

Chapitre III : Action des différents éléments sur les roches

Action des différents éléments sur les roches

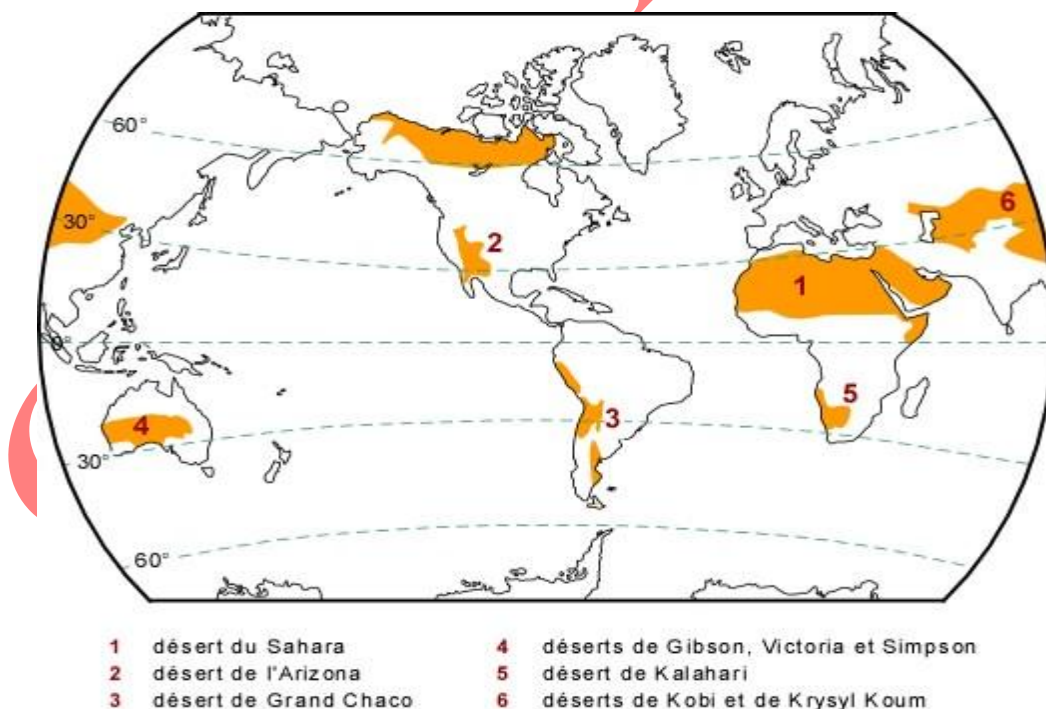
La surface des continents est perpétuellement modelée par trois agents principaux: l'eau, la glace et le vent. Dans ce chapitre, on verra comment agissent ces trois agents et quels en sont les résultats. Globalement, les continents tendent à s'éroder, ce qui entraîne une diminution de l'épaisseur de la croûte continentale qui, en vertu du principe de la compensation des masses, causera une remontée isostatique.

Il existe une zone tampon entre continent et océan : le **littoral** soumis à la fois aux processus terrestres et marins.

III.1 Action de l'air sur les roches

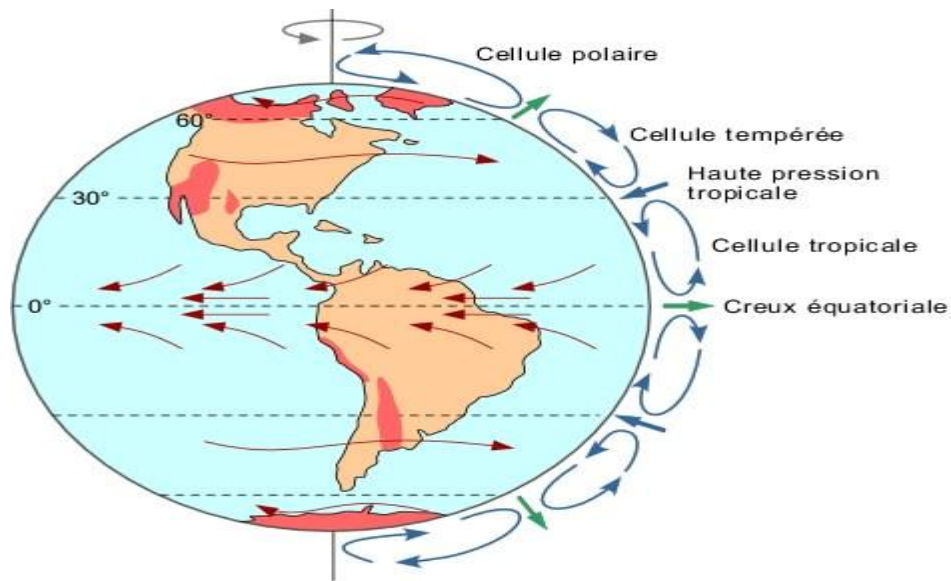
L'action du vent

Le vent constitue un facteur important d'érosion et de transport des sédiments à la surface de la planète. Il est particulièrement actif dans les régions sèches où la végétation est quasi-absente, comme les déserts. Les régions désertiques, qu'on définit comme les régions qui reçoivent moins de 20 cm de précipitations/an, couvrent près du tiers de la surface terrestre. Les grands déserts du monde (Sahara, Kalahari, Gobi, les déserts d'Australie) se trouvent entre les latitudes 10° et 30° de part et d'autre de l'équateur.



Ces régions sont constamment sous des conditions de haute pression atmosphérique où descend l'air sec.

