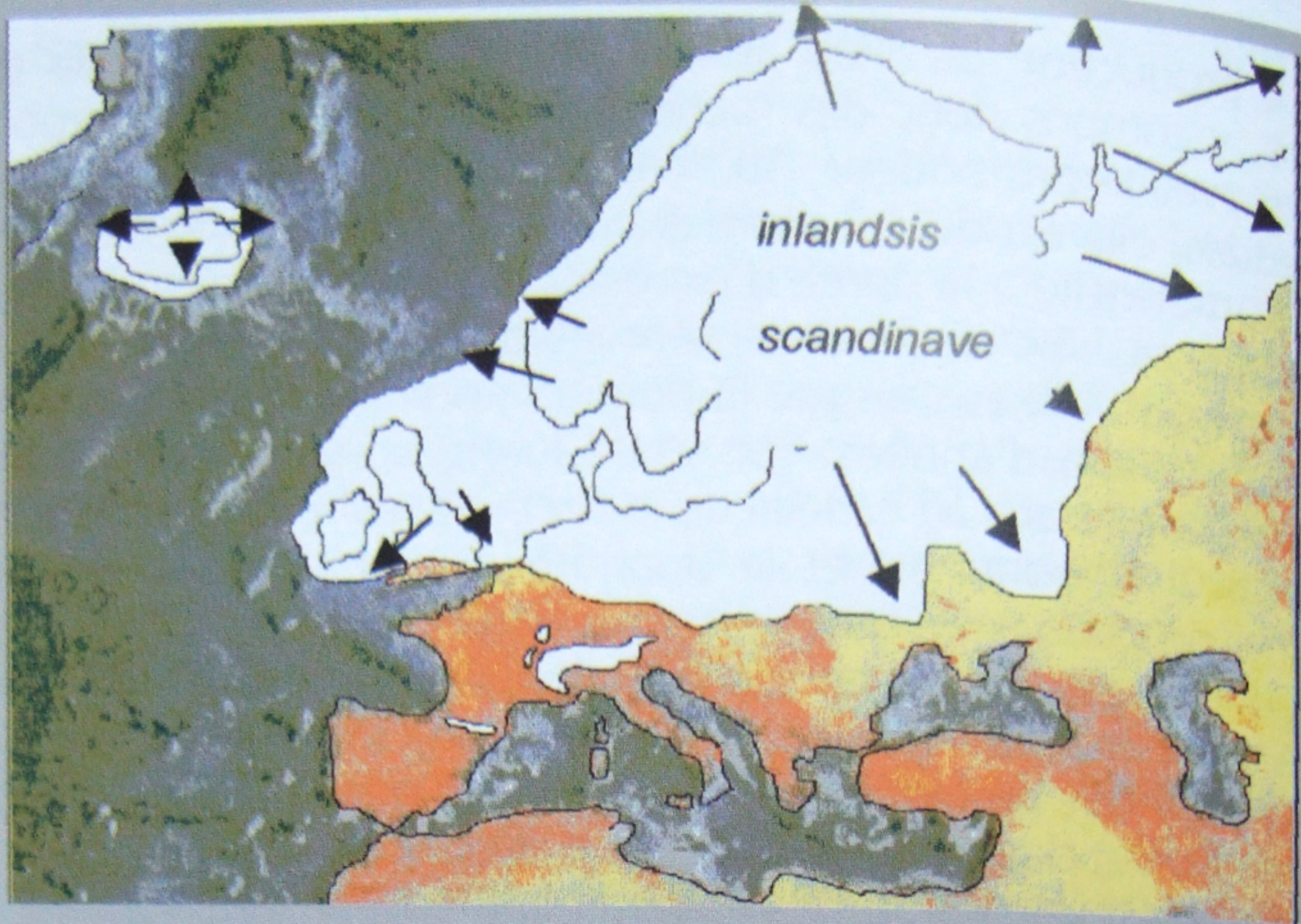
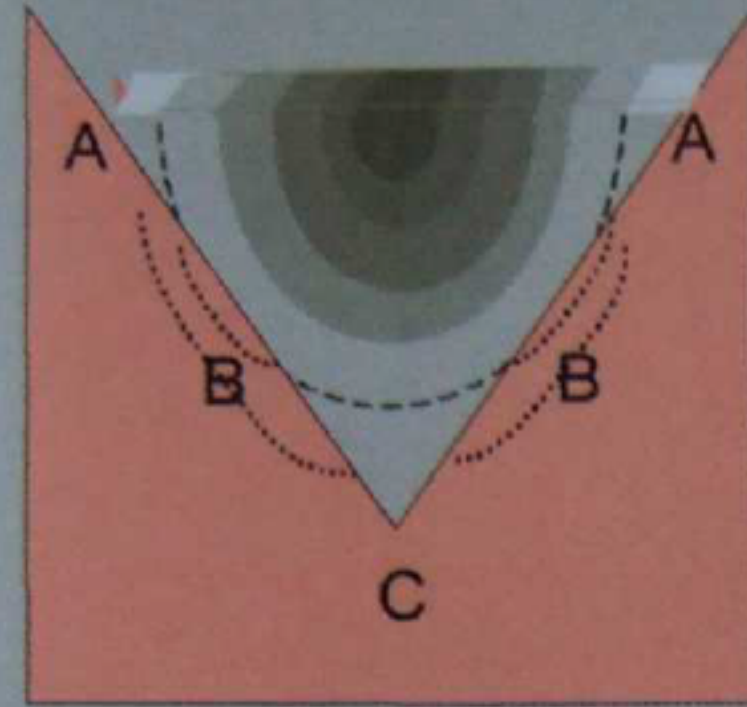


