R. Thiéry. Septembre 2026

Formations glaciaires et périglaciaires : glaciers, pergélisol, formes et dépôts hérités du Quaternaire

Résumé

Cette partie étudie les paysages et formations superficielles produits sous les climats froids du Quaternaire. Elle présente d'abord le glacier comme un système dynamique, contrôlé par l'accumulation, l'ablation, le bilan de masse et l'écoulement de la glace, puis les mécanismes d'érosion, de transport et de dépôt responsables des cirques, vallées en auge, roches moutonnées, surcreusements, tills et moraines. Les eaux de fonte assurent ensuite le remaniement des matériaux et la construction de formations fluvio-glaciaires et glacio-lacustres. La seconde partie est consacrée aux environnements périglaciaires : pergélisol, couche active, action du gel dans les sols, cryoturbation et formes associées. L'ensemble de ces formes et dépôts constitue une archive essentielle pour reconstituer l'extension des glaciers, les environnements froids et les variations climatiques quaternaires.

Mots-clés

glaciation • glacier • Quaternaire • accumulation • ablation • bilan de masse • écoulement glaciaire • érosion glaciaire • cirque • vallée en auge • roche moutonnée • surcreusement • till • moraine • bloc erratique • drumlin • fluvio-glaciaire • sandur • esker • kame • glacio-lacustre • pergélisol • couche active • gélifraction • cryoosmose • lentilles de glace • cryoturbation • gélifluxion • sols polygonaux • fentes en coin • palse • pingo • thermokarst • paléoclimat

Plan de la partie

CM/TD 2	**1. Les glaciations quaternaires : cadre général** Distinguer calottes glaciaires, inlandsis et glaciers de montagne • Extension des glaciers au cours des périodes froides et héritage dans les paysages actuels • Alternance des périodes glaciaires et interglaciaires au Quaternaire • Utiliser les archives climatiques, notamment les variations isotopiques, pour replacer les glaciations dans le temps **2. Le glacier : un système dynamique** Zones d'accumulation et d'ablation, ligne d'équilibre et bilan de masse • Transformation de la neige en glace • Écoulement de la glace : déformation interne et déplacement basal • Variations de vitesse dans le glacier et rôle de la topographie • Glaciers actifs, passifs et glace morte lors des phases de retrait **3. Érosion glaciaire et modelé du substrat** Abrasion, arrachement et rôle des débris transportés à la base du glacier • Stries glaciaires, poli glaciaire et roches moutonnées • Cirques glaciaires et processus de surcreusement • Vallées en auge, vallées suspendues, verrous et épaulements • Éperons tronqués et transformation des vallées préglaciaires **4. Transport glaciaire et dépôts directement liés à la glace** Charge supraglaciaire, intraglaciaire et sous-glaciaire • Tills : matériaux non triés déposés directement par la glace • Moraines de fond, latérales, médianes et frontales • Blocs erratiques et critères de reconnaissance du transport glaciaire • Organisation des dépôts lors de l'avancée, de la stagnation et du retrait du glacier **5. Dépôts fluvio-glaciaires, juxtaglaciaires et glacio-lacustres** Rôle des eaux de fonte dans le tri, le transport et le remaniement des matériaux • Sandurs et épandages proglaciaires • Eskers, kames et terrasses de kame • Deltas glacio-lacustres : bottom sets, fore sets et top sets • Drumlins et autres formes héritées de la dynamique sous-glaciaire et du retrait **6. Le domaine périglaciaire et le pergélisol** Définir le pergélisol et la couche active • Pergélisol continu, discontinu et sporadique • Répartition latitudinale et variations d'épaisseur du pergélisol • Relations entre gel saisonnier, pergélisol, teneur en eau et dynamique des sols • Dégradation du pergélisol et phénomènes thermokarstiques **7. Action du gel dans les sols et les formations superficielles** Gélifraction et fragmentation des matériaux • Cryoosmose, migration de l'eau et formation de lentilles de glace • Gonflement gélival, cryoexpulsion et tri des matériaux • Cryoturbation et déformation des horizons • Reptation, gélifluxion et transferts lents sur les versants **8. Formes périglaciaires et reconstitution des environnements froids** Sols polygonaux, cercles de pierres et sols striés • Fentes en coin et réseaux polygonaux de toundra • Buttes gazonnées et formes de soulèvement liées au gel • Palses et pingos • Utiliser formes glaciaires et périglaciaires comme indicateurs des paléoenvironnements et des paléoclimats	**Lundi 7 septembre** 16h00-17h30 · B005

Fig. 1

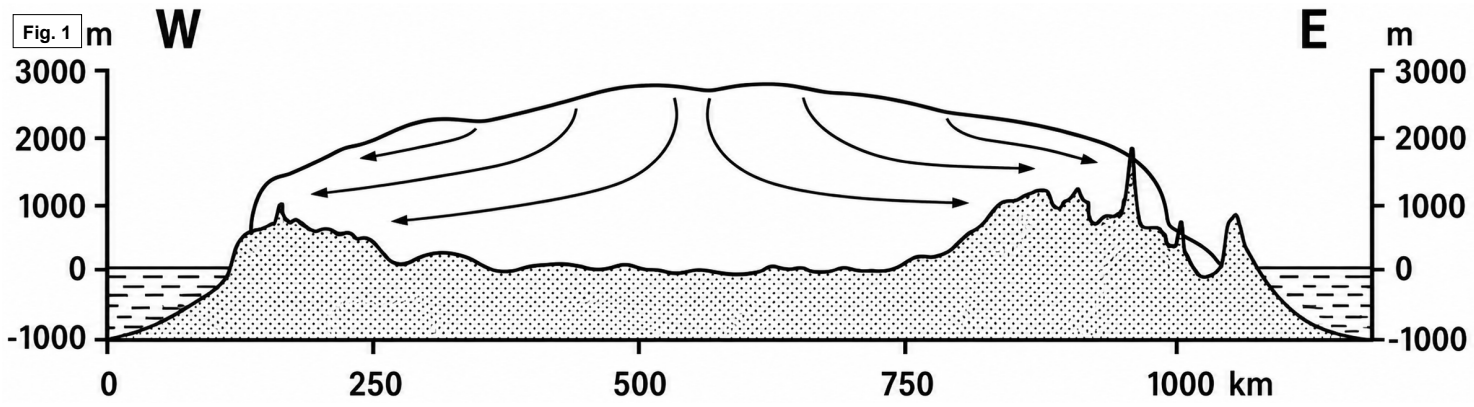
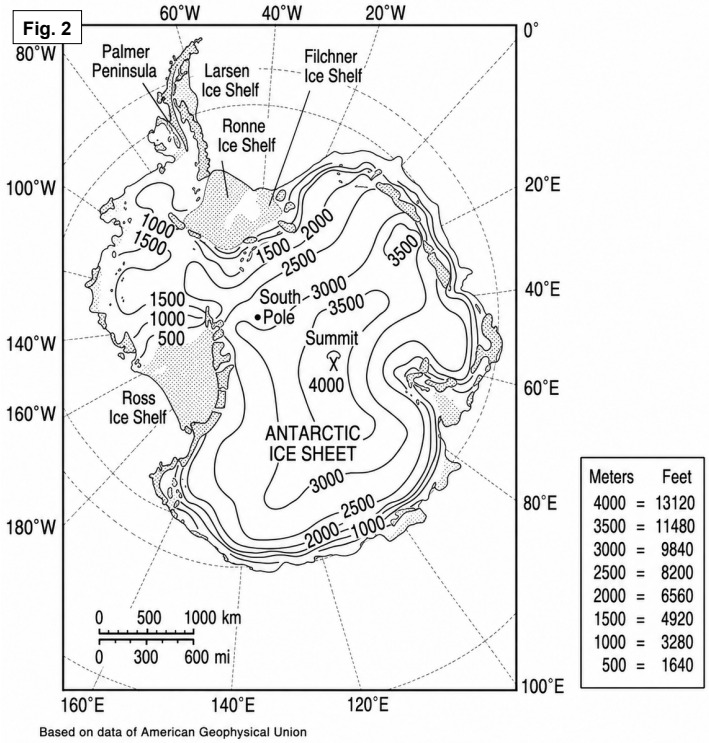
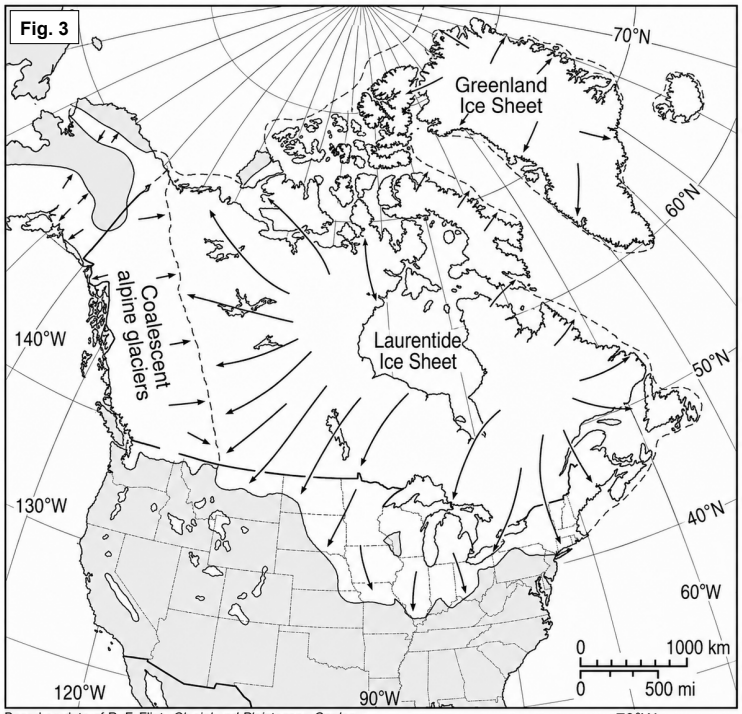


Fig. 2



Based on data of American Geophysical Union

Fig. 3



Based on data of R. F. Flint, *Glacial and Pleistocene Geology.* John Wiley & Sons, New York.