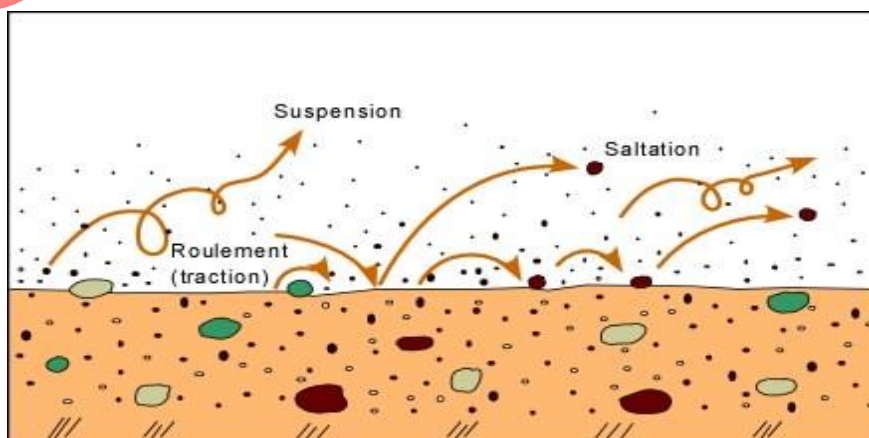
La répartition des déserts est déterminée par la circulation atmosphérique qui, elle, dépend de la radiation solaire.



L'air chauffé dans les régions équatoriales a tendance à monter. Il se crée donc à l'équateur, un flux d'air ascendant qui détermine une zone de basse pression: le creux équatorial. Arrivé dans la haute atmosphère plus froide, cet air ascendant très humide condense et forme les nuages et pluies de la zone équatoriale. L'air se débarrasse donc de son humidité; il s'assèche. Il redescend au niveau des latitudes 30°, sous forme d'un air très sec, pour former une zone de haute pression. Ce couple ascension-descente forme une cellule de circulation atmosphérique, la cellule tropicale. Ceci engendre une autre cellule atmosphérique, la cellule tempérée qui crée, autour des latitudes 60°, des courants ascendants. Plus vers les pôles, les cellules polaires vont ramener dans les cercles polaires de l'air sec. Il en résulte que les régions qui se situent à la hauteur des latitudes 30° et 90°, dans les deux hémisphères, sont balayées par de l'air sec.

C'est pourquoi on y retrouve les grandes zones désertiques, non pas à l'équateur, comme on pourrait le penser puisqu'il y fait le plus chaud, mais autour des latitudes 30°. Il peut sembler paradoxal de qualifier les cercles polaires de déserts, mais effectivement, même s'il y fait froid, ce sont des déserts où les précipitations sont minimales.

Dans les déserts, l'agent principal d'érosion et de transport des matériaux est le vent. Si le vent peut agir si efficacement pour éroder et transporter les particules, c'est qu'il n'y a ni humidité, ni végétation pour retenir celles-ci et les stabiliser. Le vent qui balaie la surface du sol entraîne donc facilement ces particules. Les particules sont transportées selon trois modes.

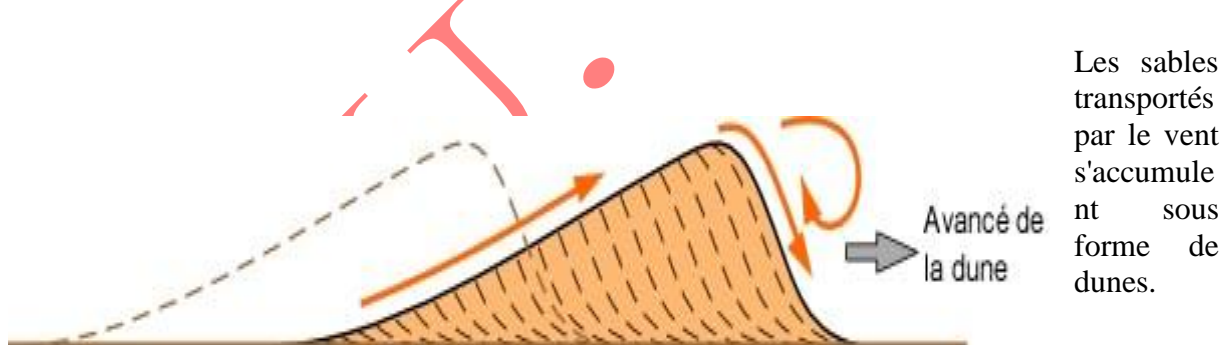


Les plus grosses se déplacent par roulement ou glissement (**traction**) à la surface du sol, sous l'effet de la poussée du vent ou des impacts des autres particules. Les particules de taille moyenne (sables) se déplacent par bonds successifs (**saltation**). Les particules très fines (poussières) sont transportées en **suspension** dans l'air (loess), souvent sur de très grandes distances.

Il en résulte deux structures importantes des déserts : les pavements de désert et les champs de dunes.



Le vent entraîne les particules de la taille des sables, mais n'a pas l'énergie nécessaire pour soulever ou rouler les plus grosses particules. Ainsi, ces plus grosses particules se concentrent progressivement à mesure de l'ablation des sables pour former finalement une sorte de pavement qui recouvre les sables et les stabilise, ce qui, par exemple, permet aux véhicules robustes de rouler aisément.



