'eau douce, qui se dirige vers un océan, un lac, une mer ou une autre rivière.
- Les rivières qui se déversent en mer ou dans les océans sont appelés **cours d'eau exoréique.**
- Les rivières qui débouchent à l'intérieur du continent sont appelés **cours d'eau endoréiques.**

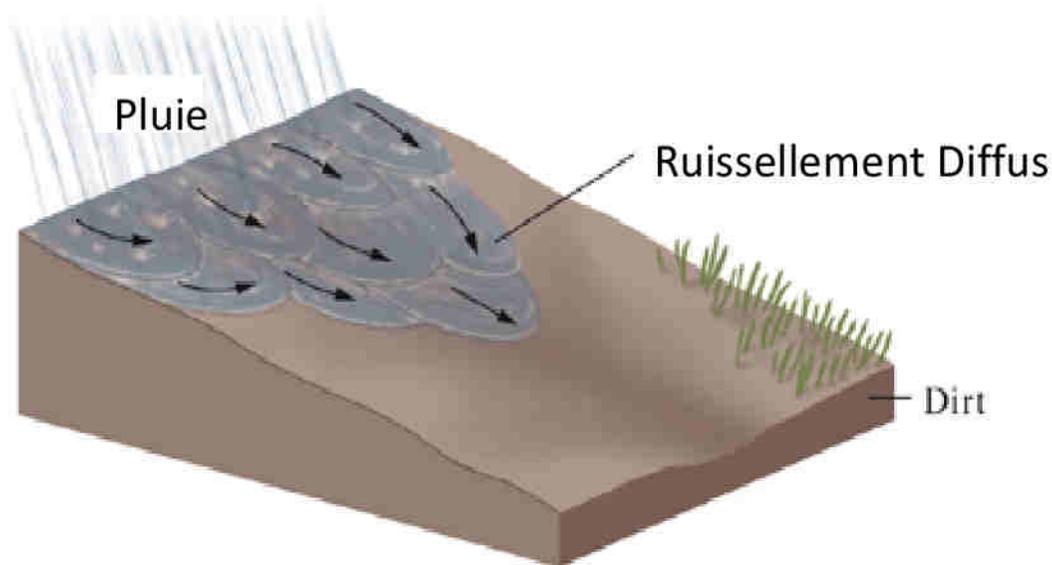
L'eau ne coule pas dans les rigoles et les ravins tout le temps, mais seulement pendant et peu après une précipitation (ou une fonte des neiges). Les canaux qui sont vides d'eau la plupart du temps comme celui-ci sont décrits comme ayant un **écoulement éphémère.**

Ces rigoles vont se rejoindre pour former des ravines.

Dans les pays humides les **ruisseaux pérennes** coulent toute l'année, mais pas toujours avec le même volume ou à la même vitesse.

Hiérarchie des cours d'eau de surface:

Les eaux de ruissellement commencent tout d'abord à couler vers le bas sous forme d'une mince couche d'eau non canalisée, appelée **ruissellement diffus**, ou **écoulement non concentré**.

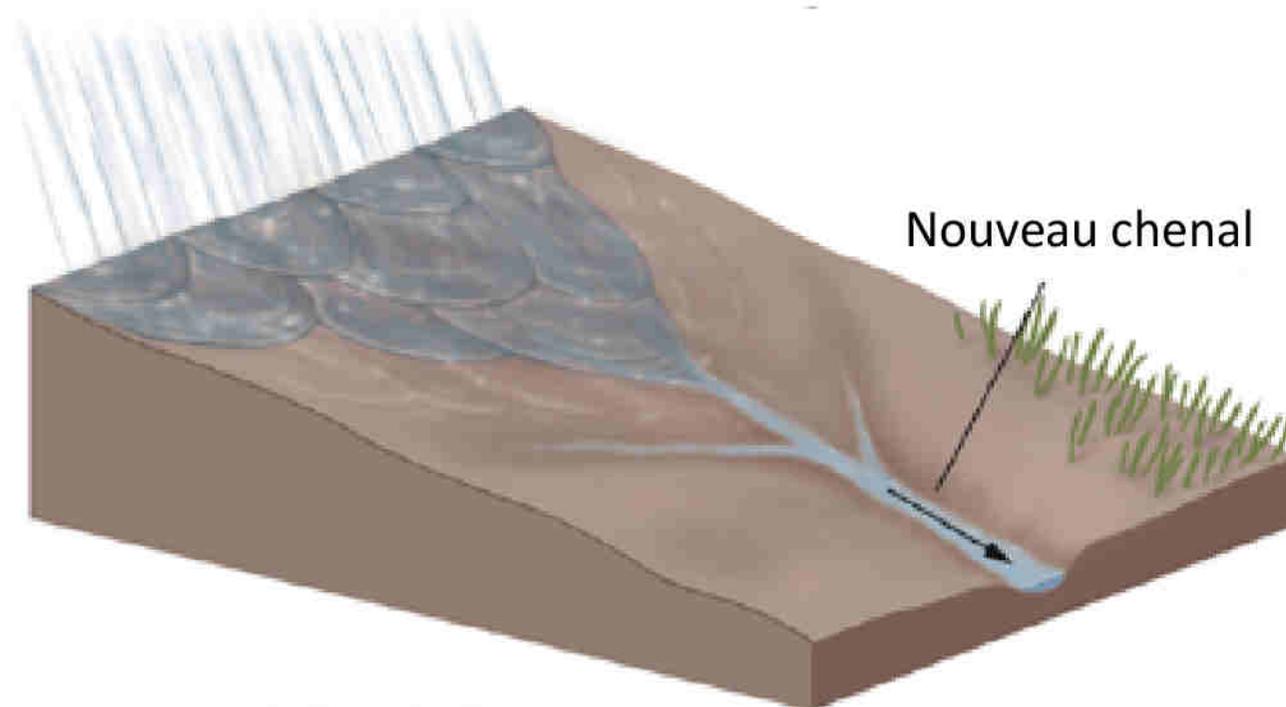


Rigoles et ruisseaux: canaux de ruissellement de surface à petite échelle (cm de largeur et cm de profondeur).

- trouvé sur les parties supérieures des collines.
- entretien des eaux de ruissellement uniquement lors de précipitations.

Hiérarchie des cours d'eau de surface:

- Cependant, à cause de la gravité, après une courte distance, ces eaux qui s'écoulent en nappe (ruissellement diffus) se concentreront dans les parties creuses préexistantes du terrain.
- Cette concentration de l'écoulement entraîne la formation de minuscules canaux, appelés **Ru, ruisseau ou rigoles**, ou de canaux un peu plus grands, appelés **ravines**.



1. Les rigoles ont une profondeur et une largeur d'environ 5 cm.



2. Les Ravines ont une largeur et une profondeur sous métrique (60 cm) ou métrique ($> 1m$).



3. Canaux de cours d'eau ouverts (échelle de mètres à 10 mètres)

- les principaux sites de ruissellement de surface.
- Dans les zones humides,.
- peuvent être éphémère dans les zones arides



- L'eau ne coule pas dans les rigoles et les ravins tout le temps, mais seulement pendant et peu après une précipitation (ou une fonte des neiges).
- Les canaux qui sont vides d'eau la plupart du temps sont dits : **écoulement éphémère**.
- Dans les pays humides les **ruisseaux pérennes** coulent toute l'année, mais pas toujours avec le même volume ou à la même vitesse.
- La plupart des cours d'eau des régions arides s'écoulent de manière éphémère, bien que certains puissent avoir un **écoulement intermittent**.
- Les petits cours d'eau qui contribuent de la sorte à la charge en eau et en sédiments sont **les affluents** du plus grand chenal, appelé **cours d'eau principal**.