Fig. 4

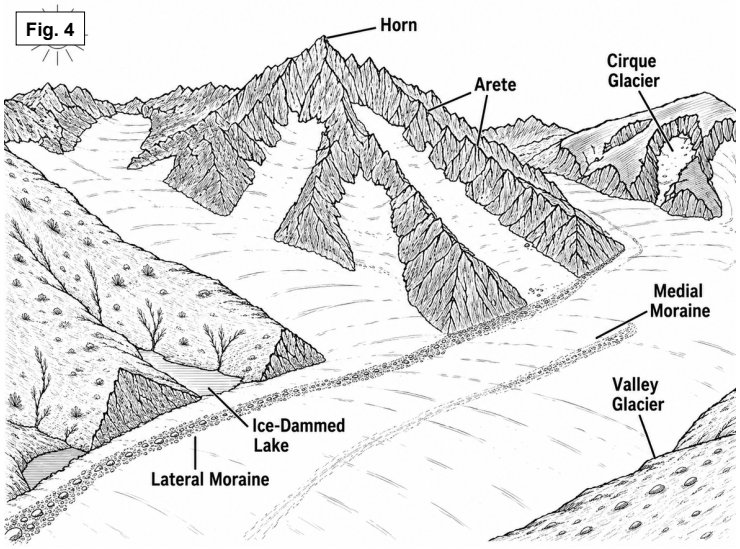


Fig. 5

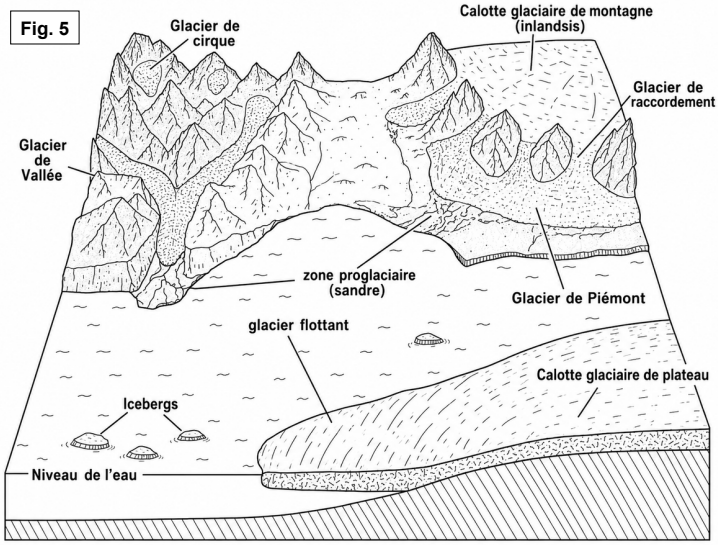
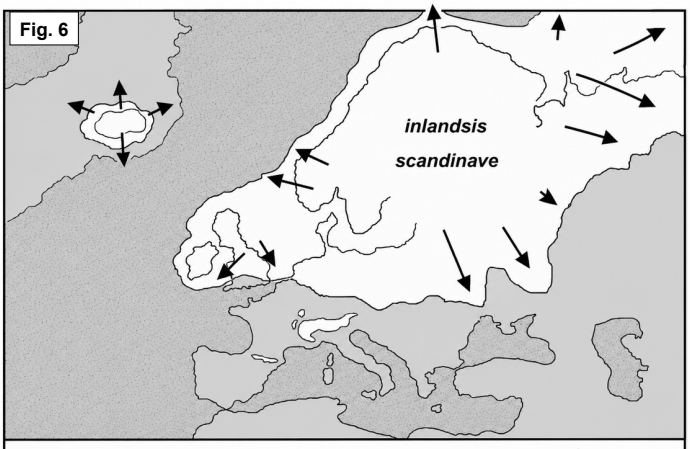
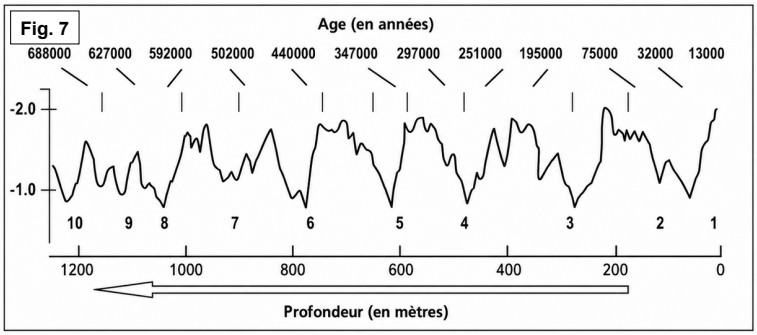


Fig. 6



Limites des glaciers en Europe durant leur extension maximum. À cause de la baisse du niveau des mers, les lignes de côtes se situaient en avant de celles des côtes actuelles figurées ici.

Fig. 7



Courbes indiquant les variations, en fonction de la profondeur, du rapport $^{18}O/^{16}O$ dans une espèce de foraminifère planctonique (*Globigerinoides sacculifer*) dans les carottes d'un forage effectué dans l'océan Pacifique sous l'Équateur. Ce rapport varie entre -1 et -2. La courbe indique une dizaine de valeurs en-deçà de -1 qui représentent autant de périodes de refroidissement des eaux océaniques. Elles correspondent à des périodes glaciaires de rétention relative de ^{16}O dans les glaciers continentaux. Les âges sont indiqués (entre l'actuel et environ -700 000 ans) par datation isotopique du Thorium 230 ou du Pa 231 ou encore par stratigraphie magnétique.

Les dix périodes glaciaires des 700 000 dernières années. D'après N. Shackleton et N.D. Opdyke.