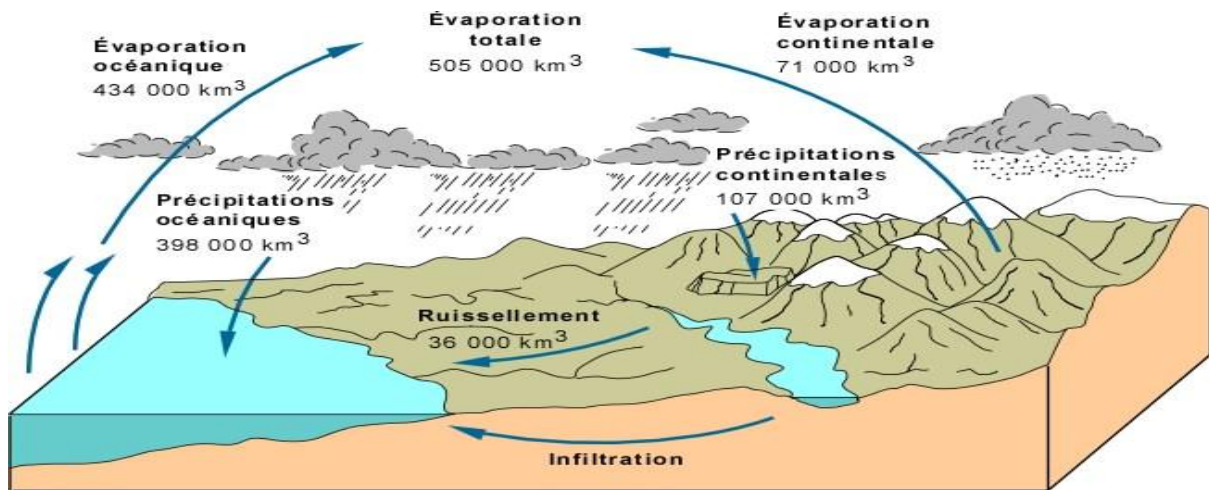
Les sables transportés par le vent s'accumulent sous forme de dunes.

Ces dernières se déplacent, sous l'action du vent, par saltation des particules sur le dos de la dune; elles viennent se déposer sur le front de la dune, soit par avalanche, soit parce qu'elles sont piégées par le tourbillon que fait le vent à l'avant de la dune. C'est ce qui cause la structure interne en laminae parallèles inclinées qui indiquent le sens du déplacement de la dune.

III.2 Action de l'eau sur les roches

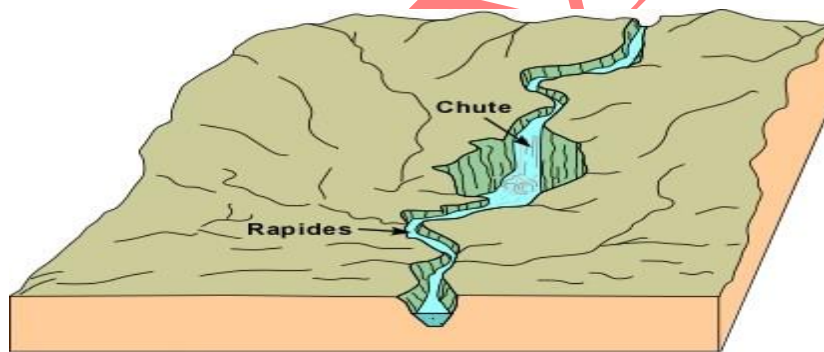
III.2.1 Les eaux de ruissellement

Le schéma qui suit présente de façon simple le bilan hydrique de la surface terrestre.

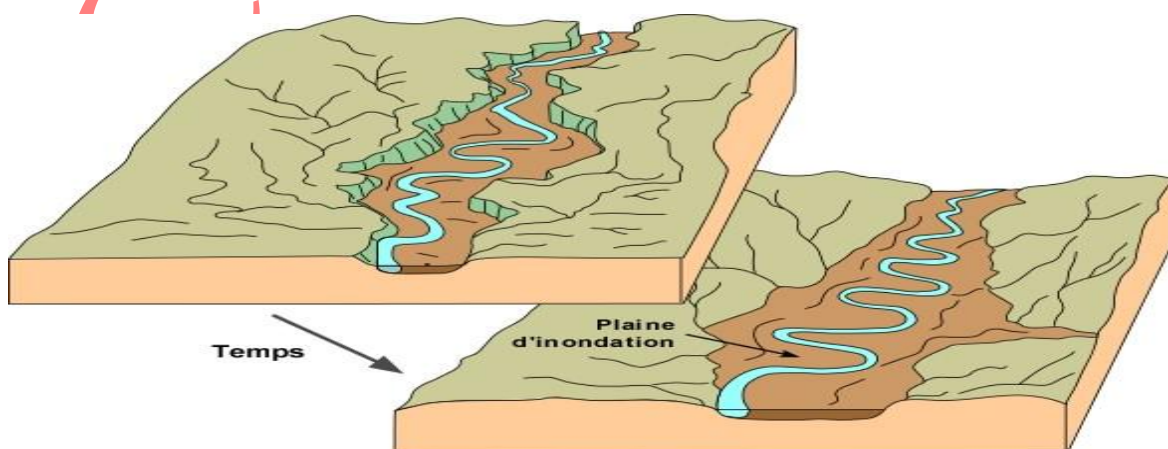


On y voit que moins de 7% de l'eau du cycle total est disponible pour modeler les continents par ruissellement, mais il s'agit d'un agent très efficace.

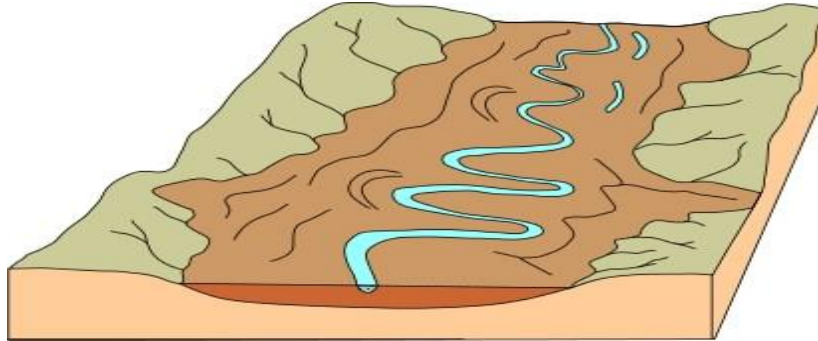
C'est bien connu, les eaux de ruissellement creusent les vallées. La profondeur, la largeur et les formes de ces dernières se modifient avec le temps. Les schémas qui suivent illustrent ces modifications.