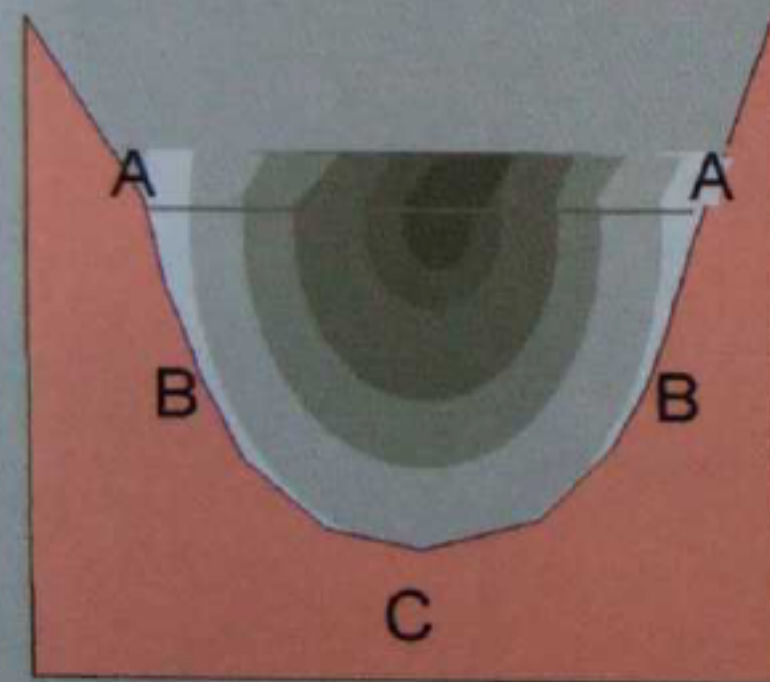


Limites des glaciers en Europe durant leur extension maximum. À cause de la baisse du niveau des mers, les lignes de côtes se situaient en avant de celles des côtes actuelles figurées ici.



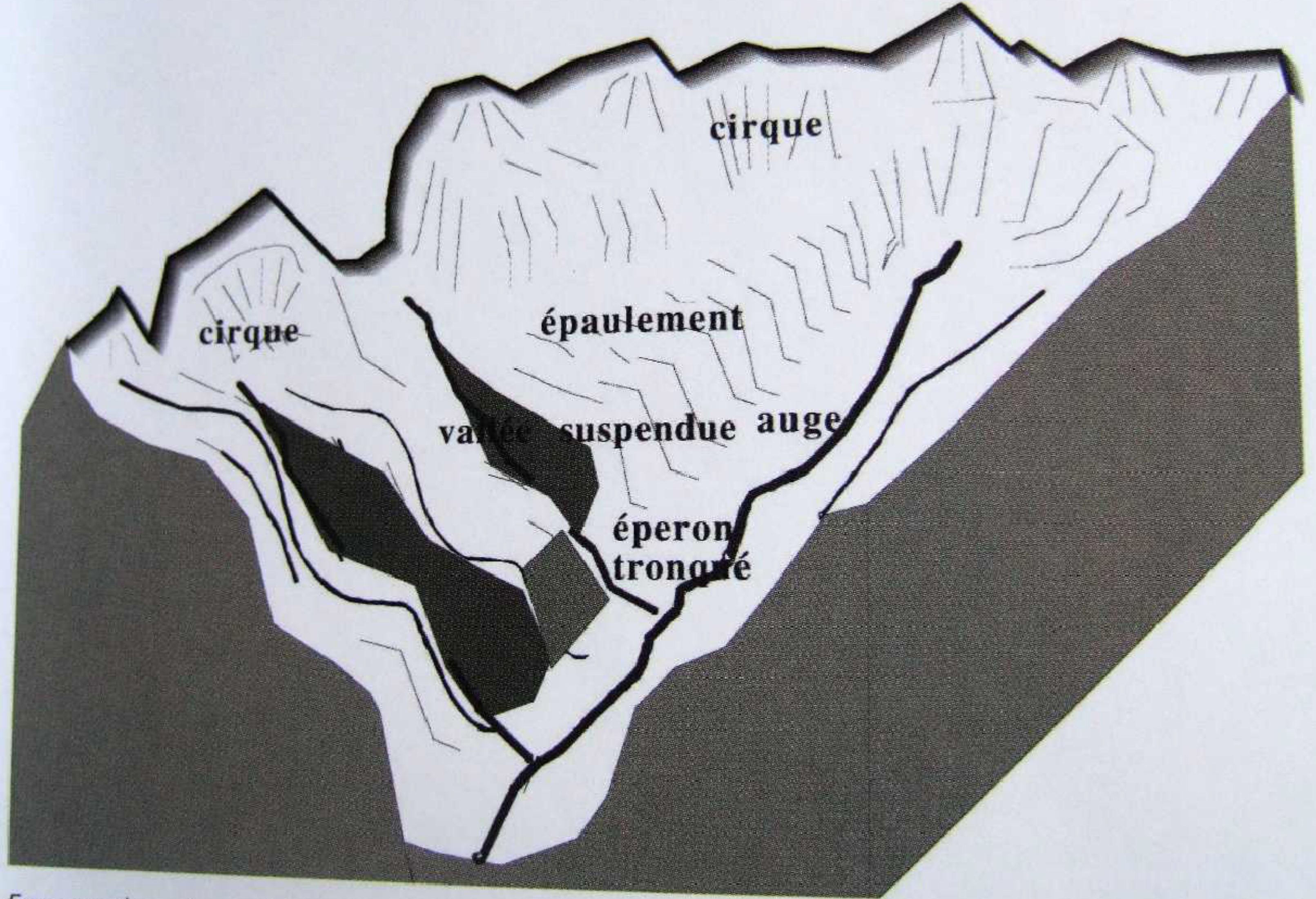
1

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.