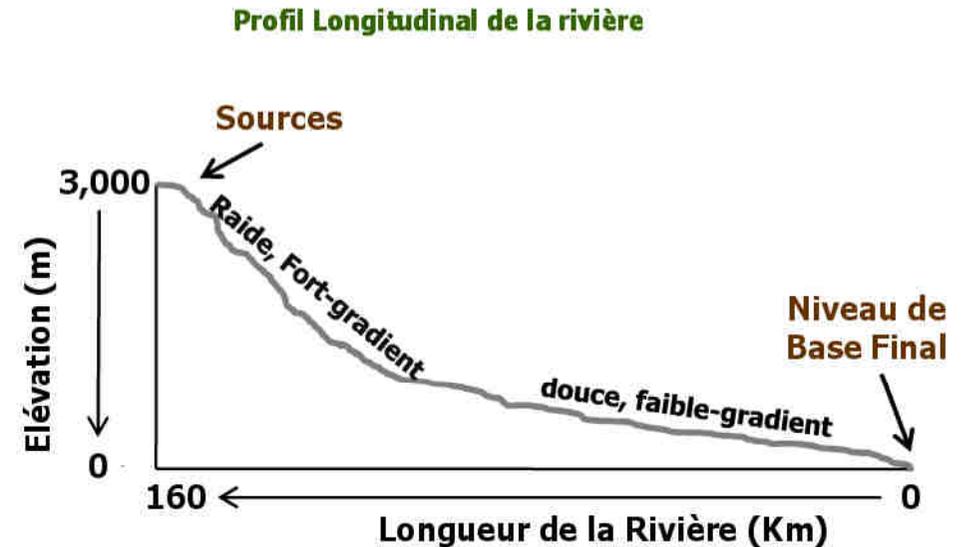
Profil longitudinal d'une rivière et Bassin Versant

❖ **Le profil longitudinal ou le profil en long** d'une rivière correspond à la pente de sa ligne de surface de l'eau, de la source à l'embouchure. Autrement dit: C'est une coupe transversale d'élévation de l'ensemble du bassin versant, de la source d'eau courante à l'embouchure de l'oued:

❖ La source d'écoulement d'eau est appelée **l'amont** ou **la source d'eau**. L'amont correspond aux zones les plus élevées où l'eau s'accumule pour former un réseau de cours d'eau..

❖ **L'embouchure de l'oued** est généralement définie par le niveau de base ultime du ruisseau, correspondant généralement au niveau de la mer où l'oued rencontre l'océan. **Le niveau de base** est l'altitude la plus basse qu'un cours d'eau peut éroder son chenal. Les niveaux de base locaux ou temporaires peuvent être formés par des réservoirs de barrages ou des cascades.

❖ Au fur et à mesure que les cours d'eau remontent de leur source jusqu'à leur niveau de base, ils creusent des vallées dans le paysage en érodant, transportant et déposant des roches, du sol et des sédiments altérés.



Bassin versant

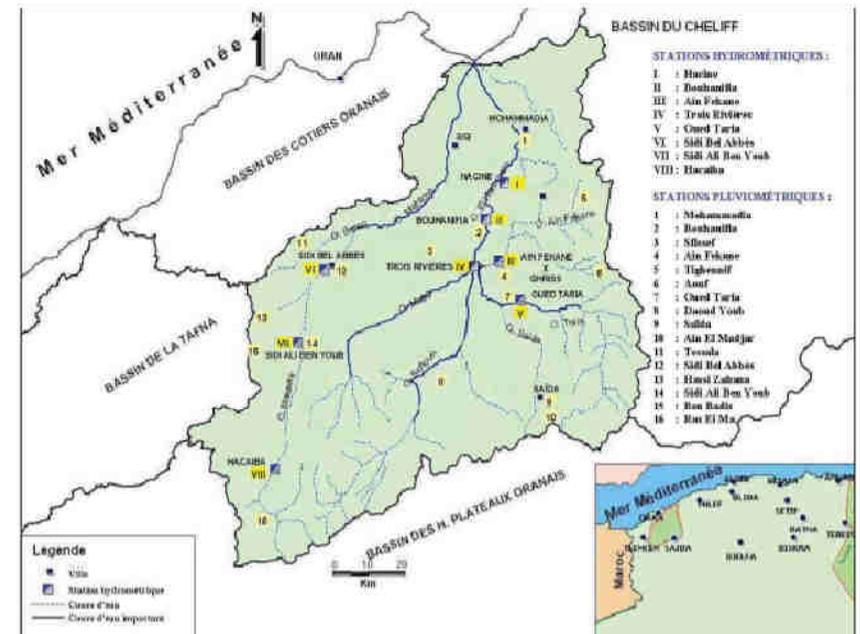
Définition:

Le bassin versant correspond à un espace drainé par un cours d'eau principal et ses affluents. Le bassin versant est limité par une ligne de partage des eaux qui le plus souvent correspond à la ligne de crête.

- Le bassin versant peut être subdivisé en bassins élémentaires, ou **sous-bassins versants**, correspondant à la surface d'alimentation des affluents se jetant dans le cours d'eau principal.

La ligne de partage des eaux représente le périmètre extérieur d'un bassin versant et donc également la limite entre celui-ci et les bassins adjacents.

- La ligne de partage des eaux suit la crête de l'interfluve entre deux bassins versants adjacents.



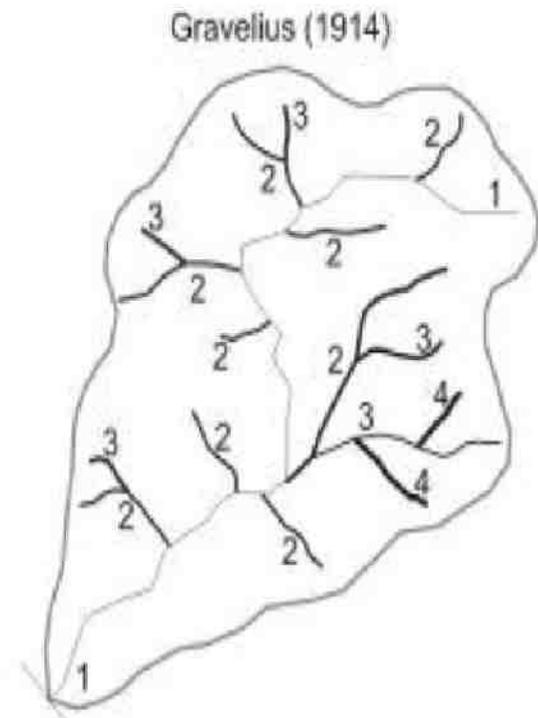
La hiérarchisation du réseau hydrographique

La connaissance de l'ordre hiérarchique des affluents de chaque cours d'eau permet de faire des comparaisons entre différents cours d'eau.

Plusieurs techniques d'hiérarchisation des cours d'eau ont été présentées: Gravelius (1914), Horton (1945), Strahler (1957) et Shreve (1966).

Gravelius (1914).

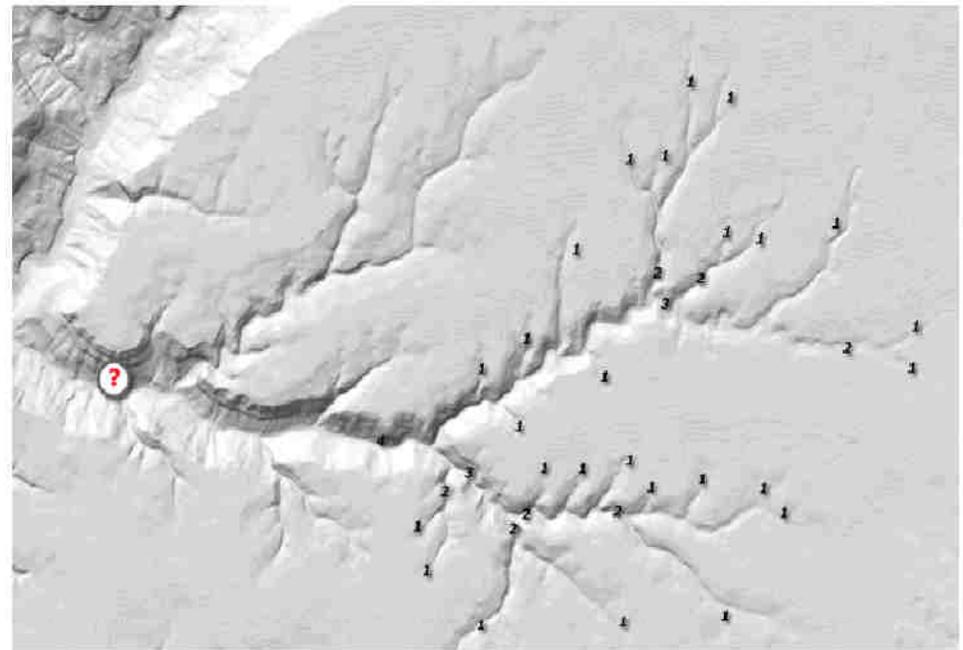
- **Le cours d'eau principal** du bassin versant reçoit l'ordre « 1 » depuis son exutoire jusqu'à sa source ;
- de la même façon, **les affluents** reçoivent des numéros d'ordre, qui augmentent en direction de l'amont.