Le stade de jeunesse d'une vallée fluviale se caractérise par du creusement qui conduit à la formation d'une vallée étroite en forme de V; les reliefs sont accentués le long du cours d'eau et on retrouve chutes, cascades et rapides.

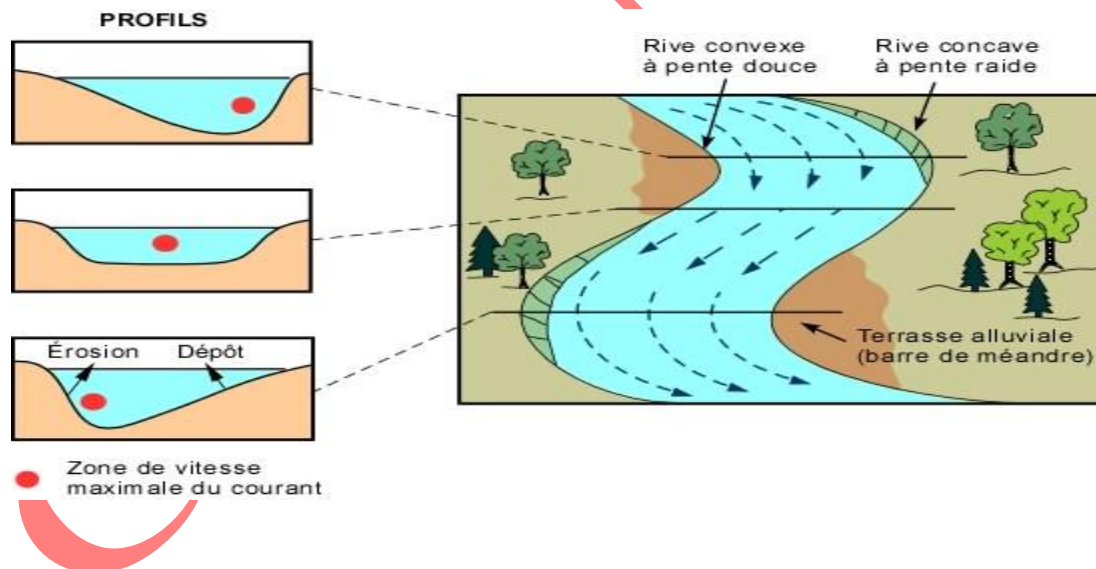


A l'étape de la maturité, le cours d'eau aplanit ses reliefs et diminue son gradient de pente; il commence alors à éroder latéralement, élargissant la vallée et créant, par ses dépôts, une plaine d'inondation. Cette dernière se construit par l'apport constant de sédiments issus de l'érosion en amont et par l'épandage dans la vallée de ces sédiments durant les périodes de débordement dues aux crues.



Le stade de vieillesse de la vallée est atteint lorsque celle-ci est beaucoup plus large que les plus larges méandres du cours d'eau. A noter que les tributaires du cours d'eau principal contribuent eux aussi à aplanir les reliefs adjacents.

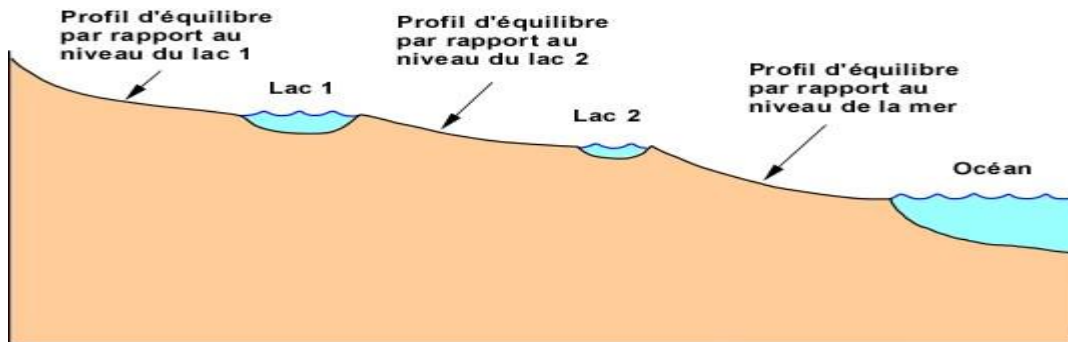
Le schéma qui suit illustre comment agissent les processus d'érosion et de dépôt dans un cours d'eau méandrique.



Dans un méandre (profils du haut et du bas), l'érosion se fait sur la rive concave, à pente raide, là où la vitesse du courant est la plus grande, alors que le dépôt se fait sur l'autre rive, convexe, là où la vitesse du courant est plus faible, formant une terrasse alluviale (ou barre de méandre). Le couple érosion-dépôt entraîne une migration latérale du méandre, causant un élargissement de la vallée au stade de maturité et une remobilisation des sédiments au stade de vieillesse de la vallée.

Pour bien saisir comment se fait l'aplanissement de tout un continent ou d'une partie de continent sous l'action des eaux de ruissellement, il est une notion importante à connaître : le **profil d'équilibre** d'un cours d'eau et son ajustement à un **niveau de base**.

Ce profil d'équilibre s'établit par l'ajustement à un niveau de base. Ce niveau de base est défini par le niveau d'eau du réservoir dans lequel se jette le cours d'eau (autre cours d'eau plus important, lac, réservoir hydroélectrique, mer, etc.). Ainsi, un cours d'eau qui se jette dans un lac creusera son lit jusqu'à ce qu'il atteigne son profil d'équilibre défini par le niveau d'eau du lac.

