

Les environnements glaciaires

Introduction

Les glaciers jouent un rôle majeur dans l'érosion des roches et le transport des débris en montagne. Leurs dépôts créent des paysages uniques, bien que leur préservation soit limitée à long terme. Les sédiments glaciaires marins, en revanche, se conservent mieux et fournissent des informations sur les climats passés. Les calottes polaires, qui contiennent la majeure partie de la glace mondiale, influencent le niveau de la mer. L'étude des glaciers et de leurs dépôts est cruciale pour comprendre les changements climatiques et leurs impacts.

C'EST QUOI UN GLACIER ?

Un glacier est une masse de glace qui se déforme et se déplace grâce à des forces dues à son propre poids.

Il y a un transfert de masse et de chaleur entre le glacier et l'atmosphère d'une part et le glacier et son substratum d'une autre part.

1.1 Distribution des environnements glaciaires

Les glaciers se forment lorsque l'accumulation de neige dépasse les pertes par fonte, évaporation ou érosion éolienne. Cela se produit dans des zones avec des chutes de neige hivernales importantes ou dans des climats froids toute l'année. Les glaciers existent à presque toutes les latitudes, y compris sous les tropiques, et se divisent en deux types principaux : **glaciers tempérés** et **calottes polaires**.

Glaciers Tempérés (de Montagne) :

- Ils se forment dans les régions montagneuses où la fonte estivale ne supprime pas toute la neige accumulée en hiver.
- Composés de deux zones :
 - **Zone d'accumulation** : où la neige se compacte en glace.
 - **Zone d'ablation** : où la fonte se produit pendant l'été.
 - Ces glaciers restent en équilibre si l'accumulation et la fonte sont stables. (Hambrey & Glasser 2003) (Fig. 1.1)

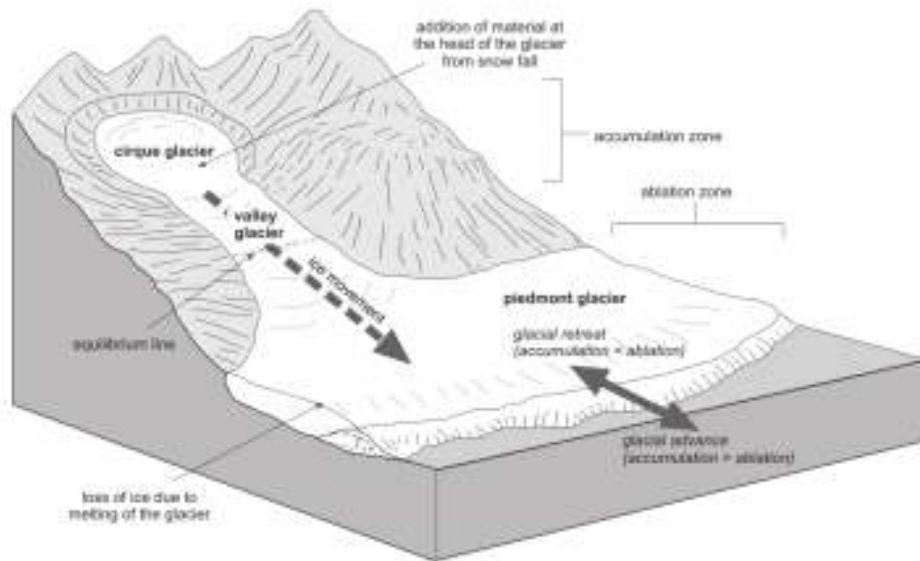


Fig. 7.1 Snowfall adds to the mass of a glacier in the accumulation zone and as the glacier advances downslope it enters the ablation zone where mass is lost due to ice melting. Glacial advance or retreat is governed by the balance between these two processes.

Calottes Polaires :

- Vastes étendues de glace dans les régions polaires où les températures sont froides toute l'année.
- Contiennent la majorité de la glace terrestre et sont sensibles aux changements climatiques qui affectent le niveau de la mer.
- En cas de refroidissement, les glaciers avancent, tandis qu'en cas de réchauffement, ils reculent.
- Les glaciers polaires peuvent se prolonger jusqu'à la mer, formant des plateformes de glace et des icebergs.