Horton (1945)

Horton (1945) a présenté une technique d'ordination des cours d'eau inspirée des idées de l'hydrologue allemand Gravelius (1914).

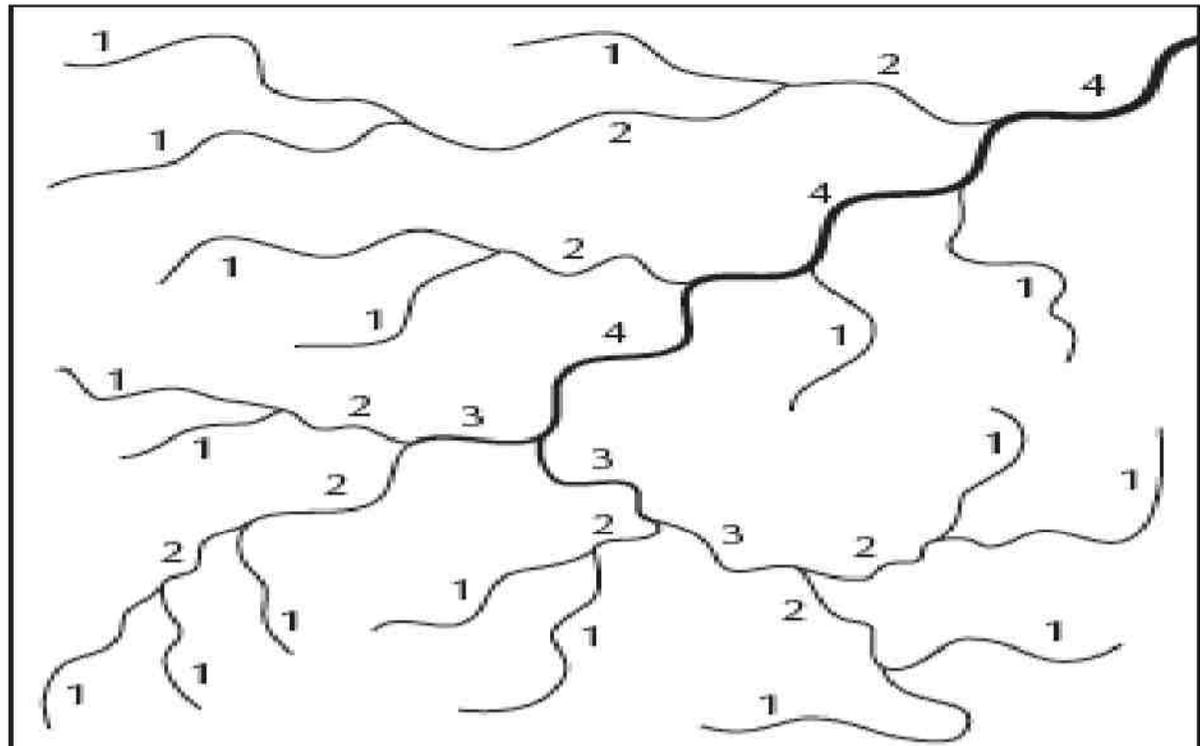
Horton (1945) a inversé le système d'ordre de Gravelius (1914), en donnant l'ordre « 1 » aux sources et en augmentant la valeur en direction du tronc hydrographique principal.



Strahler (1957)

A partir de la proposition présentée par Horton (1945), Strahler (1957) a développé un nouveau système d'ordination

La méthode proposée attribue la valeur « 1 » à tous les tronçons de tête de bassin ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit, après leur confluence, un tronçon de valeur « 2 » ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 2 » produit un tronçon de valeur « 3 », et ainsi de suite.



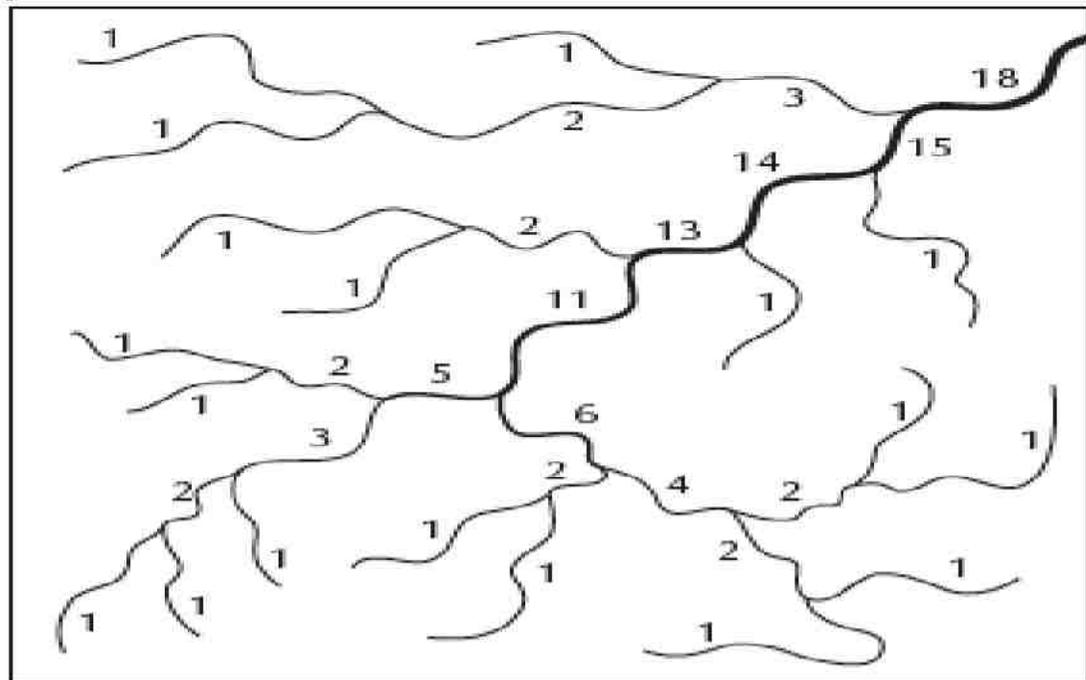
Shreve (1966)

Une nouvelle proposition d'ordination des chenaux a été faite par Shreve (1966).

La méthode proposée par Shreve (1966) propose la somme des valeurs d'ordre aux confluences.

Les sources reçoivent la valeur « 1 » ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit un tronçon de valeur « 2 » ; la rencontre d'un tronçon d'ordre « 1 » avec un tronçon d'ordre « 2 » produit un tronçon d'ordre « 3 », et ainsi de suite.

La totalisation des ordres de tous les tronçons donne, à l'exutoire du bassin versant, la quantité totale de tronçons de rang « 1 ».