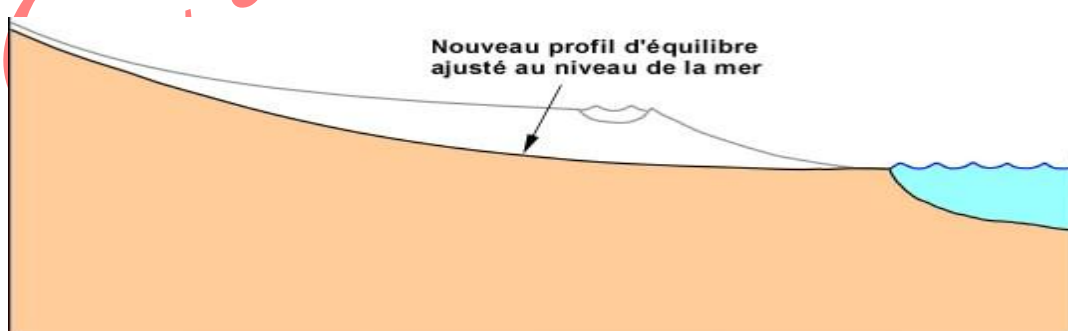


Sur ce schéma, l'échelle verticale est fortement exagérée. En fait, à l'équilibre, le gradient de pente du cours d'eau est très faible. Tant que le lac est présent, le cours d'eau ne peut éroder plus bas que ce profil.

Si de manière naturelle ou anthropique le lac est drainé (comme par exemple, le lac 1 sur le schéma qui suit), le cours d'eau recommence à creuser et ajuste son profil à un nouveau niveau de base, ici le niveau du lac 2.

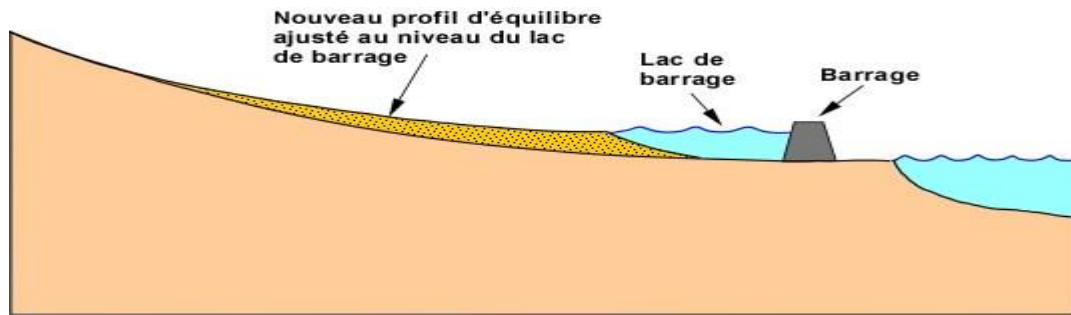


Avec le drainage du lac 2, un nouveau profil d'équilibre s'établit. Ultimement, le niveau de base est le niveau marin.



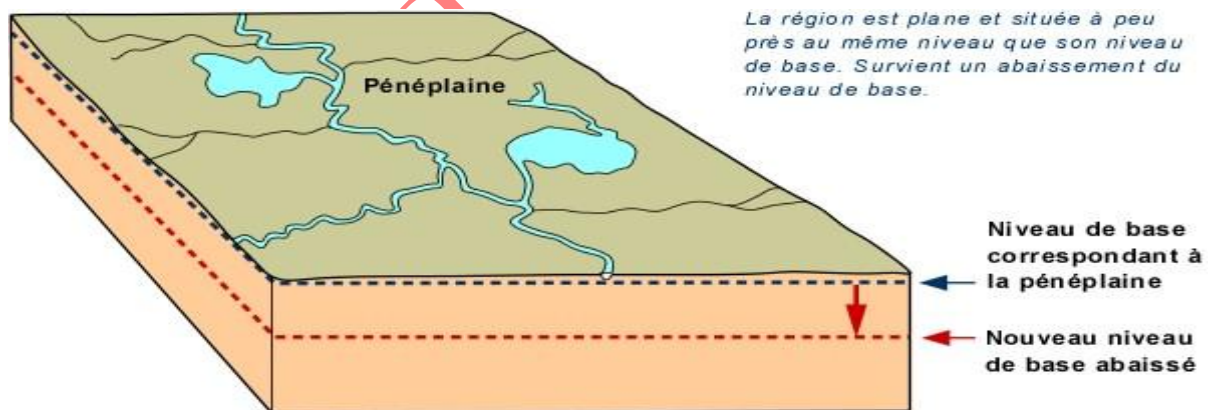
Ceci explique comment les continents tendent à être érodés jusqu'au niveau marin (niveau zéro). Cela est théorique, car dans la nature, il y a des événements qui font qu'on atteint rarement une telle situation, entre autre, à cause de la dynamique de la tectonique des plaques.

Les travaux humains peuvent contribuer à modifier de façon significative le profil des cours d'eau: un abaissement du niveau de base par des travaux de creusement par exemple risque d'entraîner des problèmes d'érosion à la grandeur de toute une région. A l'inverse, la construction de barrages créant un lac de barrage entraîne l'accumulation de sédiments.