Formes dans les vallées glaciaires.



La vallée d'Urbeis. Auge à fond plat morainique et fluvio-glaciaire, barrée par une moraine terminale derrière la rangée d'arbres.



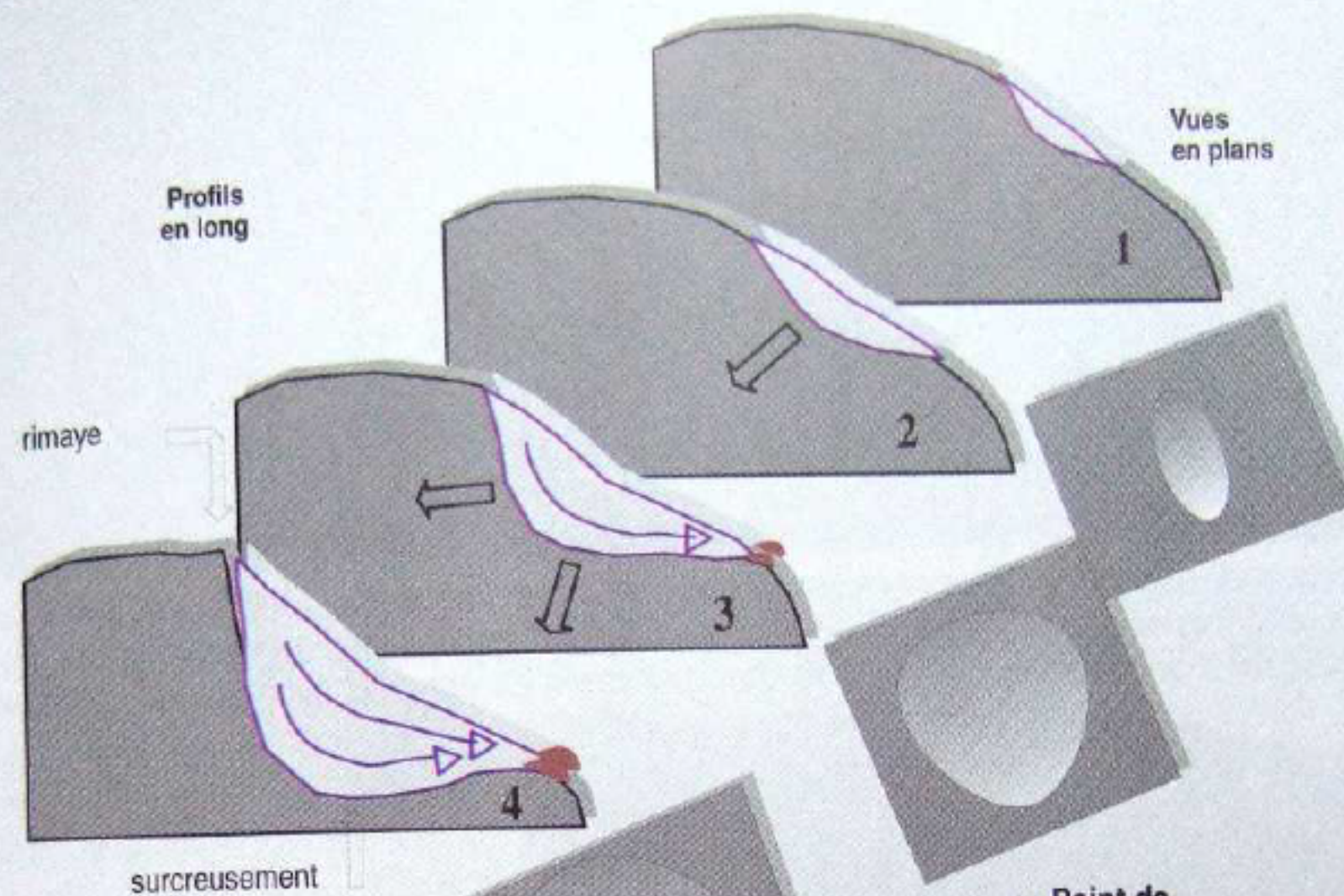
La vallée du Valtin, vue du collet de la Schlucht. Profil en auge atténué par les éboulis en bas de versant gauche.



Le cirque glaciaire du lac Blanc.



Le cirque double du Frankenthal sous le Hohneck.



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

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...

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...

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

JCF



Le cirque de Wormspel sous le Hohneck. Cirque en arc de cercle, forme la plus fréquente dans les Vosges. Dans le mur, les couloirs occupent les plans de diaclases (cassures des roches, sans déplacement de part et d'autre) entre les éperons rocheux plus résistants.



Le mur du cirque du lac Blanc. Sous les Hautes Chaumes (1 255 m) le mur du cirque est presque rectiligne, sur près d'un kilomètre. Mur accidenté de couloirs et éperons rocheux acérés.



Les Spitzkoepfe sont une cloison rocheuse qui sépare le cirque de l'Ammelthal, au premier plan, à gauche, et le cirque de Wormspel, au second plan, au centre, sous le Hohneck.