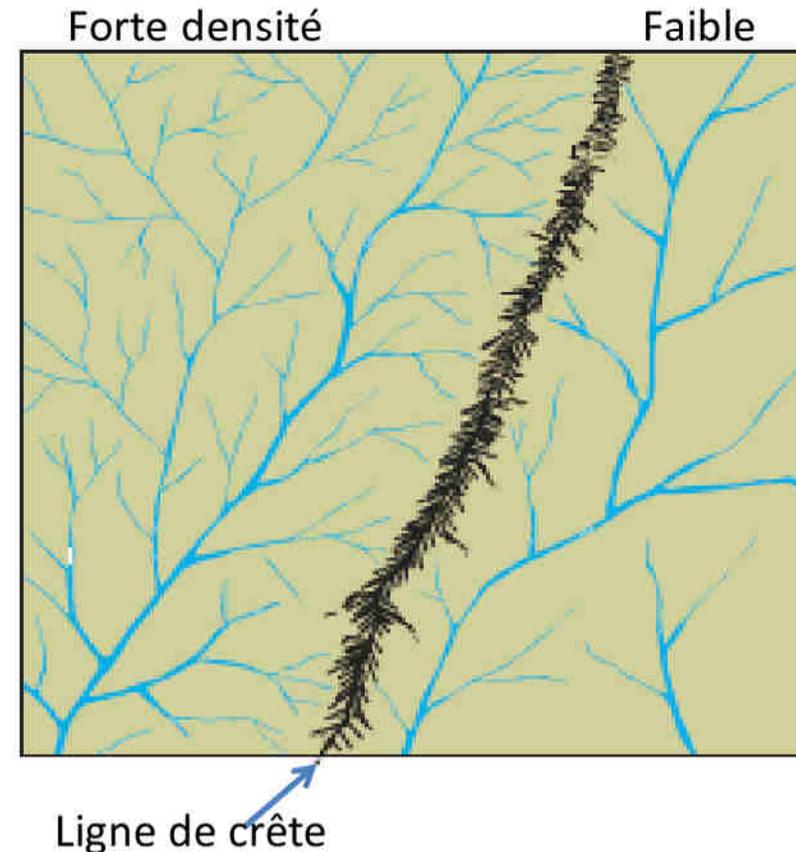
Densité et modèles de drainage

La densité de drainage indique à quel point le paysage est disséqué par canaux; ainsi, il reflète à la fois la tendance du bassin versant à générer des écoulements de surface et l'érodibilité des matériaux de surface.

Nous pourrions utiliser la mesure quantitative de $D_d = L / A_d$ pour déterminer avec précision le changement et en suivre l'évolution dans le temps.

$$D_d = \frac{L}{A_d}$$

D_d : densité de drainage;
 L : longueur totale de tous les cours d'eaux et
 A_d : la surface du bassin de drainage

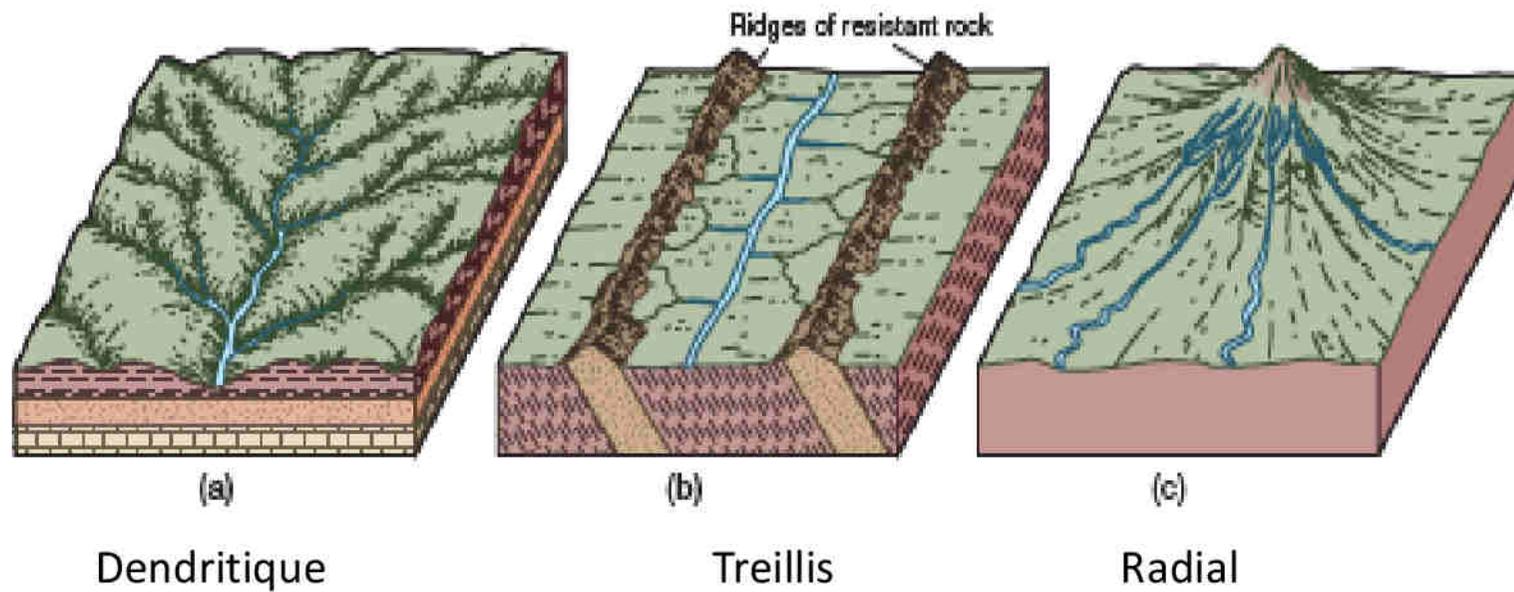


Modèles de drainage

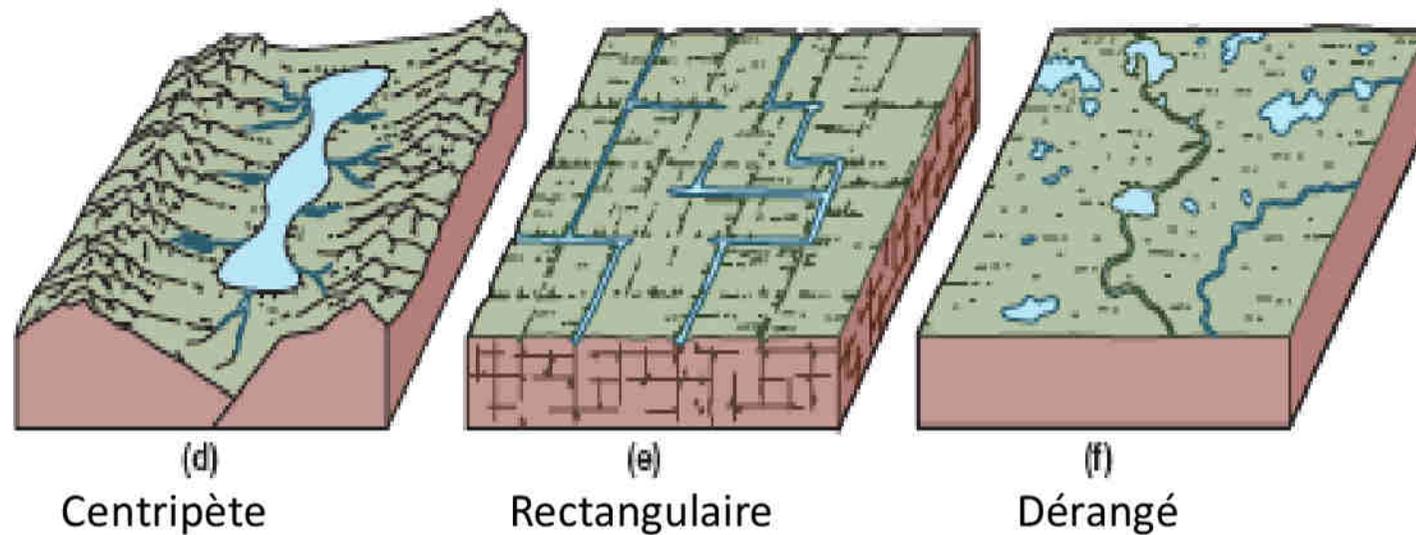
Sur les photographies aériennes et les images satellitaires ou sur des cartes, les affluents de divers systèmes de cours d'eau peuvent également former des modèles de drainage distincts (également appelés modèles de cours d'eau).

Les modèles de drainage sont influencés par la structure du substratum rocheux et la nature de la surface du sol.

Un modèle de cours d'eau dendritique (du grec: dendros, arbre) (Fig. 17.8a), voir page 477, est un motif de ramification irrégulière avec des affluents joignant des cours d'eau plus importants à des angles aigus (inférieurs à 90°).



Un motif dendritique est trouvé là où les roches ont résistance uniforme aux intempéries et à l'érosion.