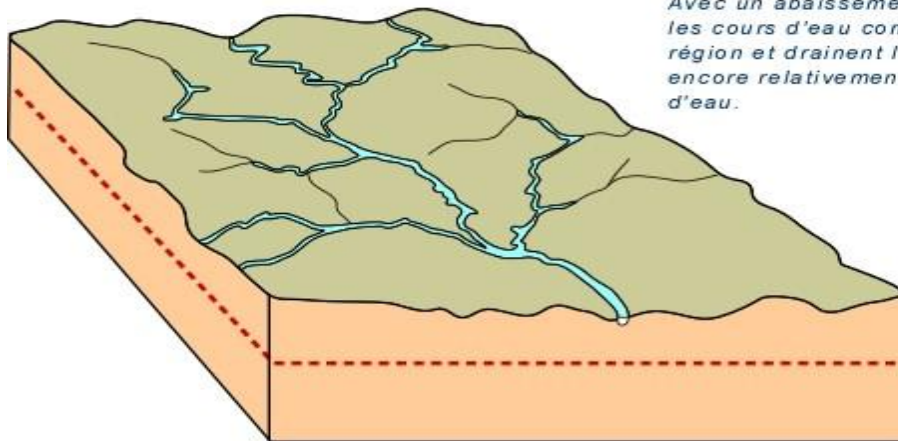


Les changements du niveau de base peuvent se faire aussi à l'échelle planétaire. Nous savons par exemple que, dans le passé, le niveau des mers a fluctué constamment. Il y a un certain nombre de causes à ces fluctuations, les deux principales étant les changements de volume des océans reliés à la tectonique des plaques et le stockage de glaces aux pôles durant les glaciations.

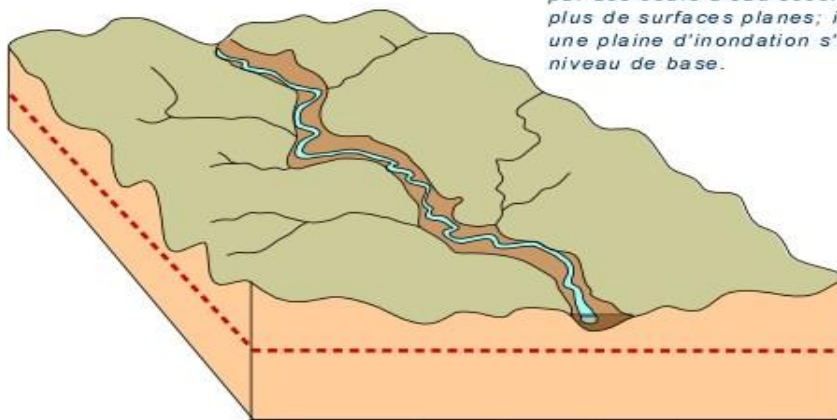
Un abaissement du niveau des mers entraîne, pour les continents, un changement du profil d'équilibre des cours d'eau. Voici, par exemple, comment évoluera les reliefs d'une région dont le niveau de base aura été abaissé. Prenons une région qui a atteint son niveau d'équilibre (le niveau marin par exemple); il s'agit de ce qu'on appelle une pénéplaine.



Si le niveau de base est abaissé (flèche), le cycle de l'érosion est remis à zéro et la région, plane au départ, accusera des reliefs de plus en plus accentués à mesure que les cours d'eau creuseront pour atteindre leur profil d'équilibre par rapport au nouveau niveau de base.

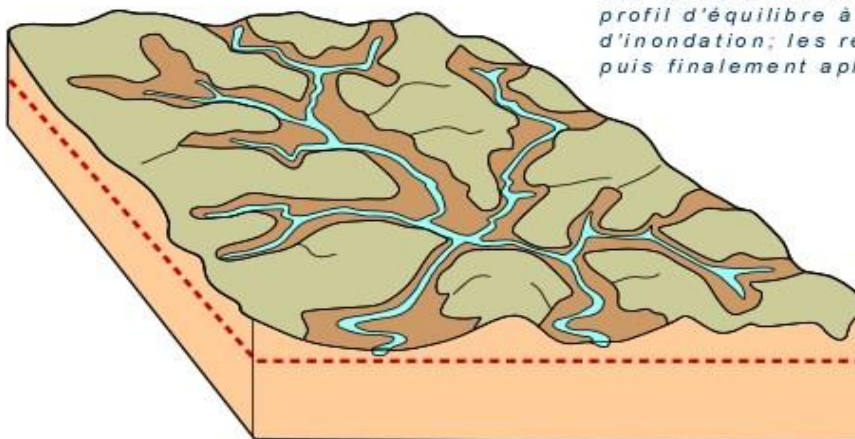


Avec un abaissement du niveau de base, les cours d'eau commencent à entailler la région et drainent les lacs; le paysage est encore relativement plat entre les cours d'eau.

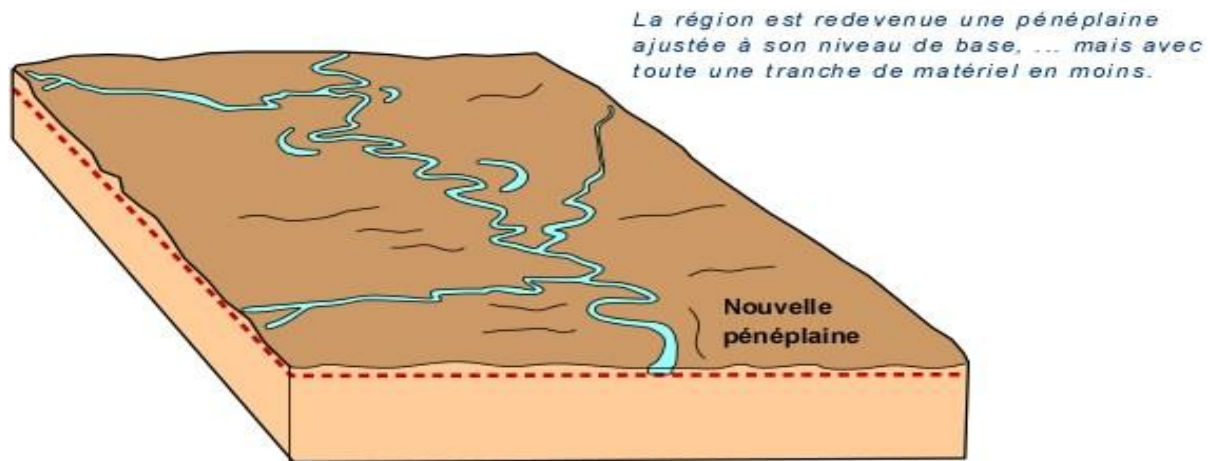


Le relief s'accroît par le creusement des cours d'eau et atteint son maximum; toutes les zones entre les cours d'eau initiaux sont soumises à l'érosion et sont ravinées par des cours d'eau secondaires; il n'y a pratiquement plus de surfaces planes; il commence à se développer une plaine d'inondation s'ajustant progressivement au niveau de base.