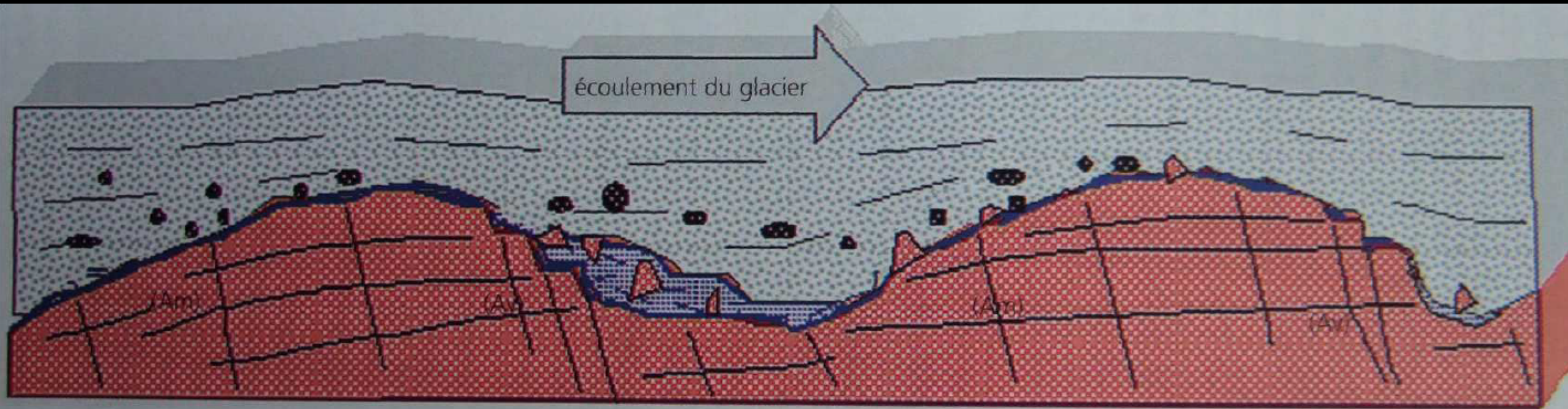




Le lac du Forlet. Sous le Gazon de Faîte (1 303 m) et le Gazon du Faing (1 302 m). Fond de cirque presque rectangulaire, en pente légère vers l'aval, avec pointements rocheux, sans surcreusement. Un barrage édifié à l'entrée de la gorge retient le lac artificiel.



La roche du Page, à Xonrupt. Le glacier est passé de gauche à droite.



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, 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 chaleur dégagée par le regel migre vers l'amont où elle aide à la fonte sous pression.

Formation des roches moutonnées.



Les roches du lac à Gérardmer. Exemple de roche moutonnée, depuis peu dégagée du sol qui la masquait, et nettoyée. Le glacier est passé de gauche à droite.

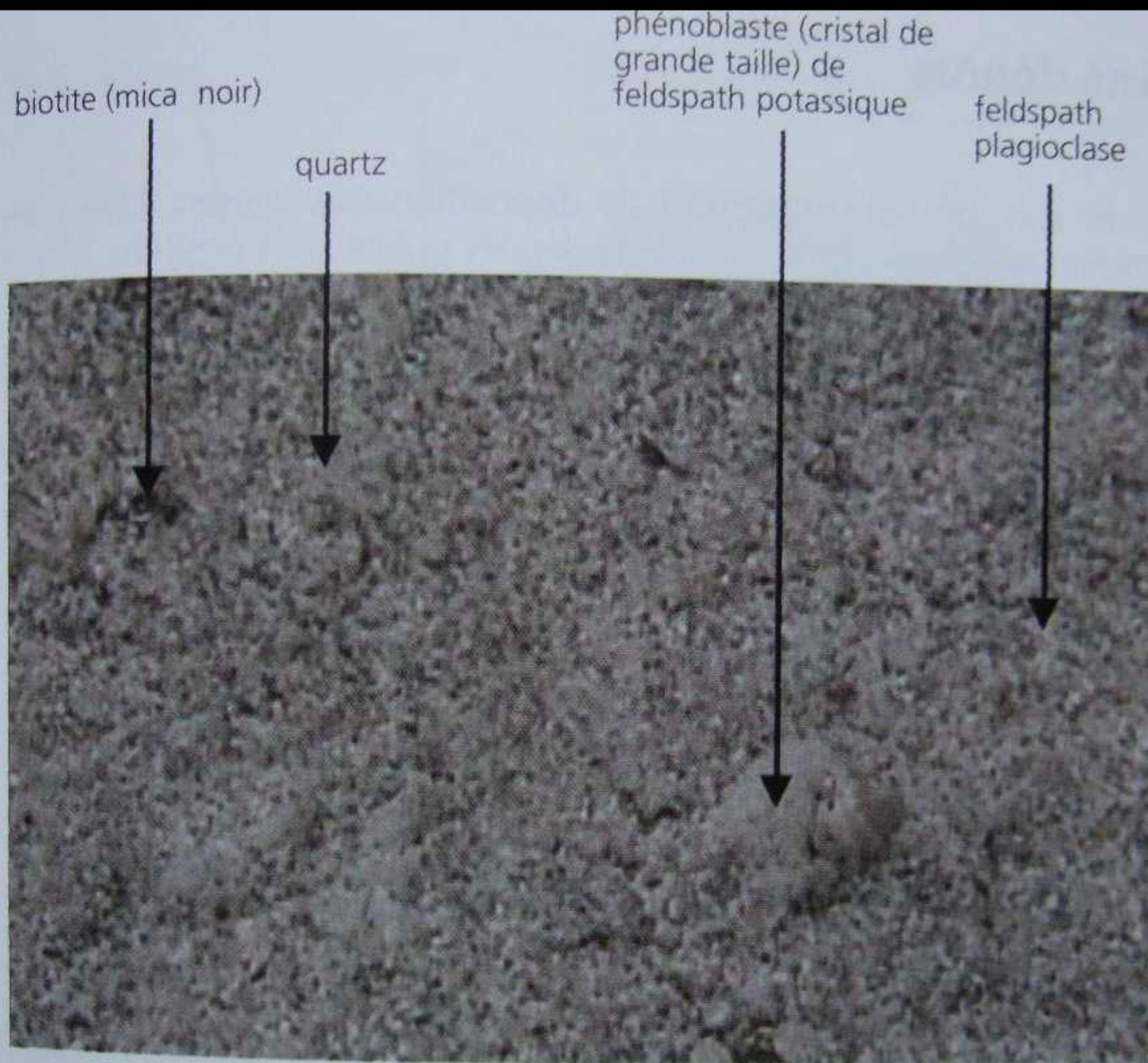


La roche est découpée en forme de marches d'escaliers, selon plusieurs directions de plans de fractures (**1**, **2**, **3**).