Fig. 8

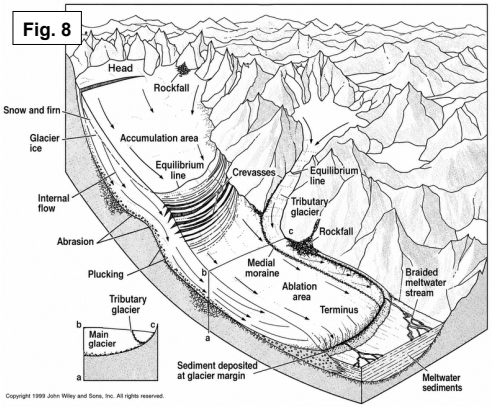


Fig. 9

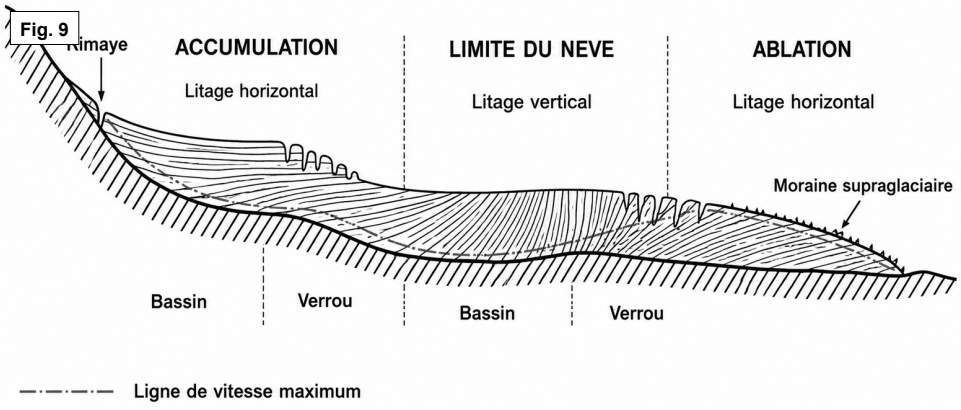


Fig. 10

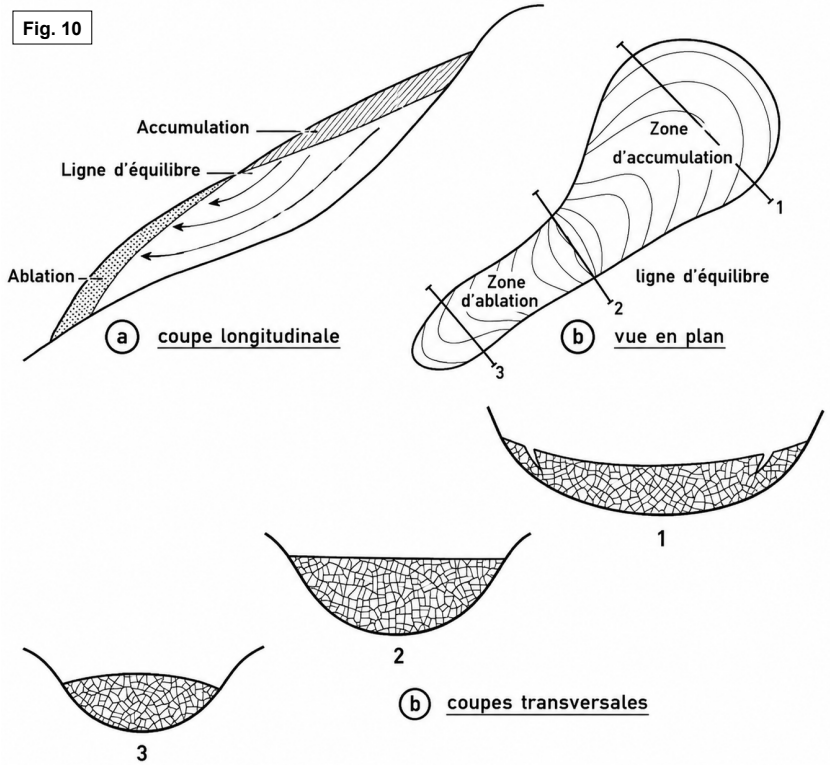


Fig. 11

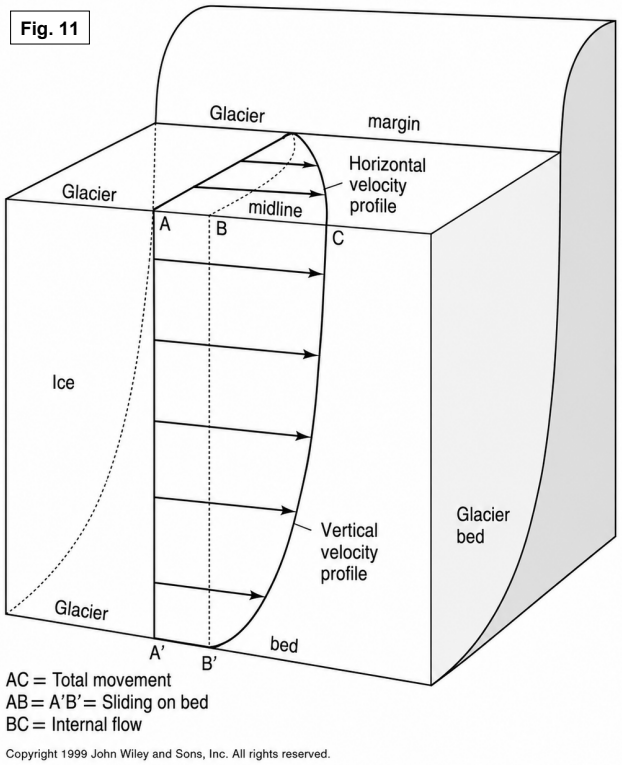
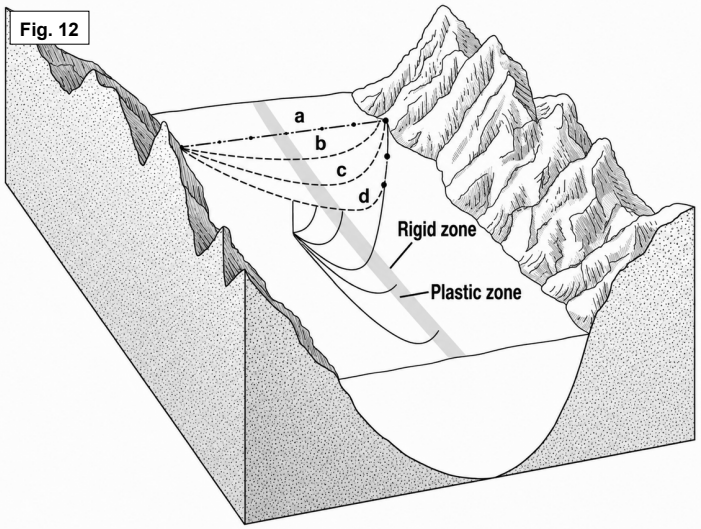


Fig. 12



© John Wiley & Sons, Inc.

Fig. 13

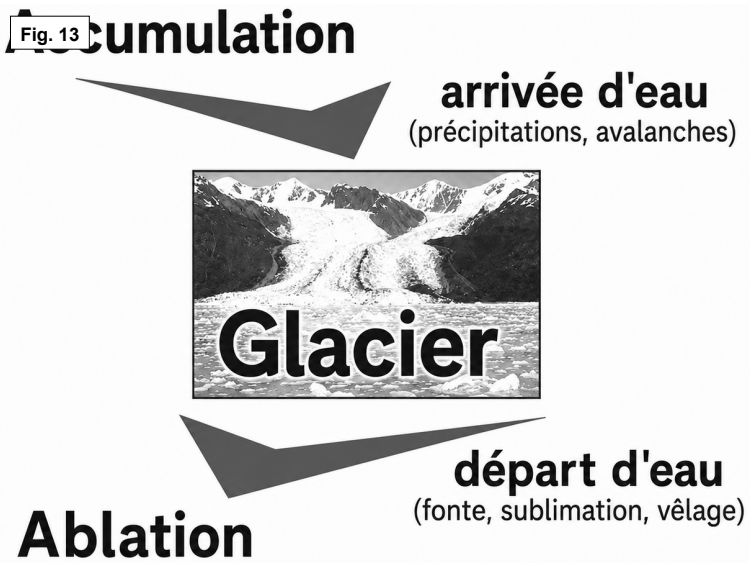
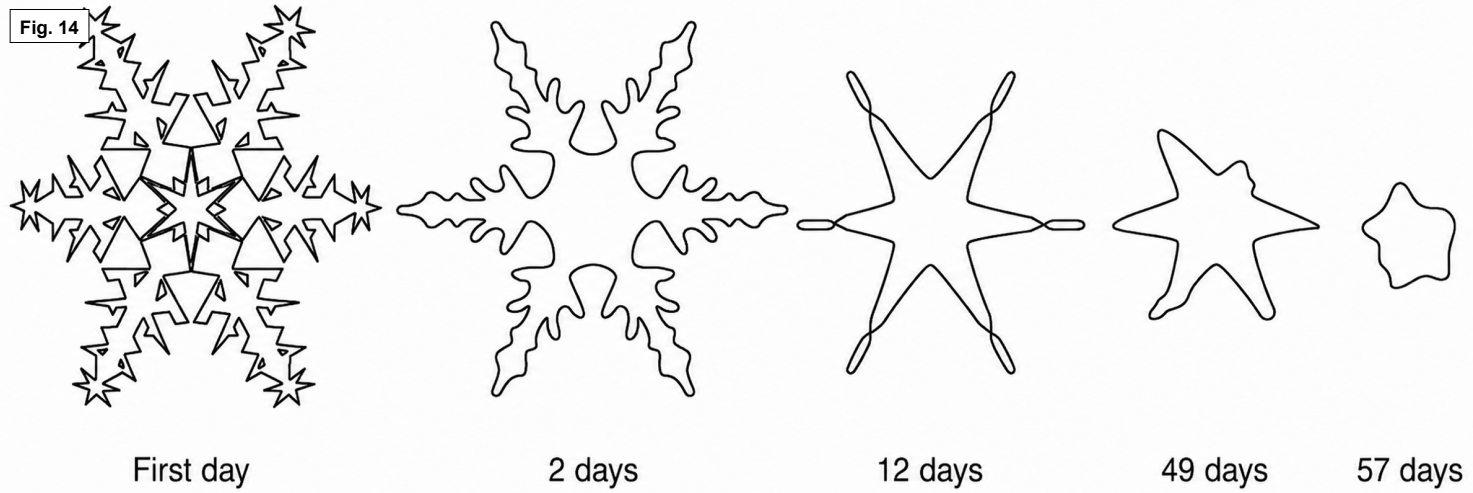