Lorsque ces derniers auront atteint leur profil d'équilibre, la région s'aplanira progressivement pour devenir une nouvelle pénéplaine.



Les cours d'eau secondaires ont ajusté leur profil d'équilibre à celui de la plaine d'inondation; les reliefs se sont abaissés, puis finalement aplanis.



III.3 Action des glaciers sur les roches

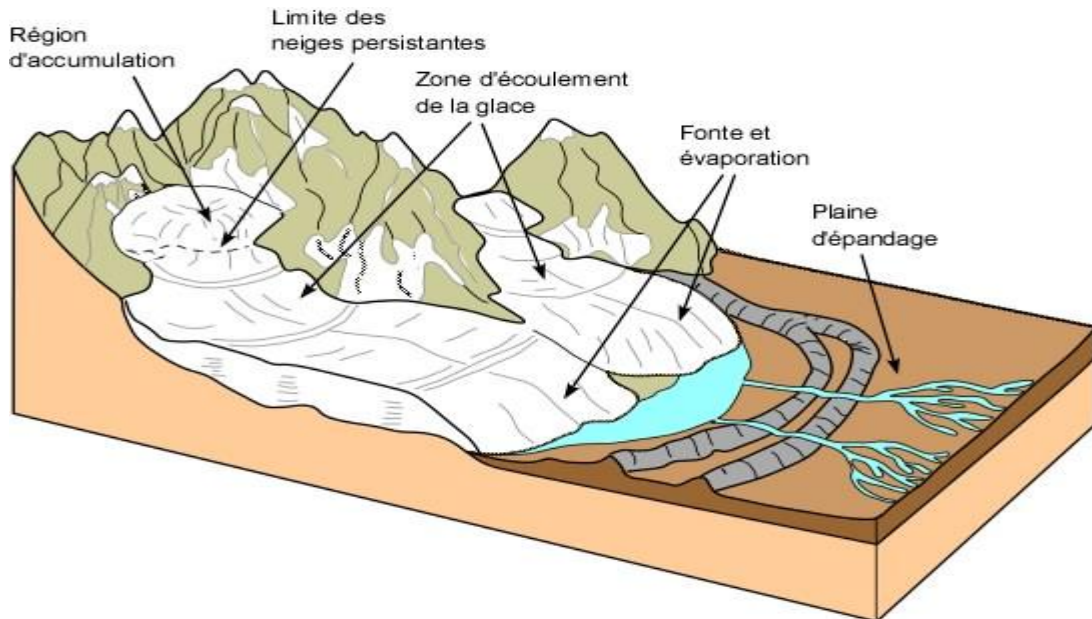
Que cherche-t-on dans ces carottes de glace?

La neige qui s'accumule aux pôles se transforme progressivement en glace sous l'effet de la compaction. Cette glace garde, année après année, la mémoire des conditions climatiques, de la composition atmosphérique et d'événements géologiques tels la retombée de cendres volcaniques lors d'éruptions importantes sur la terre ou la chute de météorites et de poussières cosmiques. Une carotte représente un certain intervalle de temps géologique et elle a archivé l'histoire de cet intervalle. L'étude, centimètre par centimètre, d'une carotte de glace permet donc de retracer cette histoire: histoire des variations de la température, du contenu en CO₂ de l'atmosphère, de la "pollution naturelle" par les volcans, etc.

Les glaciers alpins

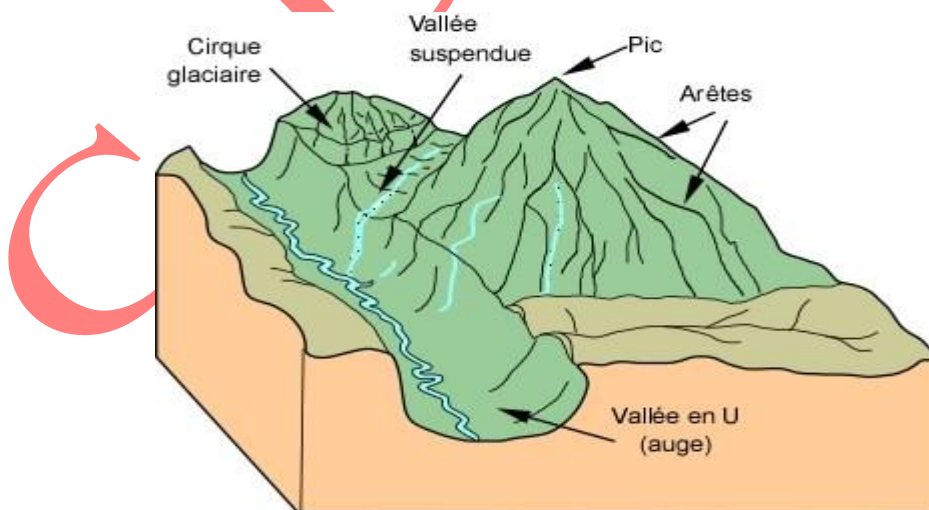
On réfère à la glaciation qui se confine aux hautes montagnes comme à la glaciation alpine, différente de la calotte polaire; alpine, parce que c'est dans les Alpes que ce type de glaciation a d'abord été décrit. En hautes montagnes, on aura deux types de glaciers: la calotte alpine formant une grande superficie de glace couvrant les sommets, à partir de laquelle s'écoulent des glaciers alpins confinés aux vallées (on dit aussi glaciers de montagnes, glaciers de vallées). Dans les secteurs montagneux qui se situent au-dessus de la limite des neiges persistantes, c'est-à-dire sous 0°C en moyenne, l'eau s'accumule sous forme de neige qui se compacte en glace. Mais la glace ne peut s'accumuler indéfiniment. Puisque les zones d'accumulation ne sont pas confinées, la glace s'écoule. Il peut paraître difficile de concevoir que la glace s'écoule, mais, en faisant intervenir le facteur temps, la glace se comporte comme un matériau plastique, ou tout au moins semi-plastique. Le poids du matériel à la zone d'accumulation initie et conduit l'écoulement de la glace en poussant sur toute la masse qui s'écoule. Cet écoulement est lent: 180 m/an pour les plus grands glaciers des Alpes, de 90 à 150 m/an pour les glaciers plus petits.