1.2 La glace glaciaire

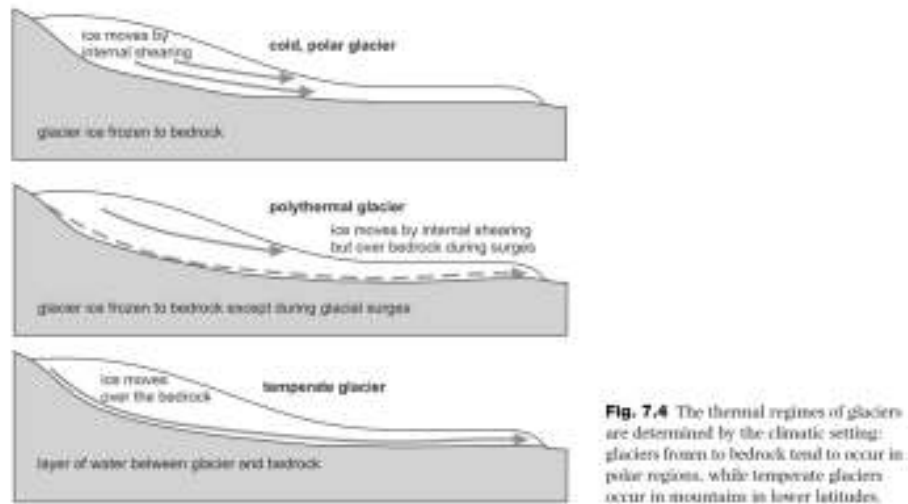
La glace, bien qu'un solide, devient ductile sous pression et s'écoule comme un fluide visqueux à mesure qu'elle se déplace. La vitesse de déplacement des glaciers varie, allant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres par an. Les différentes parties du glacier se déplacent à des vitesses distinctes en raison des gradients de pression. Généralement, l'écoulement est plus rapide en surface et au centre des vallées glaciaires, tandis qu'il ralentit vers les bords.

1.2.1 Régimes thermiques des glaciers

Les glaciers se différencient par leur régime thermique, qui détermine leur comportement en termes de mouvement et d'érosion :

- **Glaciers froids** (régions polaires) : Ces glaciers reposent sur un sol gelé en permanence. La glace est gelée au sol et ne se déplace que par déformation interne, sans mouvement à l'interface entre la glace et le substrat. Ils n'érodent pas le fond de la vallée, ce qui les rend moins importants en termes d'érosion et de transport de sédiments. Les matériaux transportés proviennent principalement de débris tombés par gravité.

- **Glaciers polythermiques** : Ces glaciers sont généralement froids à la base, mais la pression accrue en altitude provoque la fusion de la glace au bas du glacier, ce qui déclenche des "surges" glaciaires où la glace glisse rapidement, érodant le substrat. Après la surge, la pression diminue et le glacier retrouve un équilibre, laissant des sédiments érodés.
- **Glaciers tempérés** : Ces glaciers ont une température supérieure au point de fusion sur toute leur épaisseur, ce qui leur permet de glisser facilement sur le substrat rocheux. Ils sont des agents majeurs d'érosion, produisant des débris allant de la farine rocheuse fine à de gros blocs de roche, qui sont ensuite transportés par les rivières.



1.3 Les glaciers

Les glaciers se forment dans des zones de haute montagne et peuvent se présenter sous différentes formes :

- **Glaciers de cirque** : Petits glaciers se formant dans des dépressions de haute altitude, présents même près de l'équateur.
- **Glaciers de vallée** : Situés dans les grandes chaînes de montagnes, confinés par les parois de la vallée. Dans les régions de haute latitude, ces glaciers peuvent être alimentés par des calottes glaciaires.
- **Glaciers piémontais** : Formés par la fusion de glaciers de vallée au pied des montagnes, créant une large couche de glace.