Fig. 14



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Fig. 15

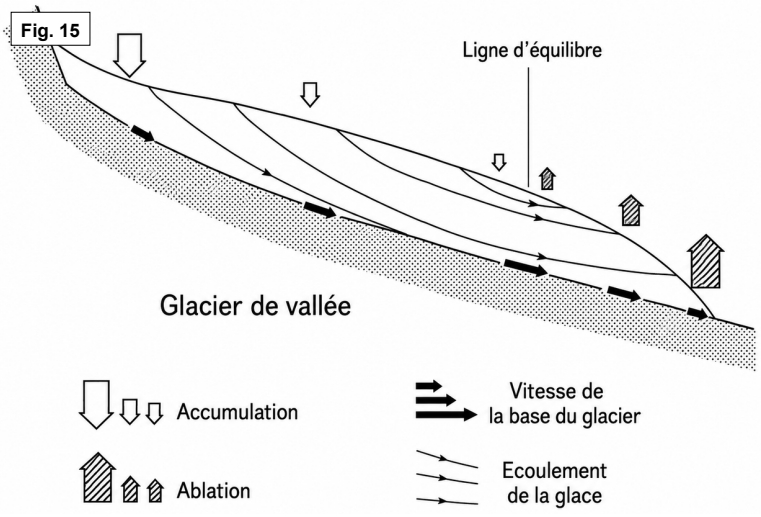


Fig. 16

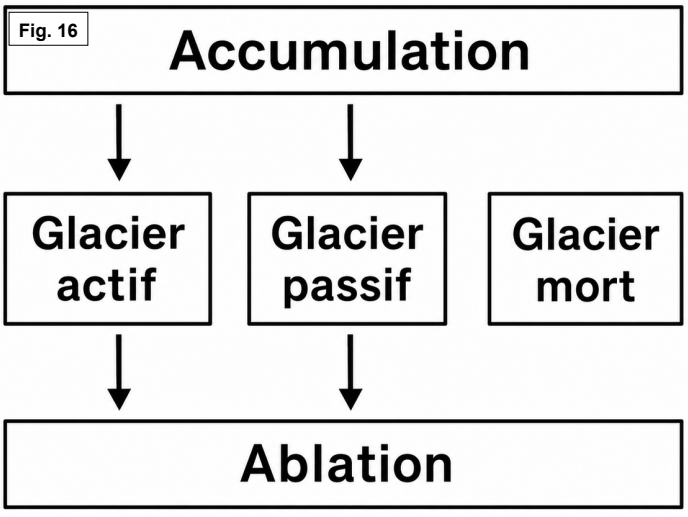
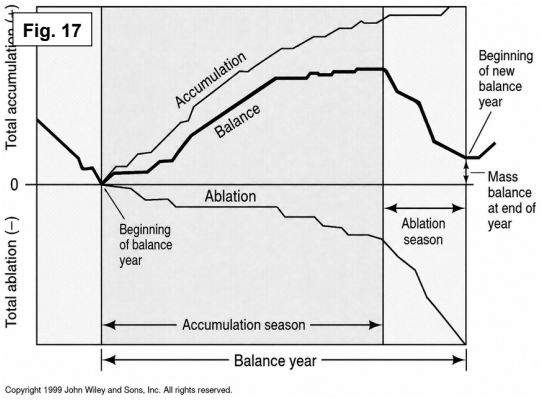


Fig. 17



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Fig. 18

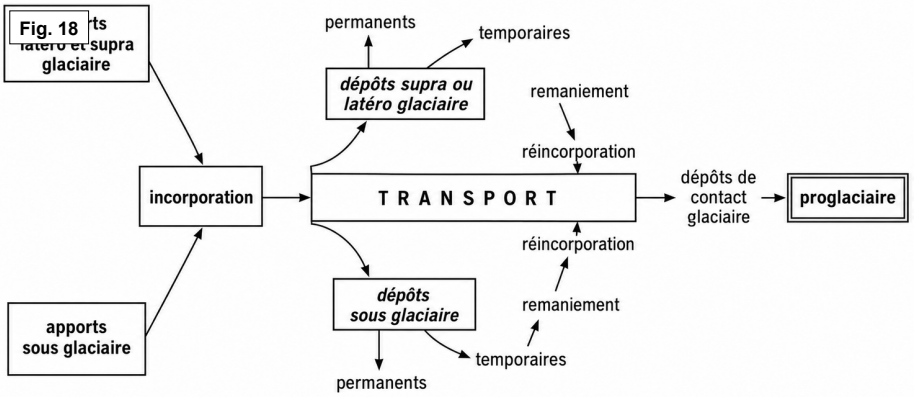
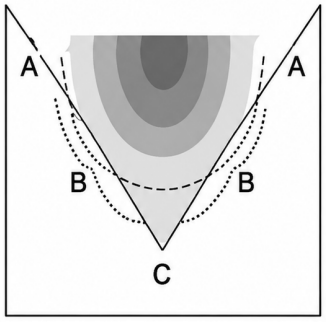


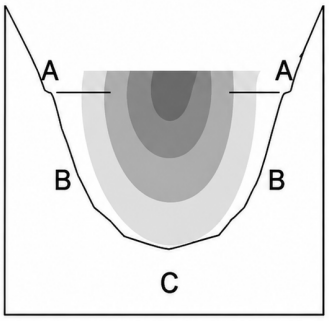
Fig. 19

tion des vitesses



1

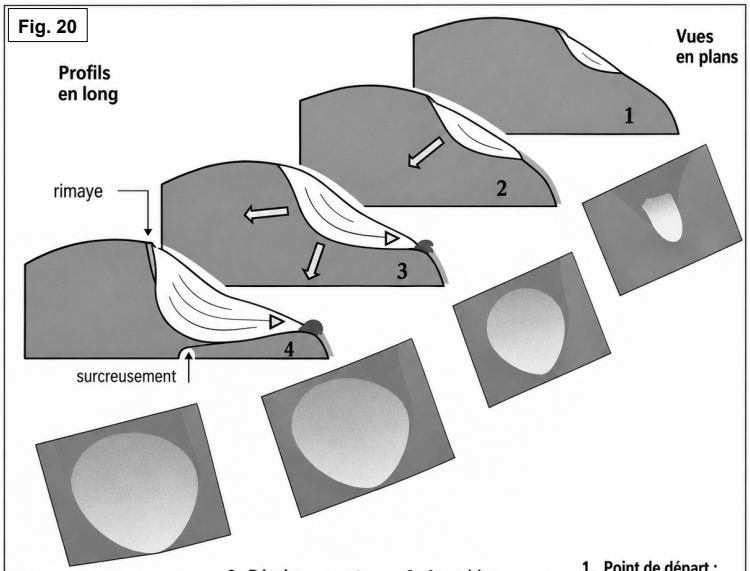
Profil transversal d'une vallée en V dans laquelle s'écoule le glacier. Sur les versants, les vitesses sont plus fortes en B qu'en A et C. L'érosion augmentant avec les vitesses d'écoulement, elle est plus forte en B qu'en A et C.



2

Le profil transversal se rapproche du profil en auge. Vitesse et érosion sont à peu près identiques en B et C, le profil tend à se calquer sur le profil de la distribution des vitesses.

Fig. 20



4. Cirque
glacier en équilibre, la perte à l'aval compense l'accumulation de glace ; en haut, rimaye ouverte en été, accentuation du creusement, apparition d'un verrou, accumulation d'une moraine terminale.

3. Développement du cirque
Elargissement, retrait progressif du versant qui se raidit et devient le mur du cirque, creusement du plancher du cirque là où la glace est épaisse et où la vitesse est la plus forte.

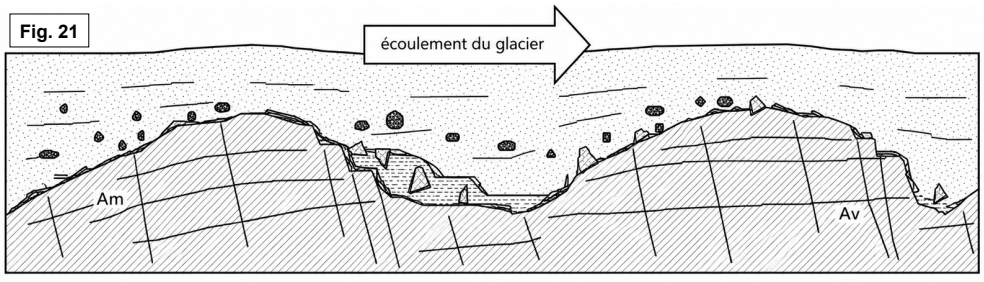
2. Apparition d'un glacier
La niche de nivation devient un cirque qui s'agrandit par abrasion et délogement de blocs sous le glacier et recul du versant par altération, détachement de blocs, glissements...

1. Point de départ :
creux ou tête de vallon, agrandissement par une plaque de neige tardive, puis permanente, par action du gel et du dégel, action chimique, reptation, solifluxion...

JCF

Étapes de la formation d'un cirque glaciaire.

Fig. 21



Face amont (Am): la pression de la glace y est la plus forte, il y a abrasion de la roche par les débris pris dans la base de la glace ; la forte pression abaisse le point de fusion en dessous de 0°, la glace fond donc un peu sur la bosse. Une pellicule d'eau, à l'interface et dans la glace basale, migre vers le côté aval où elle regèle parce que la pression y est moins forte.

Face aval (Av): la pression de la glace y est plus faible, l'eau regèle, et ouvre des fissures et des fractures, détache et arrache des fragments de roche, ce qui produit des cavités en forme de marches d'escalier. La charge leur dégagée par le regel migre vers l'amont où elle aide à la fonte sous pression.

Formation des roches moutonnées.