Les roches du lac face aval.



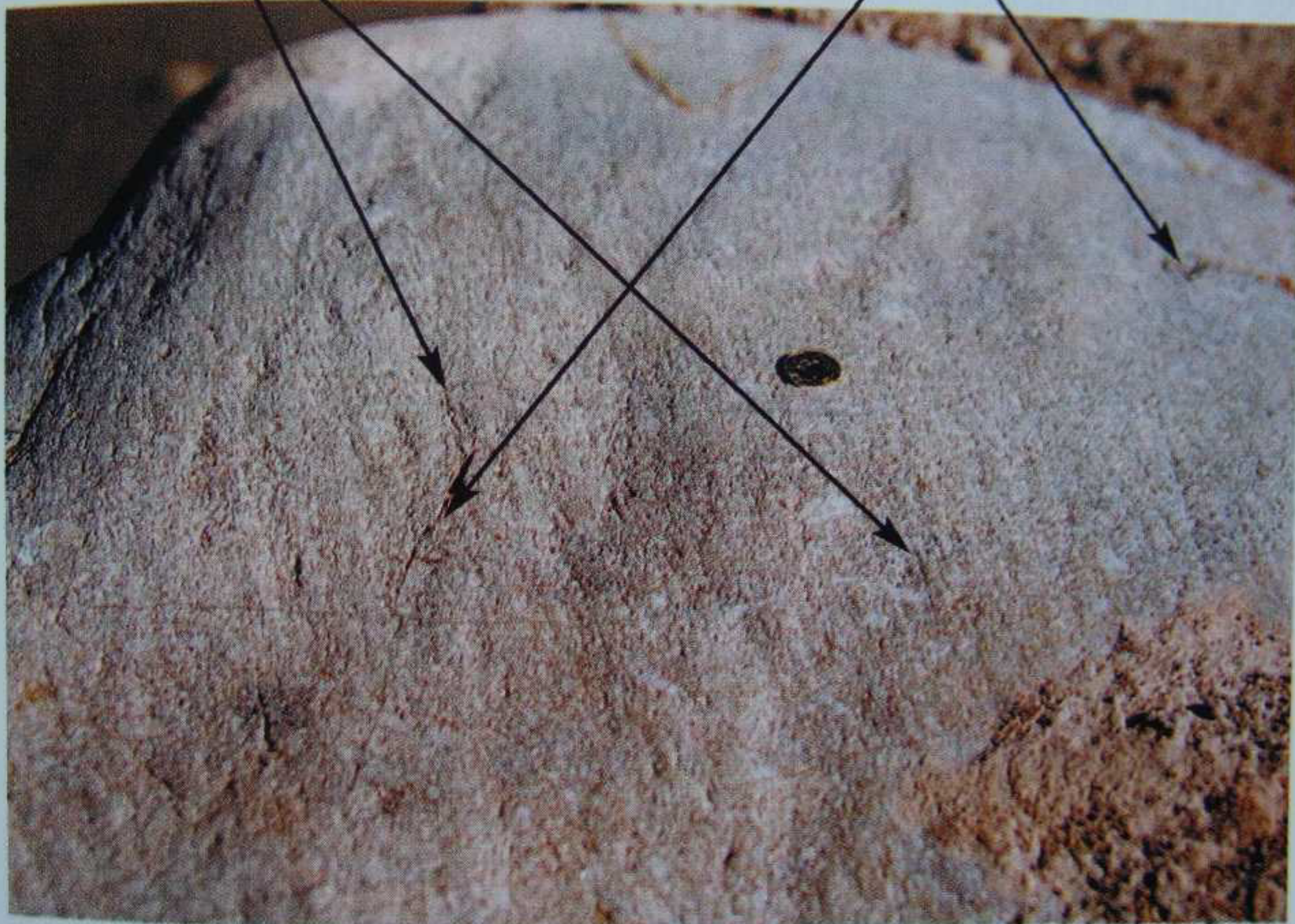
Roches du lac, Gérardmer. Détail de la surface sur la face amont. La surface est granuleuse, le polissage a disparu par attaque physico-chimique sous la végétation et le sol.