Le schéma suivant illustre le système glaciaire alpin.



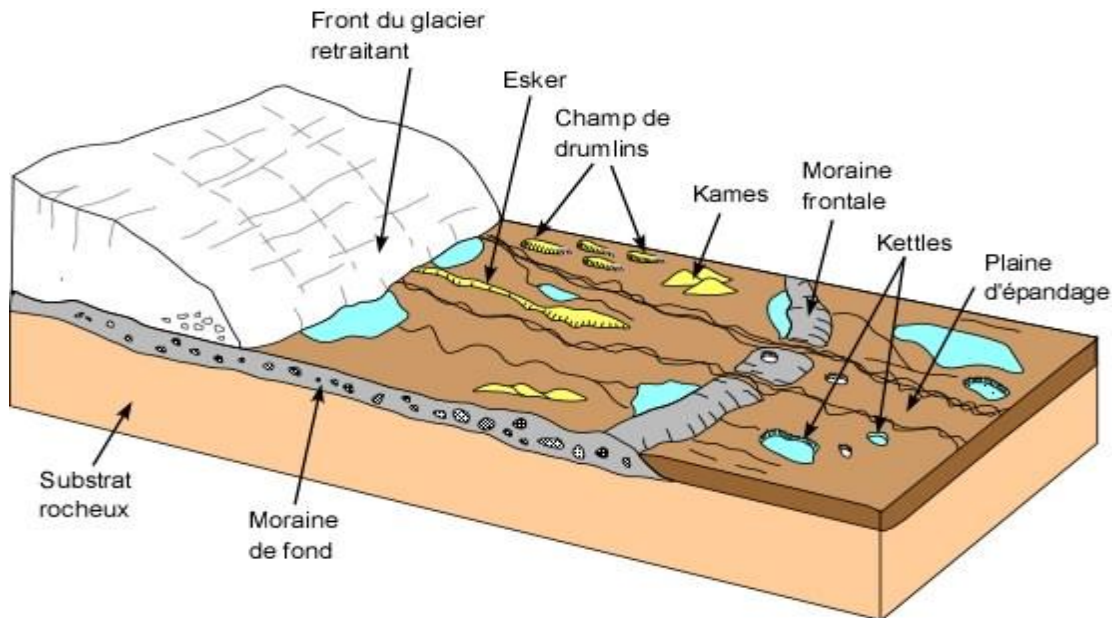
L'épaisseur d'un glacier se mesure généralement en plusieurs dizaines, parfois même jusqu'à quelques centaines de mètres. C'est une masse importante qui agit sur la roche de fond comme un bulldozer. Le creusement n'est pas instantané, mais se fait progressivement à mesure de l'écoulement sur de longues périodes de temps. Progressivement, vont se creuser des vallées qui peuvent atteindre des centaines de mètres de profondeur. Ces vallées auront un profil bien caractéristique en U (on dit aussi en auge).

Après la fonte des glaces, on aura un paysage de cirques glaciaires (anciennes zones d'accumulation de la glace), de vallées dites en U (auges glaciaires), de pics et d'arêtes délimitant des vallées suspendues résultant du creusement par des glaciers plus petits venant se fondre dans le glacier principal.



Le substrat rocheux porte la marque des glaciers: les roches sont moutonnées (arrondies par le frottement), ou cannelées, ou encore striées par les cailloux entraînés dans la glace, ce qui permet de déterminer la direction et le sens d'écoulement de la glace une fois le glacier disparu.

Le glacier arrache des matériaux au substrat rocheux; tout ce matériel sédimentaire produit directement par l'action de rabotage de la glace sur la roche porte le nom général de **moraine**. Les eaux de fonte du glacier redistribuent les matériaux glaciaires sur une plaine d'épandage; il y a tout un cortège de dépôts qu'on dit **fluvio-glaciaires**. Le retrait du glacier laisse sur place tous ces dépôts qui caractérisent les paysages glaciaires.



Voici les principaux dépôts qui caractérisent le paysage post-glaciaire :

Moraine frontale: dépôt formé au front du glacier, quand le glacier a atteint son avancé maximum et qu'il est stationnaire, par l'amoncellement des fragments rocheux de toutes tailles arrachés au substrat par le glacier, ainsi que des sédiments produits par l'abrasion de la glace sur la roche. Ce mélange de sédiments s'appelle un till.

Moraine de fond: dépôt morainique sous le glacier.

Moraine latérale: dépôt morainique aux marges du glacier confiné.

Drumlin: moraine de fond remodelée par l'avancé du glacier.

Esker: dépôt fluvio-glaciaire serpentiforme formé par des cours d'eau confinés qui se situaient à l'intérieur ou sur le glacier; la fonte du glacier laisse un lacet de sédiments.

Kame: dépôt fluvio-glaciaire dans une cavité ou une dépression du glacier qui, après la fonte forme de petits monticules.

Kettle: dépression dans une moraine ou un dépôt fluvio-glaciaire créée par la fonte d'un bloc de glace emprisonné dans les matériaux.