Fig. 22

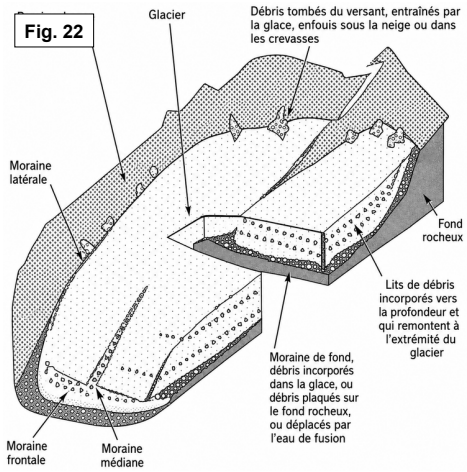


Fig. 23

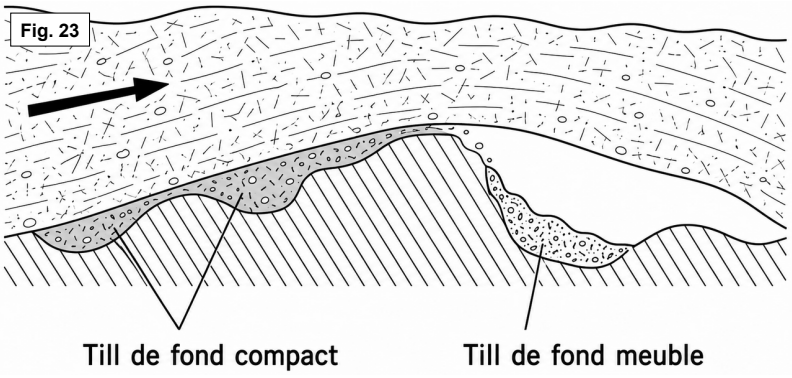


Fig. 24

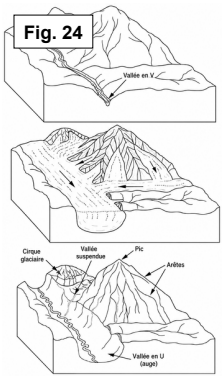


Fig. 25

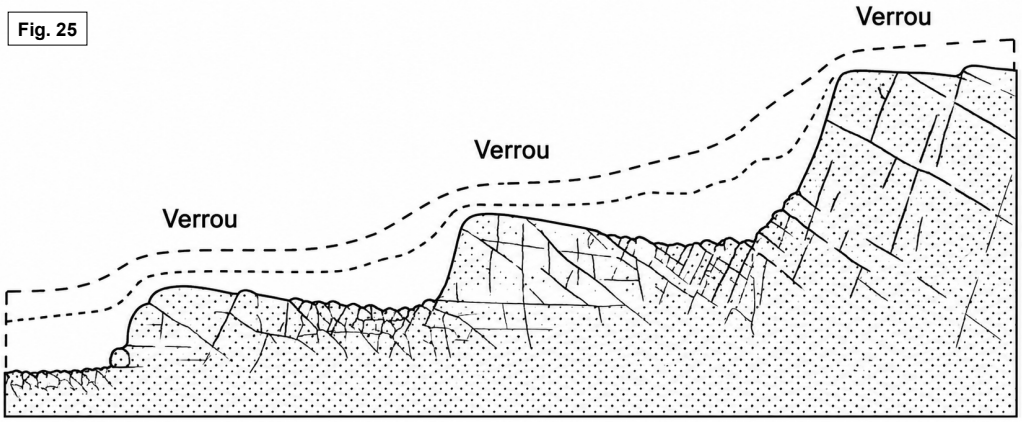


Fig. 26

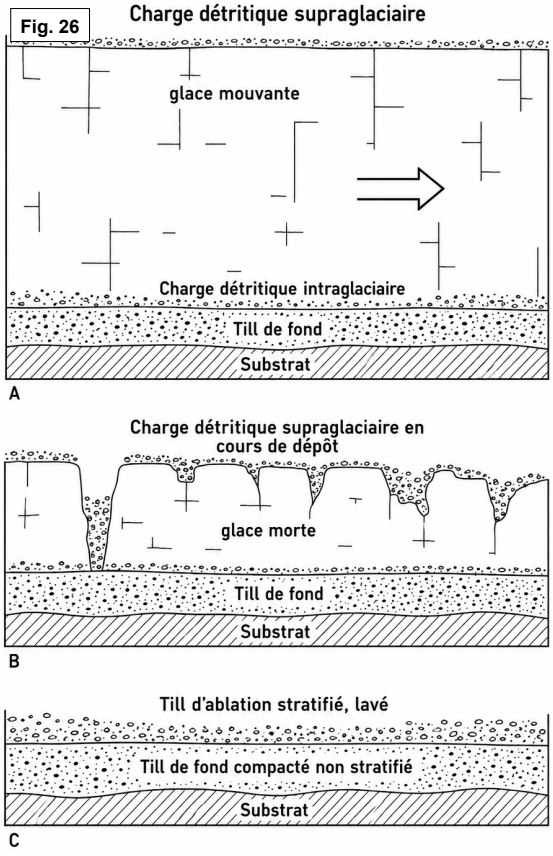


Fig. 27

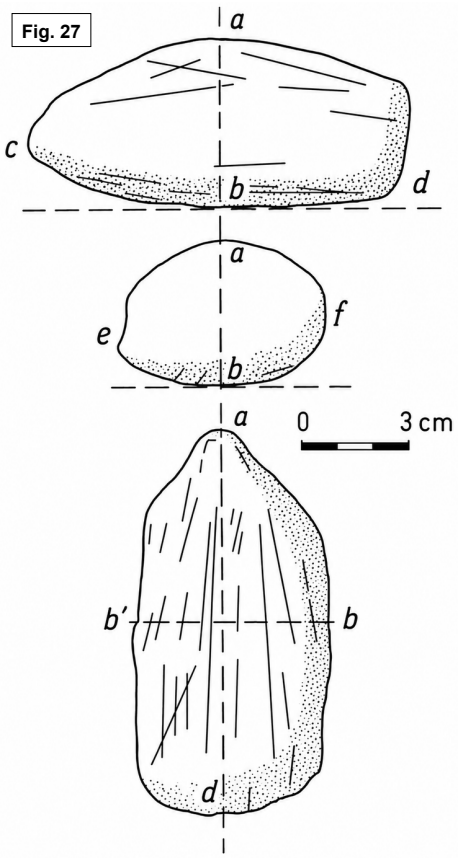


Fig. 28

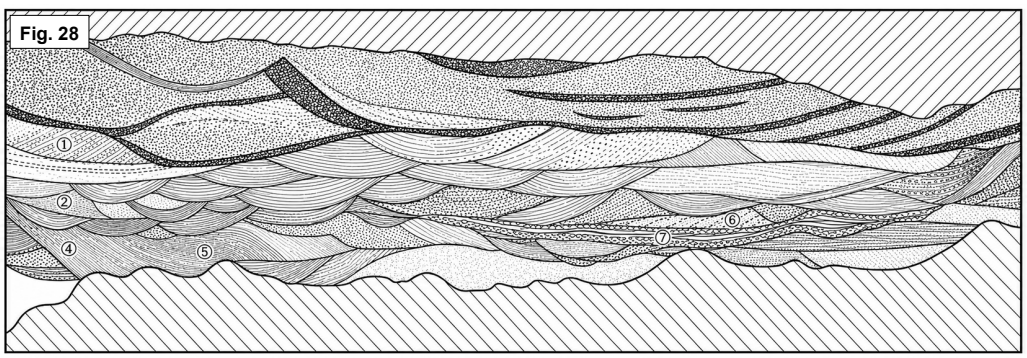
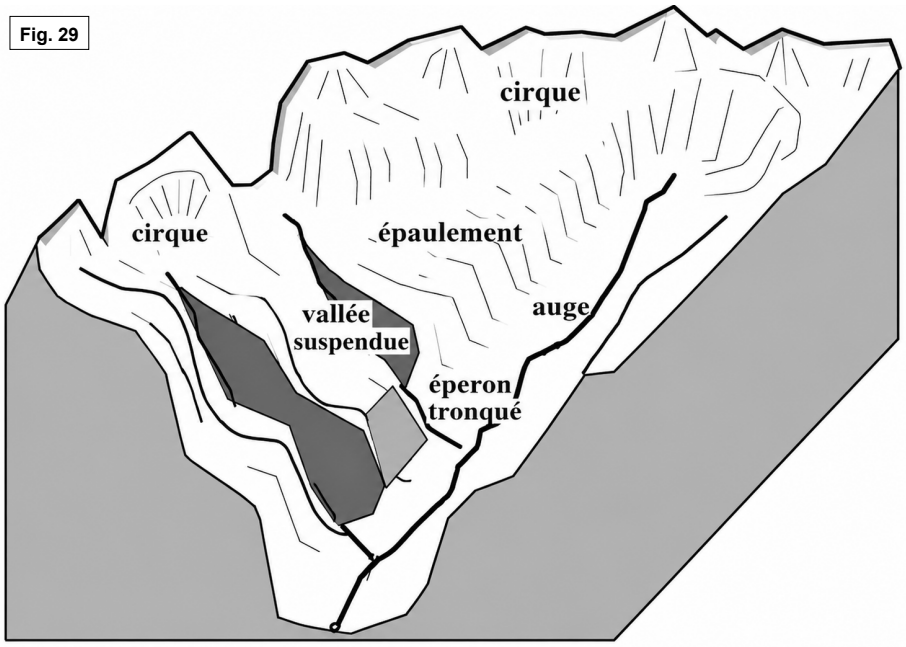
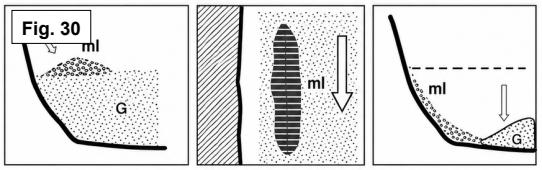


Fig. 29

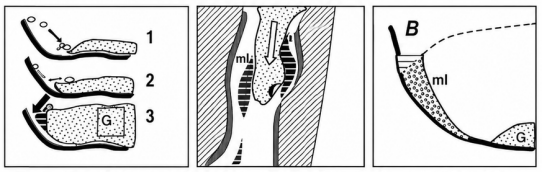


Formes dans les vallées glaciaires.