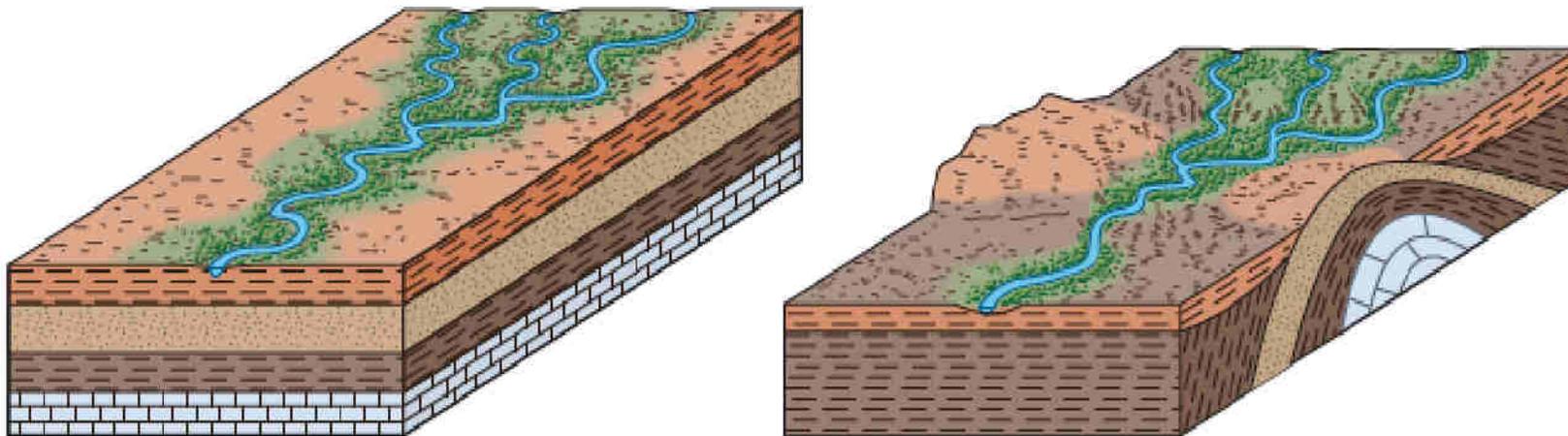


- ◆ Le modèle dendritique se rencontre là où les roches ont une résistance uniforme aux intempéries et à l'érosion.
- ◆ Le modèle en treillis montre des vallées parallèles creusées dans des roches moins résistantes localisées entre deux couches de roches résistantes.
- ◆ Le modèle radial résulte de plusieurs canaux qui proviennent du sommet d'une montagne ou d'un volcan en forme de dôme.
- ◆ Le modèle centripète montre plusieurs canaux qui coulent vers l'intérieur vers le centre d'une plaine structurale ou d'un bassin.
- ◆ Le modèle rectangulaire indique des motifs de joint linéaires dans la structure du substrat rocheux.
- ◆ Le modèle perturbé résulte typiquement après le retrait des glaciers continentaux; il se caractérise par un agencement chaotique de canaux reliant petits lacs et marais.

Cependant, il existe également de nombreux exemples de cours d'eau qui coupent ou traversent les structures, c'est-à-dire transversaux à la structure, creusant un fossé ou un canyon à travers des montagnes ou des crêtes de montagnes.

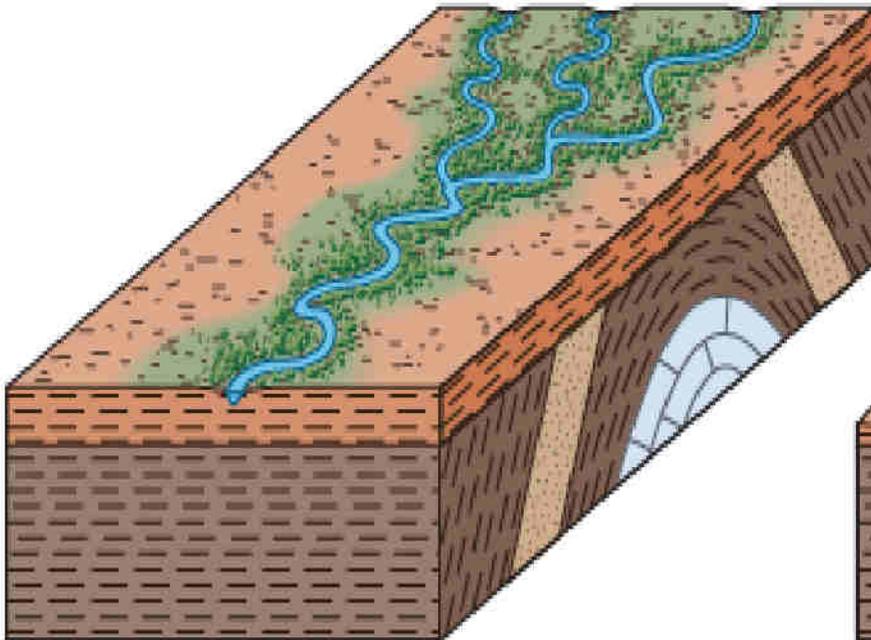
Ces cours d'eau sont probablement antécédents ou surimposés.

Les cours d'eau antécédents existaient avant la formation de la montagne qu'ils traversent. Ces cours d'eau maintiennent leurs cours en taillant des canyons de plus en plus profonds au fur et à mesure que la montagne se soulève.

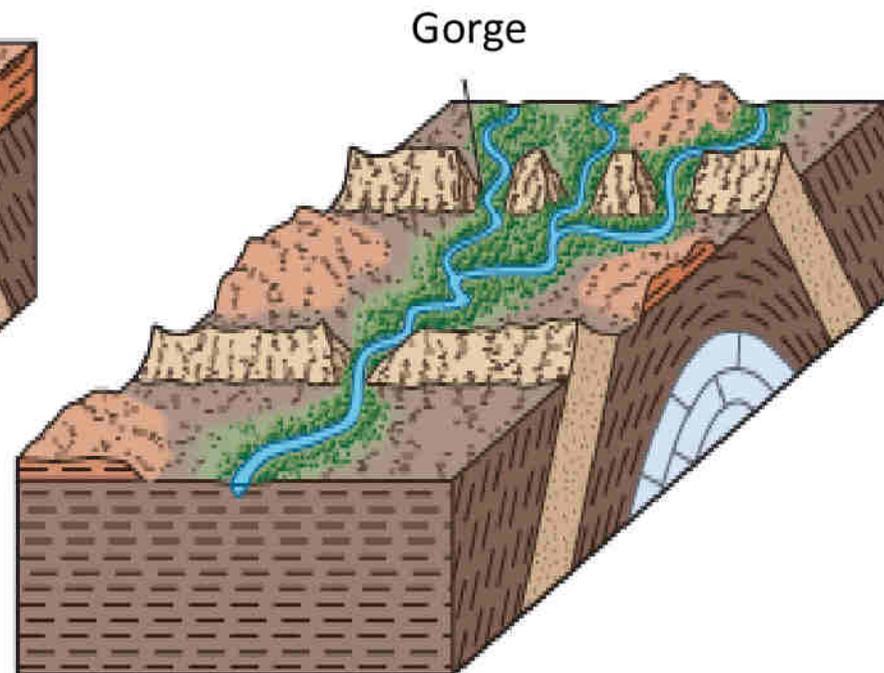


a) Situation d'antécédence

Les cours d'eau surimposés sont nés après la mise en place de la montagne , ils ont creusés les couches rocheuses antérieures de sorte qu'ils se sont surimposés aux rochers situés au-dessous.



28 5



b) Situation de surimposition

Débit de cours d'eau

La quantité d'eau qui coule dans un oued dépend non seulement des conditions météorologiques récentes, mais aussi de facteurs tels que la taille du bassin hydrographique, le relief, le climat, la végétation, les types de roche et l'historique de l'utilisation des sols. Le débit des cours d'eau varie considérablement d'un moment à l'autre et d'un endroit à l'autre. La plupart des cours d'eau connaissent parfois de brèves périodes pendant lesquelles le débit dépasse la capacité du chenal à le contenir, ce qui entraîne l'inondation des terres émergées adjacentes au chenal.