1.3.1 Caractéristiques d'érosion glaciaire

Les glaciers laissent des caractéristiques géomorphologiques distinctes dues à leur érosion :

- **Cirques, vallées en U, et vallées suspendues** : Formes typiques observées dans les montagnes, mais qui sont éphémères à l'échelle géologique.
- **Stries glaciaires et roches moutonnées** : Des traces plus petites, produites par le mouvement de la glace sur la roche, qui peuvent être conservées sur les surfaces exposées. Les blocs de roche arrachés par les glaciers montrent souvent des stries.

7.3.2 Transport par les glaciers continentaux

Les glaciers transportent des débris principalement de deux manières :

- **Débris supraglaciaires** : Ces débris s'accumulent à la surface du glacier, principalement issus de la chute de matériaux provenant des parois de la vallée. Ils sont souvent composés de matériaux grossiers avec peu de sédiments fins.
- **Débris basaux** : Ces débris proviennent de l'abrasion et de l'arrachement de la roche sous-jacente, et incluent une gamme de tailles, allant de la farine rocheuse fine à des fragments grossiers.

Les glaciers polythermiques ont souvent une plus grande quantité de débris basaux à cause des cycles de fusion et de regel, intensifiant l'érosion. L'eau de fonte agit comme lubrifiant, facilitant le mouvement de la glace mais réduisant l'érosion.

Les glaciers froids, étant moins mobiles, transportent surtout des débris supraglaciaires grossiers, tandis que les glaciers tempérés transportent des débris supraglaciaires et basaux, avec des sédiments modifiés par l'abrasion et la fracturation.

Lors du mouvement, la glace subit des déformations internes et des failles inversées, ce qui peut mélanger les débris supraglaciaires et basaux, avec redistribution des débris marginaux vers le centre lors de la fusion de glaciers.

1.3.3 Dépôt par les glaciers continentaux

Les **dépôts glaciaires** sont appelés **till** (non consolidé) ou **tillite** (lithifié), selon leur état de consolidation. Ces termes sont **génétiques**, indiquant un dépôt spécifique par la glace. Par exemple, un conglomérat à matrice supportée peut se former dans divers environnements, ce qui empêche de le classer systématiquement comme une tillite sans preuves supplémentaires.

Pour éviter toute ambiguïté, les termes **diamicton** (non consolidé) et **diamictite** (lithifié) sont utilisés pour décrire des dépôts mal triés sans impliquer une origine glaciaire. Ces termes sont principalement associés aux faciès glaciaires dans les dépôts post-Quaternaire.

Les **tills** peuvent être classés en plusieurs types, en fonction de leur origine :

1. **Tills de fonte (meltout tills)** : Ces dépôts se forment lorsque la glace fond, accumulant des matériaux à l'avant du glacier.
2. **Tills de lodgement (lodgement tills)** : Formés par le dépôt de débris sous un glacier en mouvement. Le cisaillement de la glace crée une orientation préférentielle des fragments, souvent parallèle à l'écoulement du glacier.
3. **Tills d'écoulement (flow tills)** : Ces dépôts résultent de l'écoulement gravitaire de sédiments glaciaires.

Les tills de fonte et de lodgement sont souvent regroupés sous le terme de **tills basaux**.

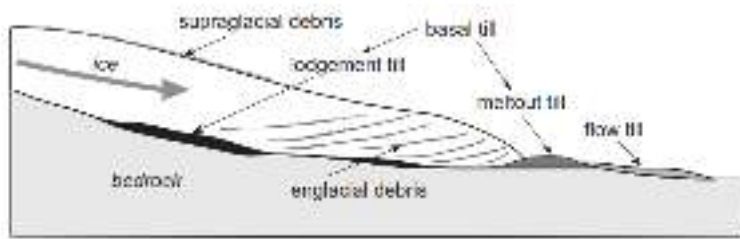


Fig. 7.6 Till deposits result from the accumulation of debris above, below and in front of a glacier.