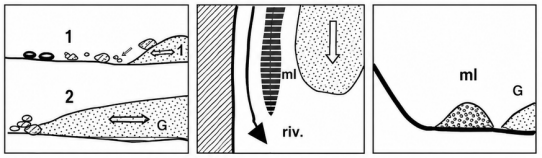
Fig. 30



A. Le glacier est dominé par une paroi rocheuse élevée. Les blocs et les pierres détachés de la paroi par gélifraction tombent sur le glacier qui les entraîne, ils constituent une moraine latérale «mobile». Après retrait ou disparition du glacier, la moraine tapisse le bas du versant, son épaisseur augmente vers le bas.

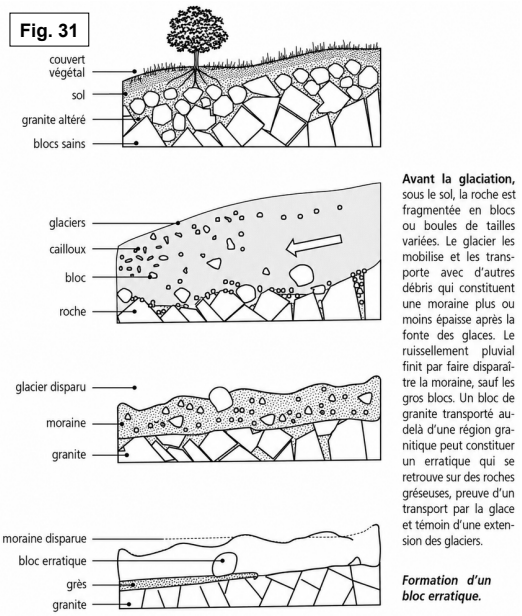


B. Les débris de la moraine latérale proviennent de la paroi, et surtout du glacier lui-même… Les débris du versant comblent l'intervalle entre la moraine latérale et le versant, formant une banquette (**B**), la moraine s'amincit vers le bas.



C. Quand le glacier s'élargit, il pousse sur le côté les débris qui se trouvent sur le fond et il apporte ses propres débris. La moraine latérale, entièrement construite par le glacier, a la forme d'une digue plus ou moins longue et continue.

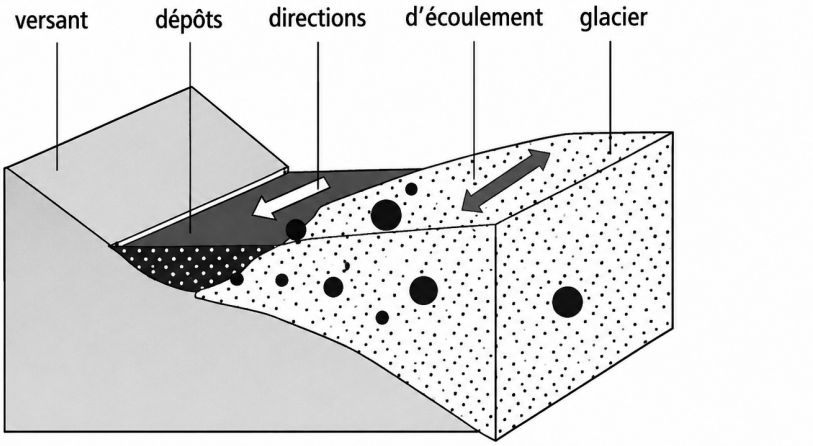
Fig. 31



Avant la glaciation, sous le sol, la roche est fragmentée en blocs ou boules de tailles variées. Le glacier les mobilise et les transporte avec d'autres débris qui constituent une moraine plus ou moins épaisse après la fonte des glaces. Le ruissellement pluvial finit par faire disparaître la moraine, sauf les gros blocs. Un bloc de granite transporté au-delà d'une région granitique peut constituer un erratique qui se retrouve sur des roches gréseuses, preuve d'un transport par la glace et témoin d'une extension des glaciers.

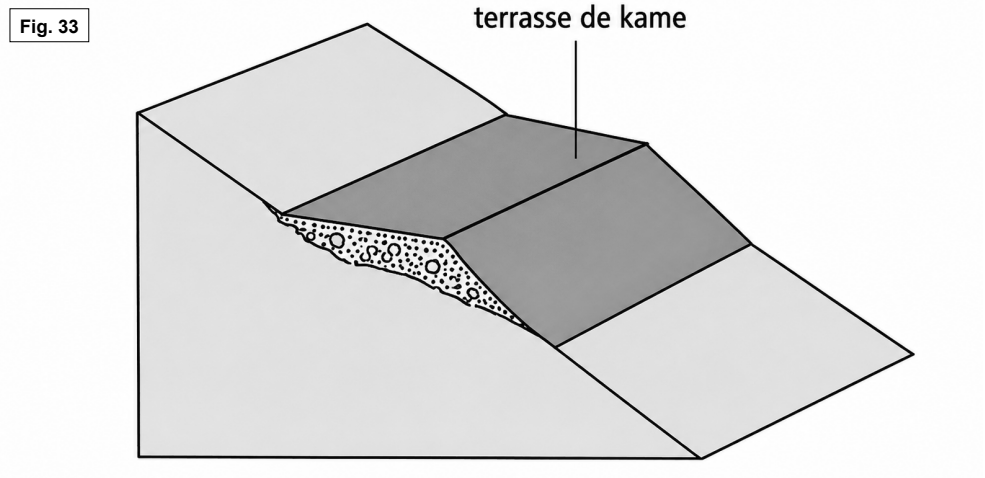
Formation d'un bloc erratique.

Fig. 32



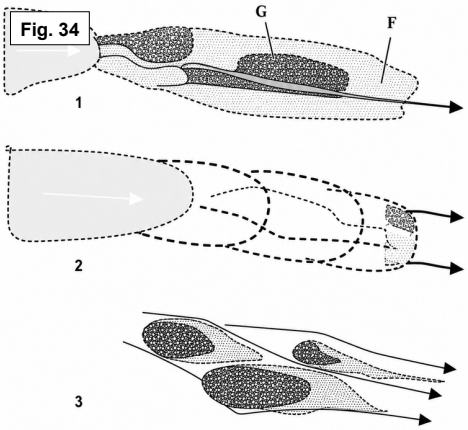
Le glacier n'atteint pas le versant. Dans l'espace ainsi créé, les eaux juxta-glaciaires transportent et déposent des sables et des galets, auxquels se joignent des débris lâchés par le glacier. Les poches d'eau qui peuvent se créer sont comblées par des sédiments.

Fig. 33



Après disparition du glacier subsiste, le long du versant, un dépôt avec un talus raide et un sommet qui constitue un replat plus ou moins allongé accolé au versant.

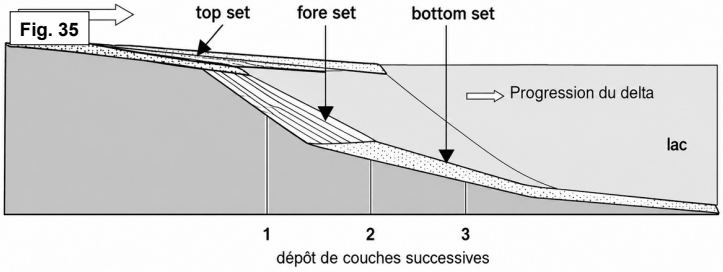
Fig. 34



1. Les eaux pro-glaciaires accumulent des sédiments, par endroits grossiers (**G**), par endroits fins (**F**).
2. Le glacier s'avance sur les sédiments. Il tend à les déformer et à les entraîner. Les sédiments grossiers, plus perméables, sont moins déformés que les sédiments fins, plus humides, plus sensibles à la pression de l'eau qui circule.
3. Les sédiments sont allongés dans la direction de l'écoulement et ont acquis la forme en cuillère des drumlins.

Formation de drumlins dans les dépôts glaciaires.

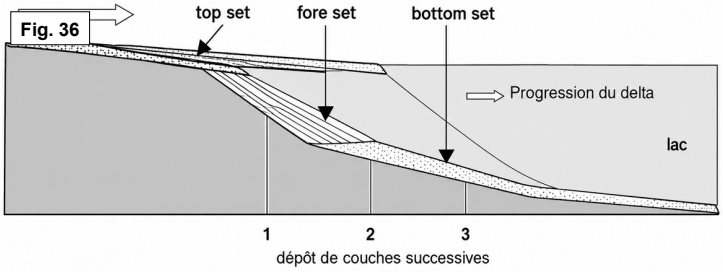
Fig. 35



1. Les eaux pro-glaciaires accumulent des sédiments, par endroits grossiers (G), par endroits fins (F).
2. Le glacier s'avance sur les sédiments. Il tend à les déformer et à les entraîner. Les sédiments grossiers, plus perméables, sont moins déformés que les sédiments fins, plus humides, plus sensibles à la pression de l'eau qui circule.
3. Les sédiments sont allongés dans la direction de l'écoulement et ont acquis la forme en cuillère des drumlins.

Couches d'un delta lacustre.