Le débit d'un oued (Q) est le volume d'eau (**V**) s'écoulant à travers une section transversale du canal par unité de temps (**t**): $Q = V / t$. Le débit est le plus souvent exprimé en unités de mètres cubes par seconde (m^3 / s)

En réalité, le débit est déterminé non pas en mesurant directement $Q = V / t$, mais en utilisant le fait que le débit (**Q**) est également égal à l'aire de la section transversale (**A**) fois la vitesse moyenne du flux (**v**). Cette équation, $Q = Av$ peut également être désigné par $Q = wdv$ car la surface de section transversale (**A**) est équivalente à la largeur du canal (**w**) multipliée par la profondeur du canal (**d**), deux facteurs relativement faciles à mesurer sur le terrain.



Dépôt de cours d'eau

La capacité et la compétence d'un cours d'eau en matière de transport de sédiments dépendent principalement de la vitesse d'écoulement. La diminution de la vitesse amènera l'oued à réduire sa charge par dépôt.

Plusieurs formes de déposition sont notées: **levées de terre, plaine d'inondation, deltas, bar.**

Alluvions ou Alluvium est le nom général donné aux dépôts fluviaux, quel que soit le type ou la taille du matériau. Les alluvions sont généralement reconnues par le tri et / ou l'arrondissement des sédiments caractéristiques des cours d'eau.

Les levées naturelles de terre: se forment lorsque les cors d'eau débordent de leurs lits et déposent des sédiments sous forme de crêtes limitant le chenal.

Les plaines inondables sont des de larges étendues souvent à faible pentes composées d'alluvions et adjacentes à de nombreux chenaux de cours d'eau.

Les deltas se forment à l'interface entre les systèmes fluviaux et les environnements côtiers des lacs ou de l'océan et proviennent donc en partie de processus fluviaux et en partie de processus côtiers. Ces dépôts sont appelés delta car sur les cartes et les images satellitaires leurs formes ressemblent à la lettre grecque delta (Δ).

Les deltas ont une partie côtière (sous-marine), appelée prodelta, et une partie fluviale, la plaine du delta, qui se situe à un niveau légèrement supérieur au niveau du lac ou du niveau de la mer.

Les multiples canaux sortant du cours principal sont appelés distributaires, sont des caractéristiques typiques de la plaine deltaïque et aident à diriger le flux et les sédiments vers le lac ou l'océan. Plusieurs types de deltas peuvent se former.



Deltas du Nil



Deltas du Mississippi

Styles fluviaux CLASSIFICATION DES COURS D'EAU

Il existe une grande variété de types de cours d'eau, des cours d'eau rapides des montagnes aux cours d'eau de faible pente dans les plaines. Plusieurs systèmes de classification des cours d'eau ont été élaborés. Deux systèmes de classification sont présentés.

Classification en quatre types

Leopold et Wolman (1957) ont proposé une classification des cours d'eau en trois types à laquelle un quatrième type (anastomosé) a été ajoutée par Schumm (1968) (figure X) :

- lits rectilignes dont l'indice de sinuosité est inférieur à 1,05;
- lits à méandres;
- lits à chenaux tressés qui sont caractérisés par des bancs d'alluvions non végétalisés, une charge de fond abondant ou une bonne disponibilité de sédiments, l'érodibilité des berges et une grande variabilité des débits;
- lits anastomosés qui sont caractérisés par des cours d'eau à chenaux multiples mais stables, chenaux sinueux à faible pente (0,0001) dont le lit est composé de matériaux fins et cohésifs.

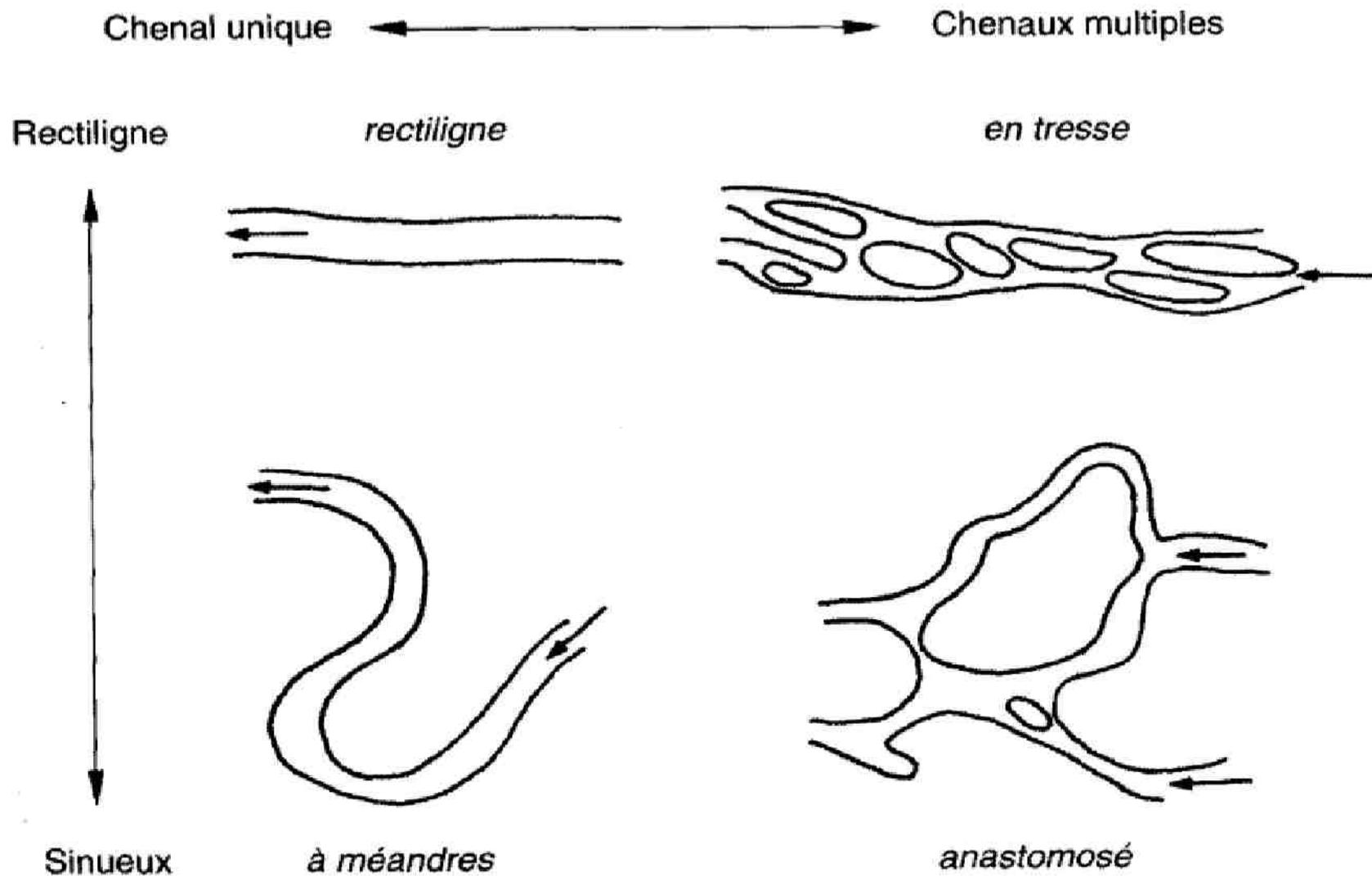


Fig. X. Classification développée par Leopold et Wolman (1957) et Schumm (1968)

Cours d'eau ou « lits » droits ou rectilignes

Ils sont rares dans la nature. Ils sont généralement restreint aux étendues de vallées en forme de V qui sont eux-mêmes liés au contrôle structural exercé par les failles et les joints.

- Ils ne sont pas aussi courants que les cours d'eau sinueux ou tressés
- Les canaux rectilignes dans les fonds de vallée plats sont presque toujours artificiels.
- Les cours d'eau droits résultent souvent de tronçons incisés dans le substrat rocheux, suivent des structures géologiques ou aménagés par l'homme pour qu'ils ne se déplacent pas latéralement.
- les rivières droites ne caractérisent généralement qu'un tronçon particulier du chenal d'une rivière.
- Les tronçons directs dans un réseau hydrographique peuvent fournir des informations importantes sur les contrôles du substrat rocheux ou sur les changements abrupts du gradient du cours d'eau.