Figure-119: Moraines latérales du glacier des Martinets (Vallon de Nant, VD) – Suisse



Figure-3: Till après avalanche – Norway



Figure-4: Tillite du Precambrien (650 million années) - Est Groenland

7.3.4 Caractéristiques des matériaux transportés par les glaciers

Les matériaux transportés par les glaciers présentent des caractéristiques particulières dues aux processus d'érosion glaciaire. Comme le mouvement de la glace est un écoulement laminaire, il n'y a pas de tri entre les différentes parties du glacier, ce qui entraîne des dépôts **très mal triés**. Les principales caractéristiques des matériaux transportés par les glaciers sont les suivantes :

- **Angularité des fragments** : Les fragments transportés par la glace sont généralement anguleux, car ils ne subissent pas d'abrasion significative une fois dans la glace. Seuls les débris situés en surface peuvent être altérés.
- **Texture immature** : Les dépôts glaciaires ont une texture immature, avec une granulométrie hétérogène et des fragments anguleux.
- **Composition minéralogique** : Les tills et tillites proviennent principalement de l'altération physique en milieu froid, limitant les processus chimiques. Ainsi, leur composition est proche de celle de la roche mère, avec des fragments lithiques non altérés. Les minéraux argileux, qui nécessitent une altération chimique, sont rares.
- **Farine rocheuse** : La farine rocheuse, produite par l'abrasion glaciaire, est composée de très petits fragments de minéraux divers. Contrairement aux argiles, ces particules restent en suspension dans l'eau pendant longtemps, ce qui donne aux lacs alimentés par la fonte glaciaire leur couleur caractéristique, du vert au blanc.

Les matériaux transportés par les glaciers ne proviennent pas uniquement de l'érosion glaciaire. Ils incluent également des produits d'altération par gel-dégel des versants des vallées, ainsi que des débris transportés par ruissellement ou par ruisseaux à la surface des glaciers pendant les périodes plus chaudes.

1.4 Dépôts glaciaires continentaux

1.4.1 Moraines

Les **moraines** sont des accumulations de till formées au niveau des marges d'un glacier. Elles se déclinent en plusieurs types :

- **Moraines terminales** : Marquent la limite maximale de l'avancée glaciaire, souvent sous forme de crêtes transversales.
- **Moraines de poussée (frontale)** : Formées par le front du glacier qui pousse les sédiments devant lui.
- **Moraines d'abandon** : Résultent de la fonte de la glace qui équilibre l'avancée glaciaire.
- **Moraines latérales** : Débris accumulés sur les côtés du glacier, formant des crêtes parallèles aux parois de la vallée.
- **Moraines médianes** : Formées lorsque deux glaciers convergent, leurs débris latéraux formant une crête centrale.
- **Moraines à noyau de glace** : Se produisent lorsque la glace sous-jacente est isolée par des débris, donnant l'apparence de grandes accumulations de sédiments.