Fig. 36



1. Les eaux pro-glaciaires accumulent des sédiments, par endroits grossiers (G), par endroits fins (F).
2. Le glacier s'avance sur les sédiments. Il tend à les déformer et à les entraîner. Les sédiments grossiers, plus perméables, sont moins déformés que les sédiments fins, plus humides, plus sensibles à la pression de l'eau qui circule.
3. Les sédiments sont allongés dans la direction de l'écoulement et ont acquis la forme en cuillère des drumlins.

Couches d'un delta lacustre.

Fig. 37

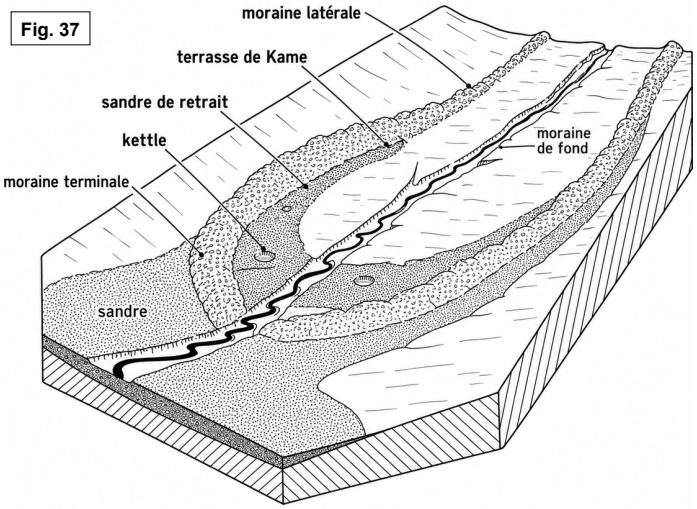


Fig. 38

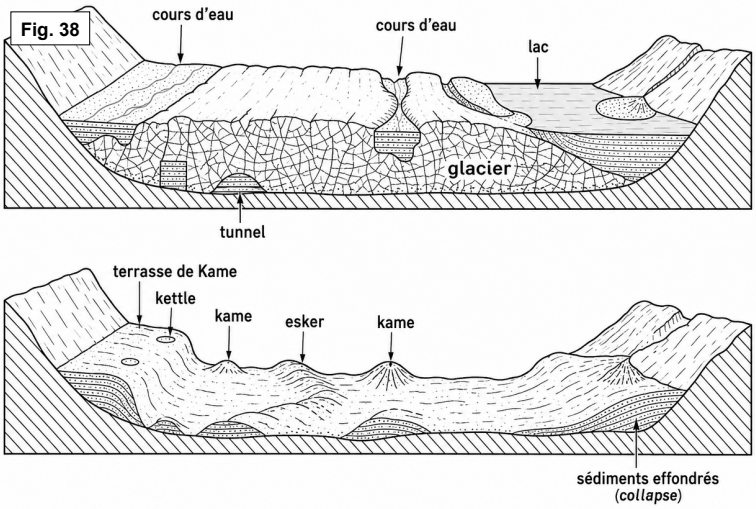
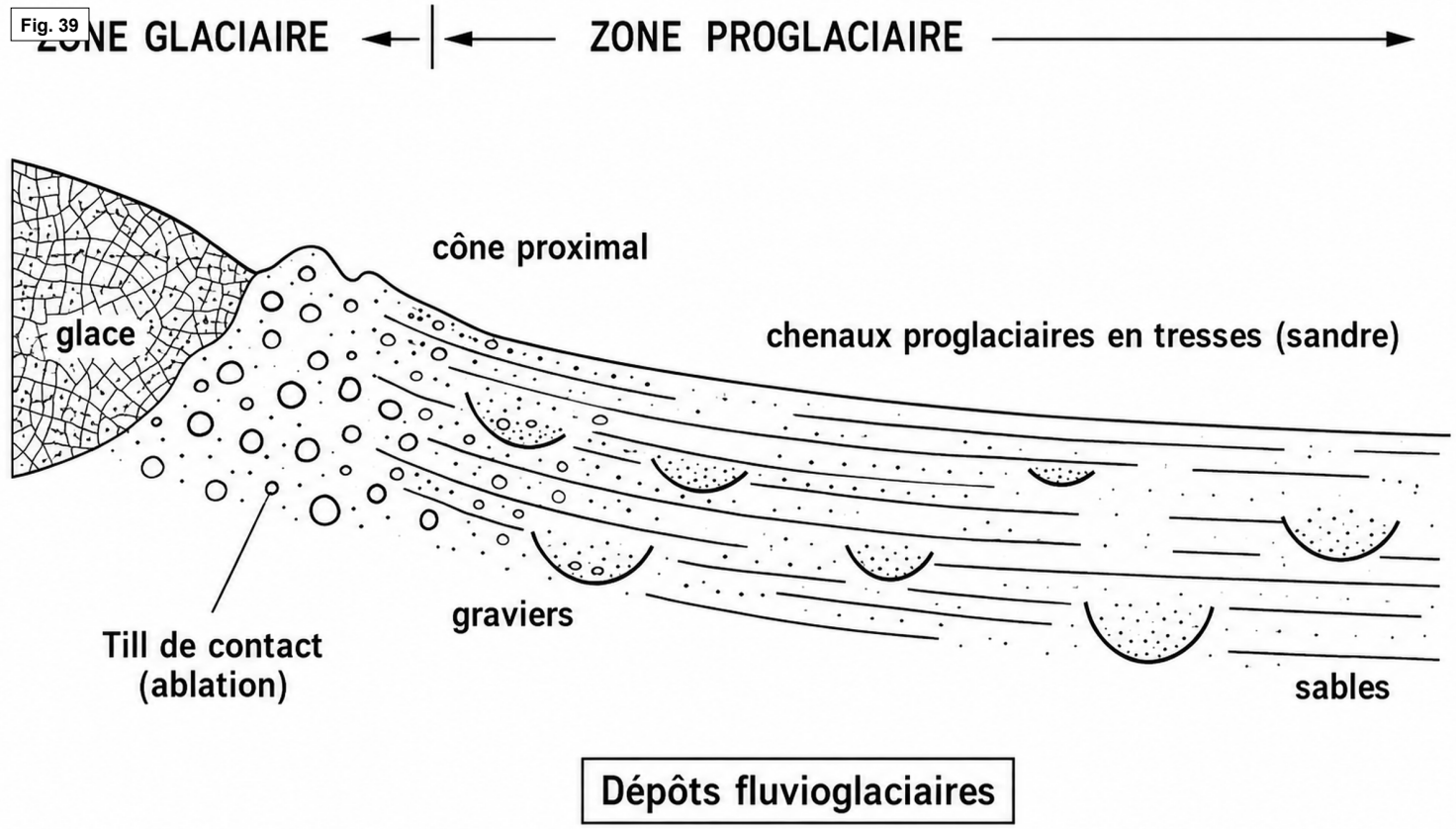