Les cours d'eau ou lits à méandres

Des lits à méandres sinueux errent comme un serpent dans une plaine inondable. La ligne de partage entre ligne droite et méandre est définie arbitrairement par une sinuosité de 1,5, calculée en divisant la longueur du canal par la longueur de la vallée.

Les modèles de rivière en méandres sont des canaux sinueux à faible gradient qui contiennent plusieurs courbes de méandres individuelles qui migrent latéralement dans la plaine inondable.

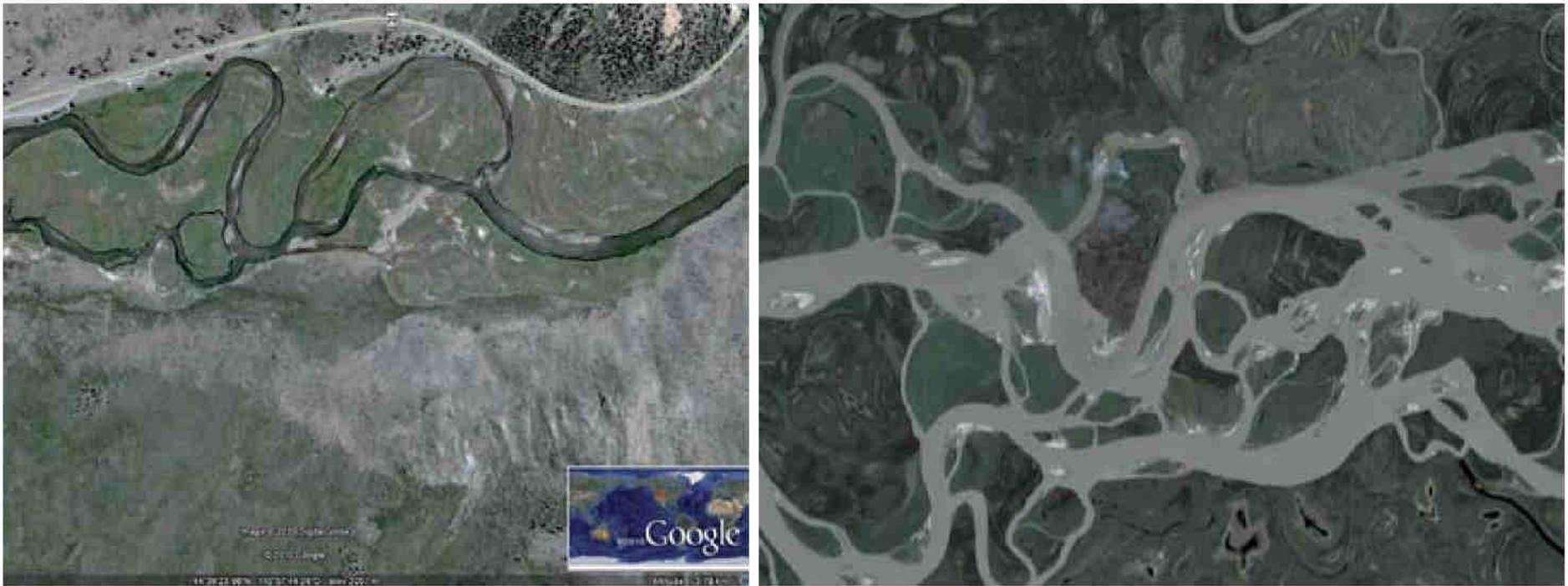
La position des méandres change, conduisant à l'altération du parcours par des coupures et des déviations de canaux (avulsions). Les avulsions sont le changement soudain du cours d'une rivière menant à un tronçon de chenal abandonné, à un tronçon de nouveau chenal et à un segment de terrain plus élevé (partie de la plaine inondable) qui les sépare.



Les « anabranches »

Le terme d'anabranchement (*anabranching*) est réservé à des chenaux fluviaux qui diffluent par rapport au chenal principal et confluent plus à l'aval, parfois après plusieurs kilomètres de parcours autonome.

La distinction n'est pas toujours clairement établie entre les cours d'eau à anabranches et les cours d'eau anastomosés, voire les cours d'eau en tresses.



Exemples de tracés à anabranches. (a) Anabranches de type 3 de Nanson et Knighton. (b) Anabranches de type 5.



2. La classification ou typologie de Rosgen (1996)

La typologie de Rosgen (1996)

La typologie de Rosgen mérite un développement particulier car c'est actuellement, même si elle est souvent critiquée, la plus utilisée aux Etats-Unis.

Elle se présente sous la forme d'une clé de classification dichotomique qui permet d'accéder à deux niveaux de classification.

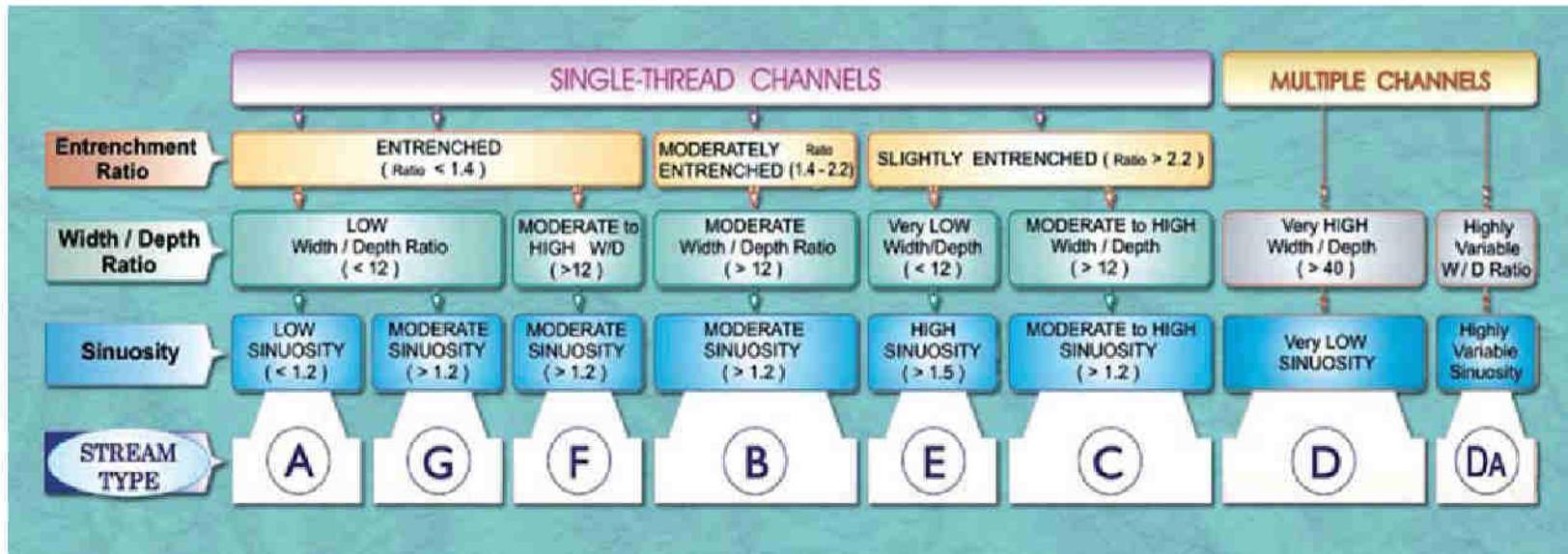
Niveau I : 9 types

Ce premier niveau est basé sur la détermination des paramètres suivants :

- nombre de chenaux ;
- ratio d'incision ;
- rapport largeur/profondeur à pleins bords;
- coefficient de sinuosité.

Ce niveau, comprenant initialement 8 types, a été complété par un type Aa+ spécifique aux cours d'eau de montagne (figures 155 et 156).

A chacun de ces types sont associés des traits géomorphologiques fonctionnels proches de ceux proposés par Schumm et Meyer (1979) : puissance, apports solides, stabilité latérale, etc.



Premier niveau typologique de Rosgen (1994).