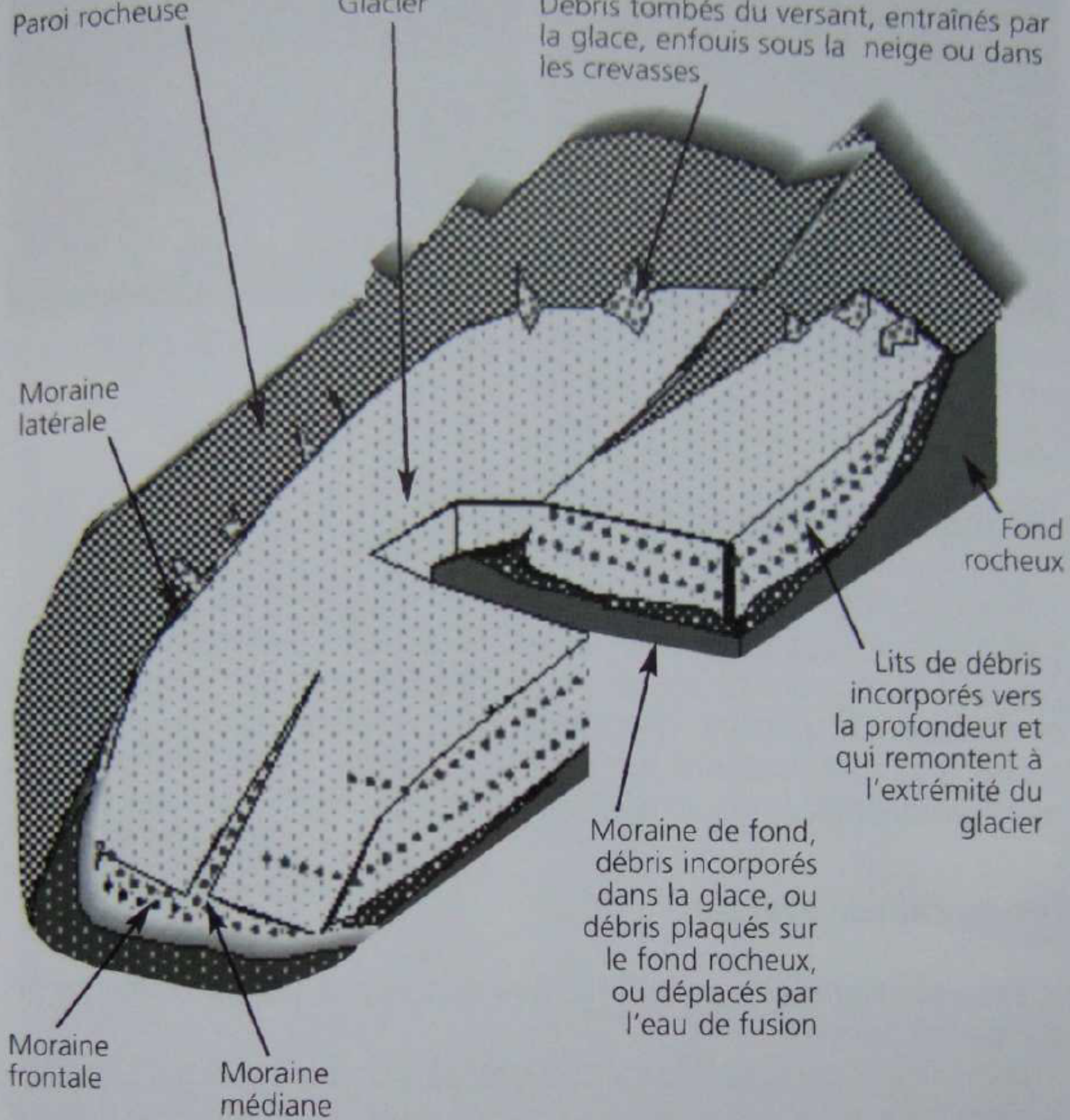
Roches du lac, Gérardmer. La roche est un granite porphyroïde (à gros cristaux de feldspath).

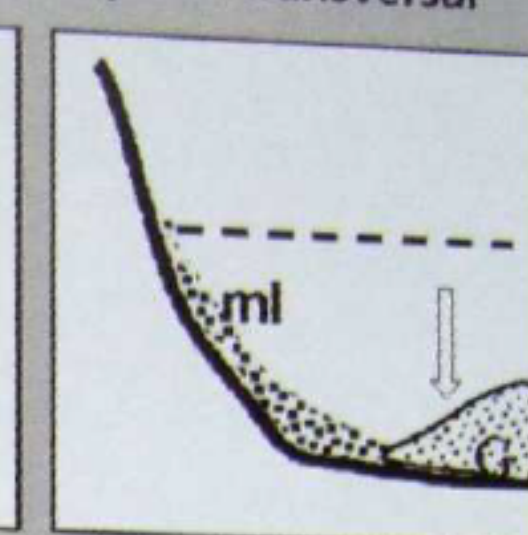
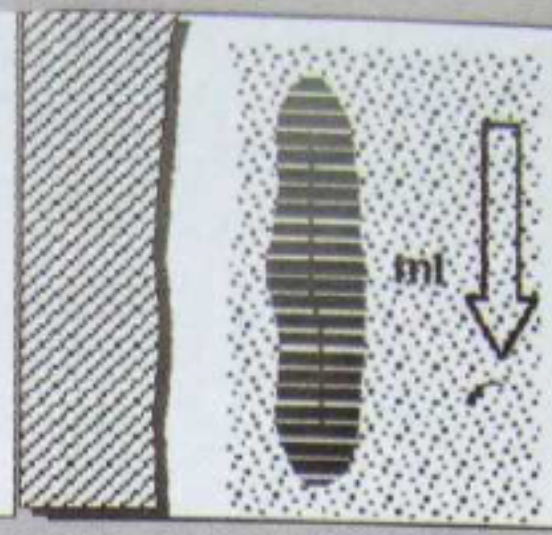
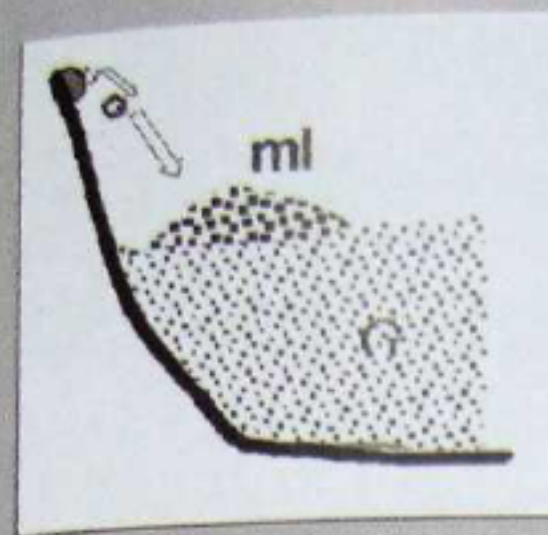
stries glaciaires

diaclasses (fissures)