Fig. 39



Dépôts fluvioglaciaires

Fig. 40

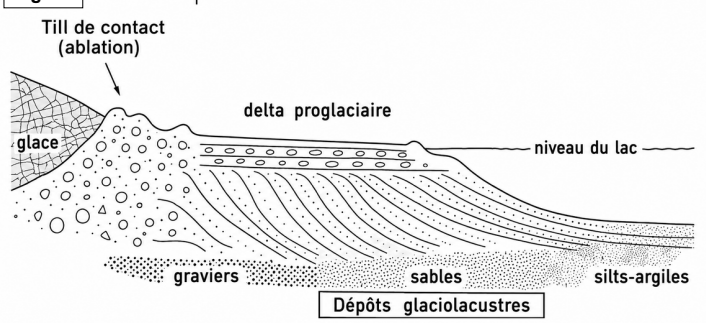


Fig. 41

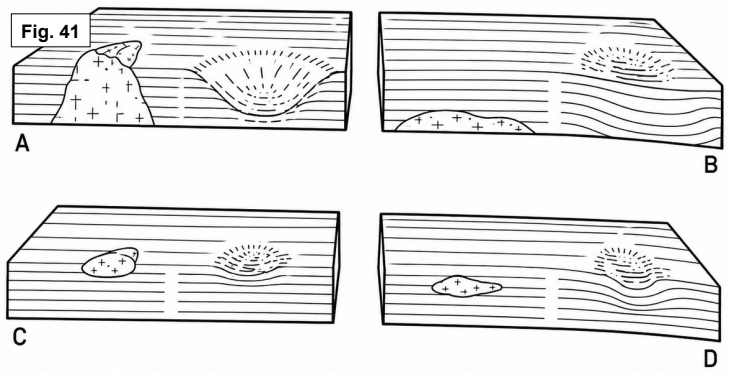


Fig. 42

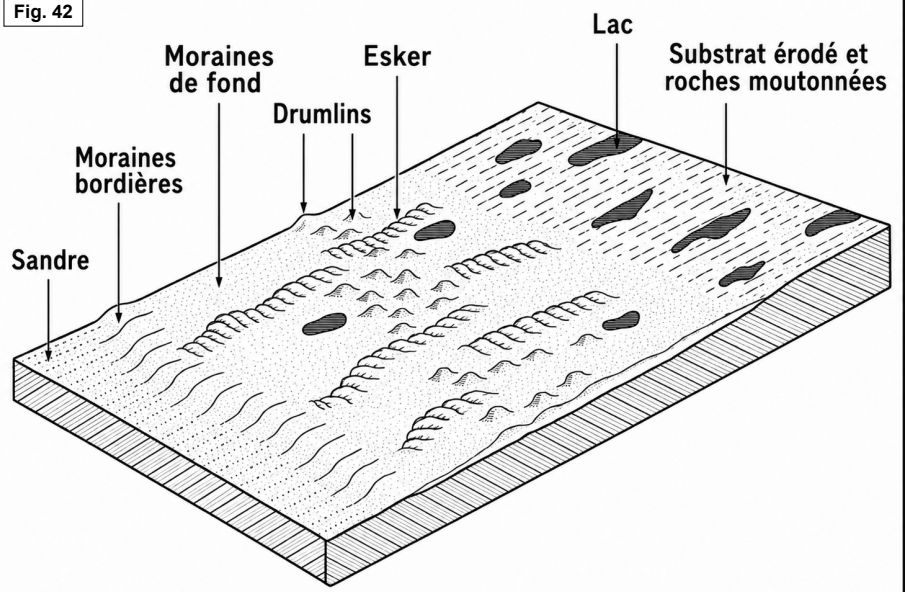


Fig. 43

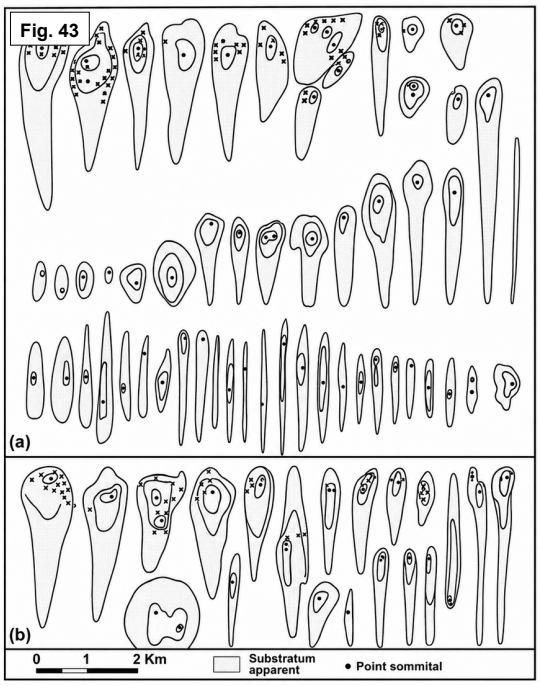


Fig. 44

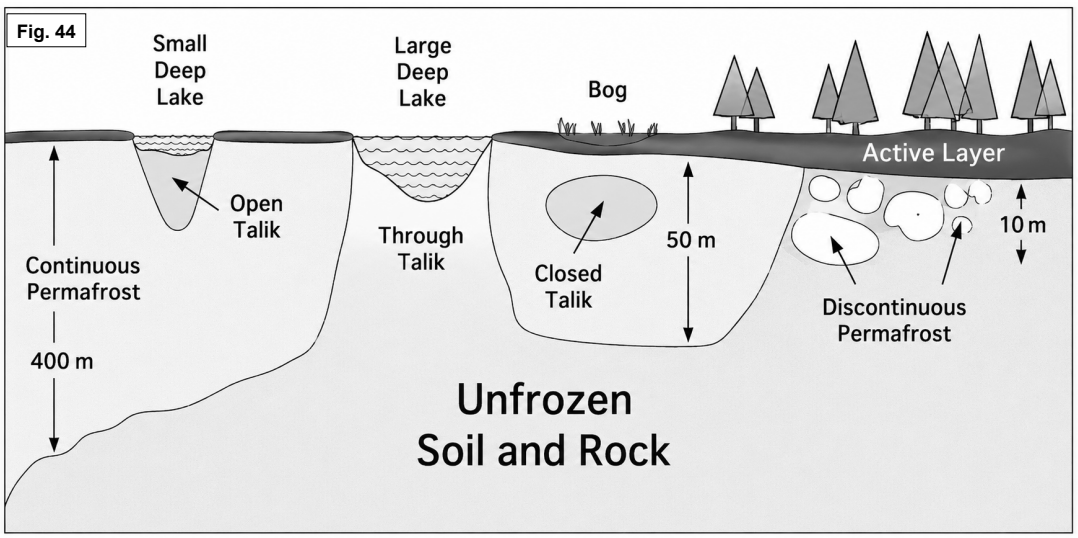


Fig. 45

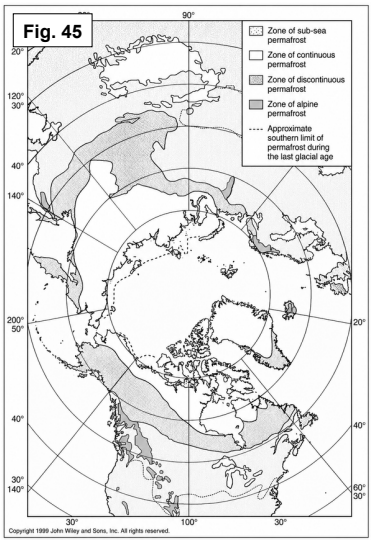
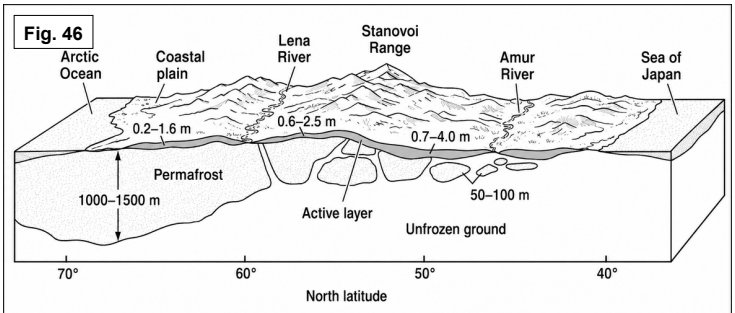
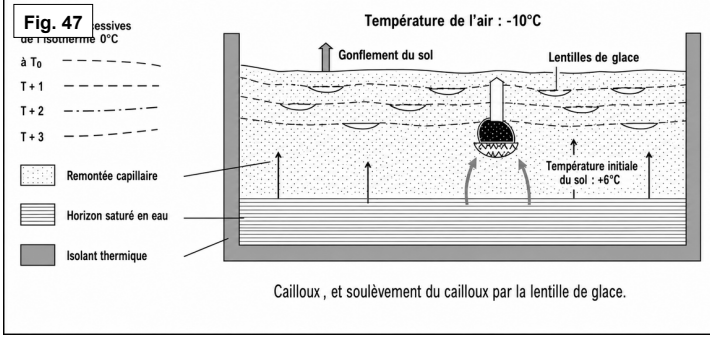


Fig. 46



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Fig. 47



Cailloux , et soulèvement du cailloux par la lentille de glace.

Fig. 48

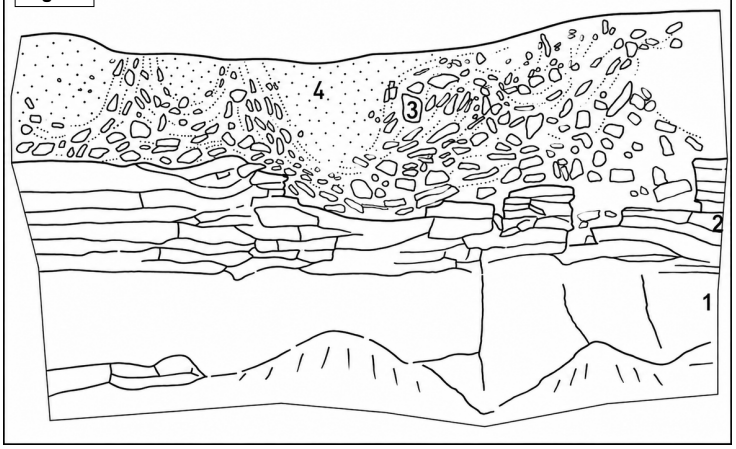


Fig. 49

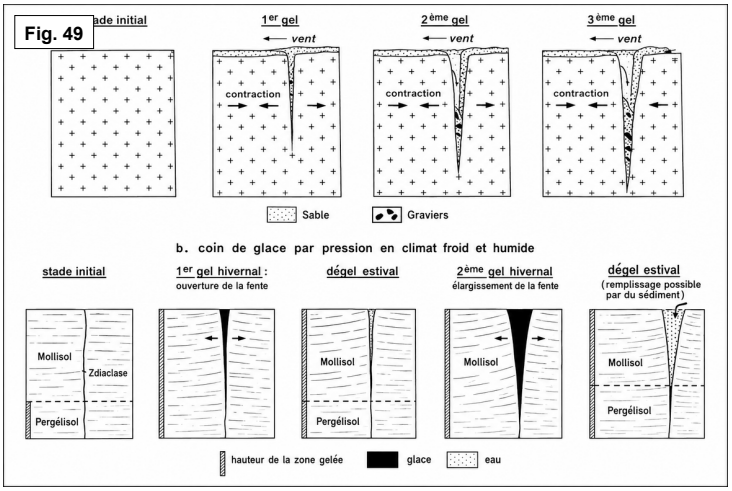


Fig. 50