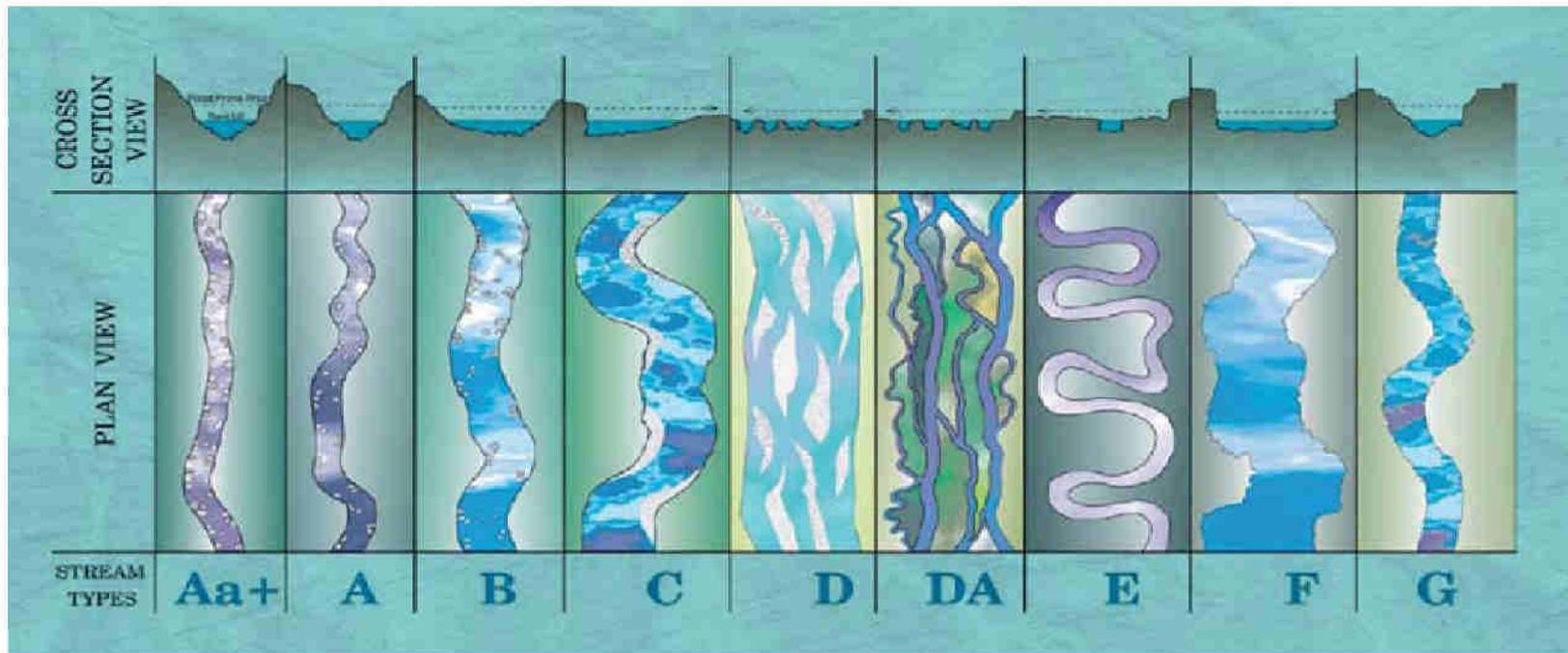


Illustration des profils en travers, ainsi que du tracé en plan du premier niveau typologique de Rosgen.

présente une modification de la classification de Rosgen (1996) qui classe les cours d'eau en huit types. L'avantage de cette classification est de classer les cours d'eau selon des paramètres quantifiables :

W/D = rapport largeur sur la profondeur pour l'écoulement plein bord

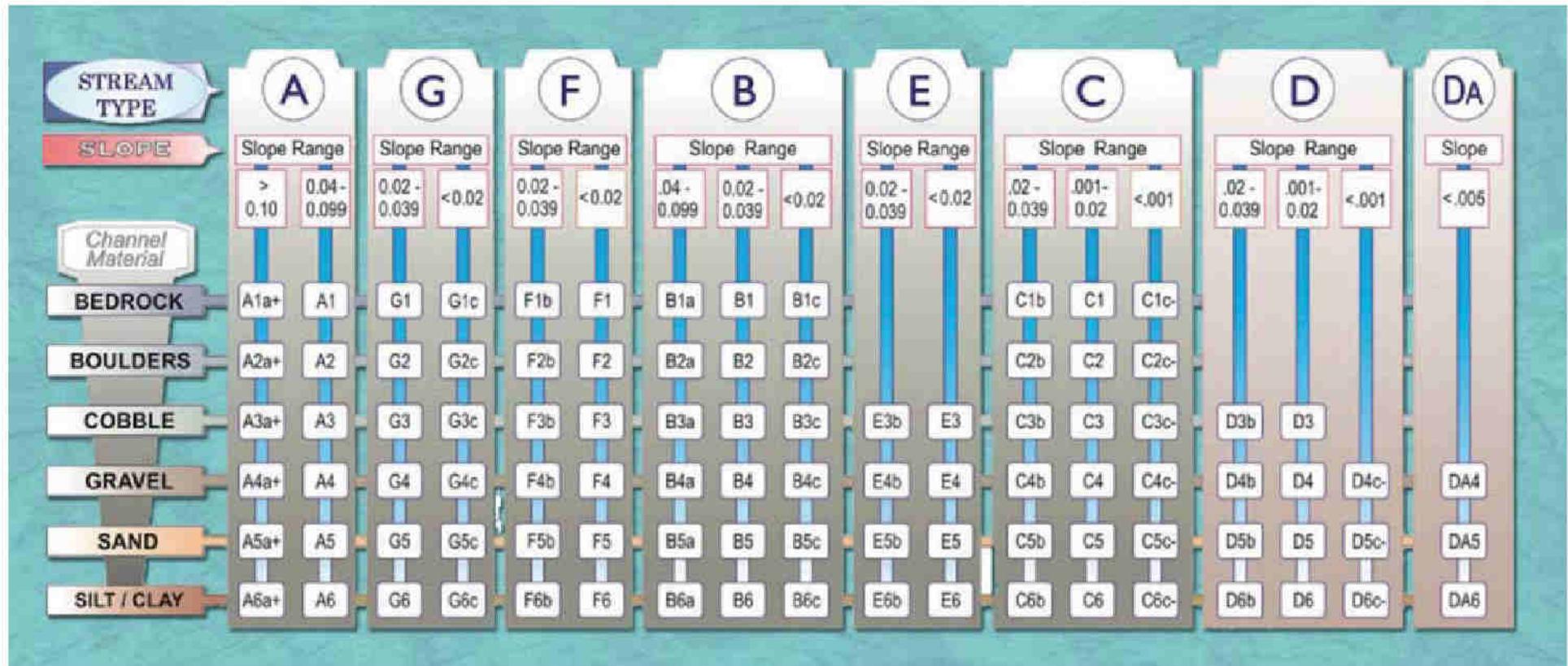
ER = rapport entre la largeur de la plaine d'inondation sur la largeur plein bord.

La largeur de la plaine d'inondation est défini comme la largeur du cours d'eau lorsque sa profondeur d'écoulement est deux fois la profondeur d'écoulement pour le débit plein bord.

Les huit types sont définis en trois classes.

Niveau II et Ilbis : 41 ou 93 types

Le niveau II fait intervenir de manière dichotomique la pente du cours d'eau puis la nature des matériaux du lit. Il aboutit à un classement en 93 types.



Deuxième niveau typologique de Rosgen (1994).

Un niveau intermédiaire à 41 types (la pente n'intervient plus comme variable de classification) a été proposé mais il semble peu utilisé.

Cette typologie (niveaux I et II) a été adoptée dans de nombreux services américains de gestion des cours d'eau.

Il est fréquent de trouver dans les publications scientifiques ou techniques la référence à un type « Rosgen » :B3, E5b.

Deux aspects nous amènent néanmoins à formuler quelques critiques quant à la possibilité de sa mise en œuvre :

- elle n'est pas simple à appliquer compte tenu du fait que deux des variables dichotomiques majeures nécessitent a priori des mesures de terrain (ratio d'incision et W/D) ;

- elle utilise à la fois des paramètres de contrôle (bedrock en fond de lit) et des variables de réponse (style fluvial, I/p (W/D en anglais), etc.), ce qui est peu satisfaisant du point de vue conceptuel.