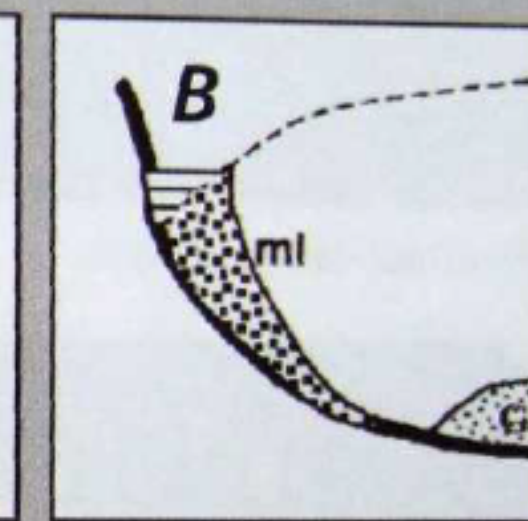
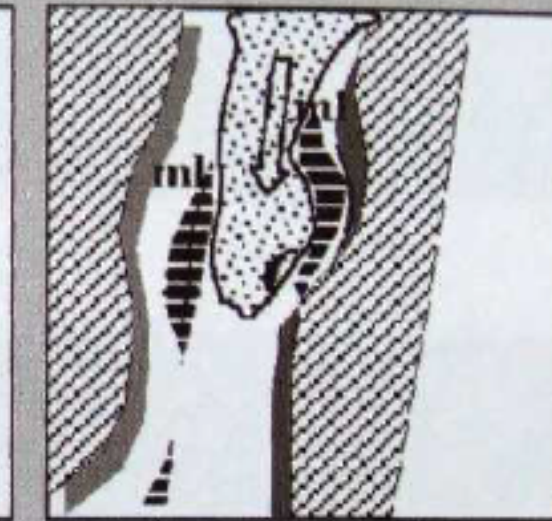
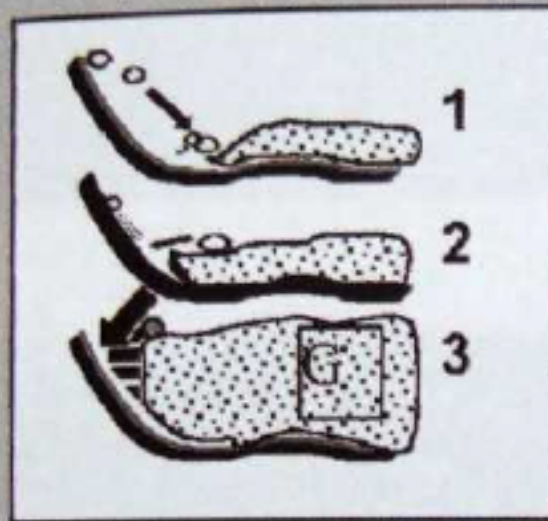


Bloc de granite strié de la moraine de Housseramont.

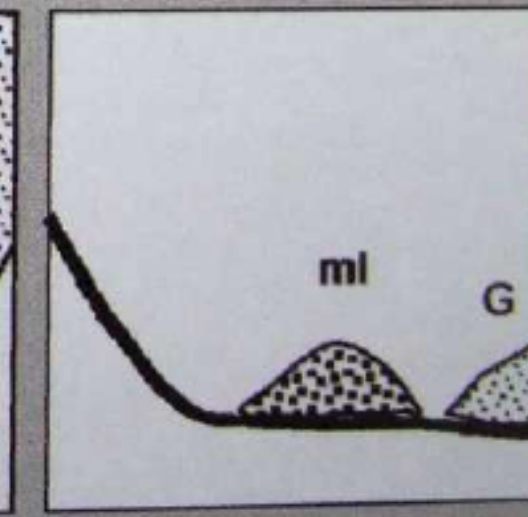
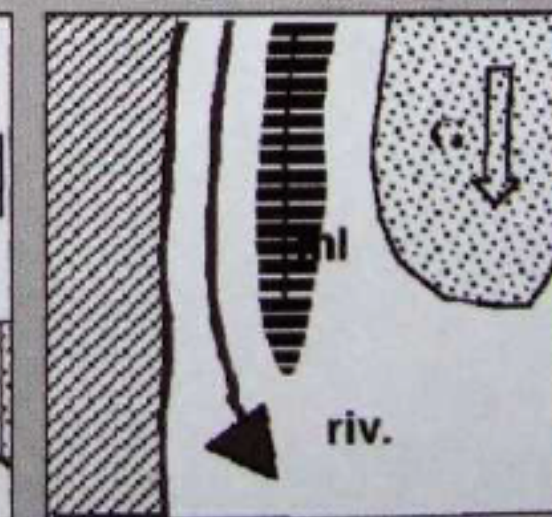
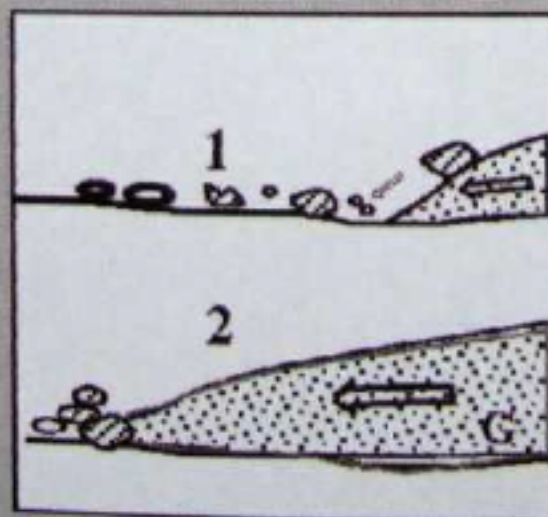