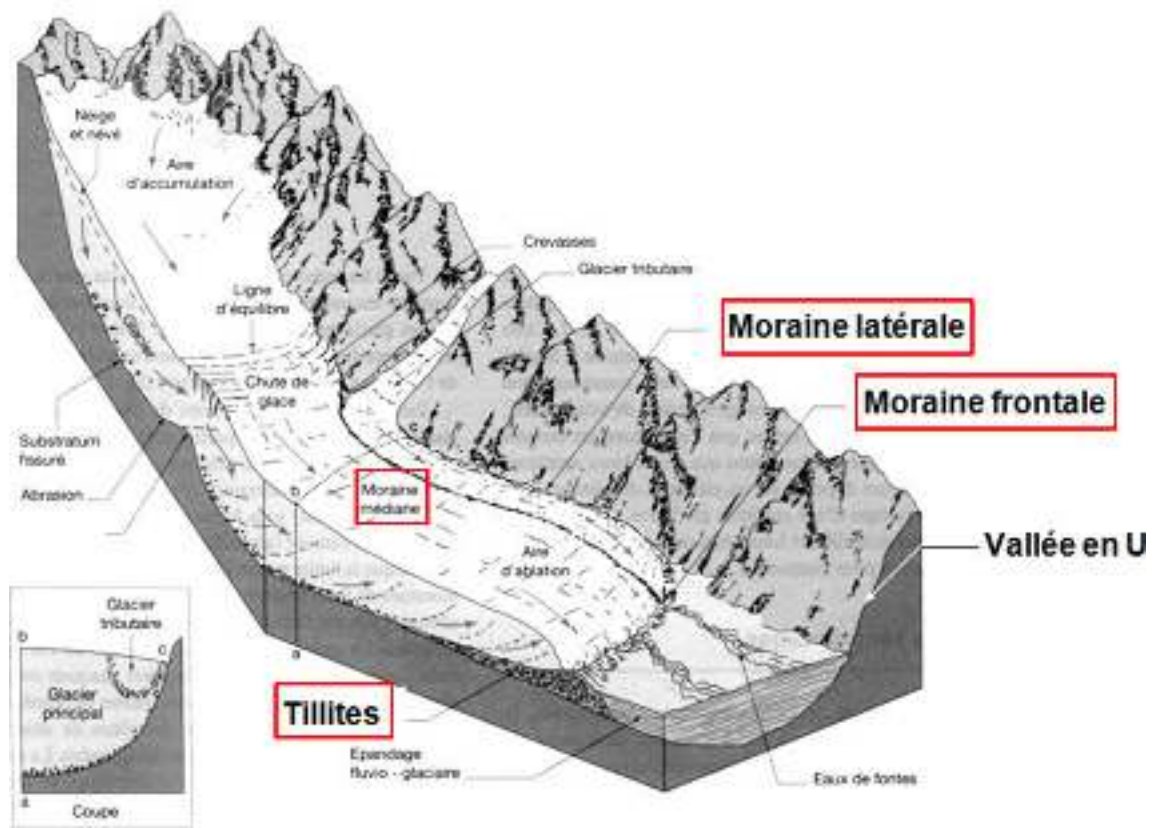


Figure-5: Principaux dépôts glaciaires

1.4.2 Autres formes de reliefs glaciaires

Les **tills de lodgement** déposés sous un glacier peuvent former des couches épaisses ou des crêtes appelées **moraines rubanées**. Ils peuvent aussi donner naissance à des **drumlins**, des collines ovales allongées dans la direction de l'écoulement de la glace.

Les **eskers**, crêtes sinueuses formées par les rivières souterraines, sont des dépôts de

sédiments transportés par des rivières sous-glaciaires.

Les **kames** et **terrasses de kame** sont des monticules ou crêtes de sédiments résultant de l'effondrement des crevasses ou des bords du glacier.

1.4.3 Plaines d'épandage (outwash plains)

Les **plaines d'épandage** sont des zones où les rivières du front glaciaire déposent des sédiments. Ces zones sont souvent associées à des **jökulhlaups** (décharges soudaines d'eau), qui créent des dépôts massifs. Ces sédiments peuvent ensuite être modifiés par les processus fluviaux. Le vent peut également remodeler ces dépôts, formant des **dunes** et des **dépôts de loess**.

1.4.4 Zones périglaciaires

Les **zones périglaciaires** se situent à proximité des glaciers dans les régions polaires, caractérisées par des températures en dessous de zéro et du **permafrost**. Le dégel superficiel en été génère une couche instable propice aux glissements de terrain. Ces régions présentent aussi des **sols polygonaux** et des **coins de glace**, créés par les cycles de gel et de dégel.

Ces dépôts glaciaires, bien qu'importants pour comprendre les processus glaciaires passés, sont souvent érodés et peu conservés sur le long terme, en particulier dans les zones non marines.

Terminologie

- **Moraine** : est un amas de débris rocheux, érodé et transporté par un glacier.
- «Till» - Mot anglais désignant un dépôt morainique non consolidé.
- **Tillite** – Conglomérat résultant de la compaction d'un dépôt morainique ou fluvio-glaciaire ancien, on y voit des éléments :
 - Souvent striés,
 - De tailles variées (du gravier au bloc),
 - Mal classés,
 - Emballés dans une matrice argilo-sableuse, parfois bariolée.

On connaît des tillites, au Précambrien et au Paléozoïque, et elles traduisent d'anciennes glaciations.