A. Le glacier est dominé par une paroi rocheuse élevée. Les blocs et les pierres détachés de la paroi par gélifraction tombent sur le glacier qui les entraîne, ils constituent une moraine latérale « mobile ». Après retrait ou disparition du glacier, la moraine tapisse le bas du versant, son épaisseur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

Moraine de fond : arène et cailloux
de granites subanguleux, disloqués
par le glacier

Moraine d'ablation, base du sol
actuel, rougie par le fer





Les Brochottes, Xonrupt-Longemer. Moraine terminale récente. Débris de toutes tailles, blocs et cailloux émoussés ou arrondis, sans disposition particulière (dépôts non classés).



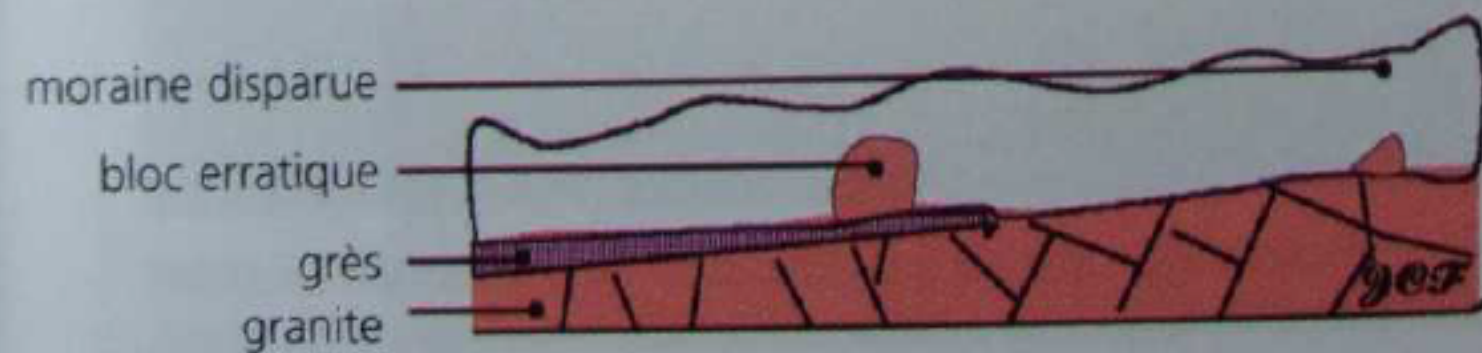
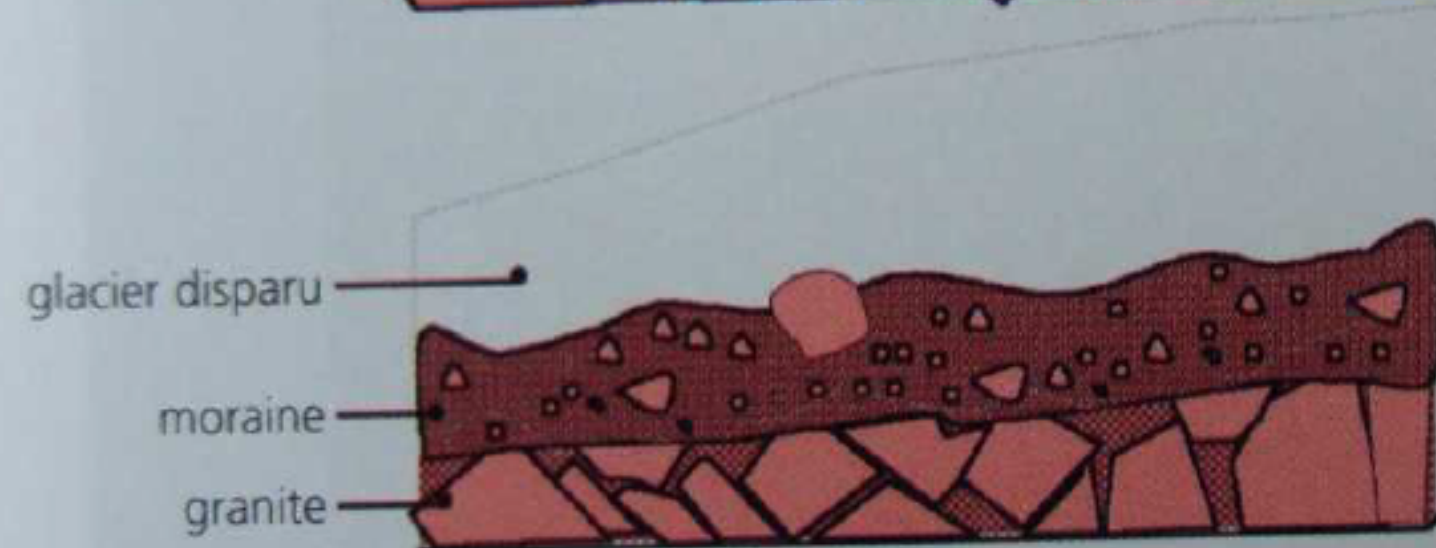
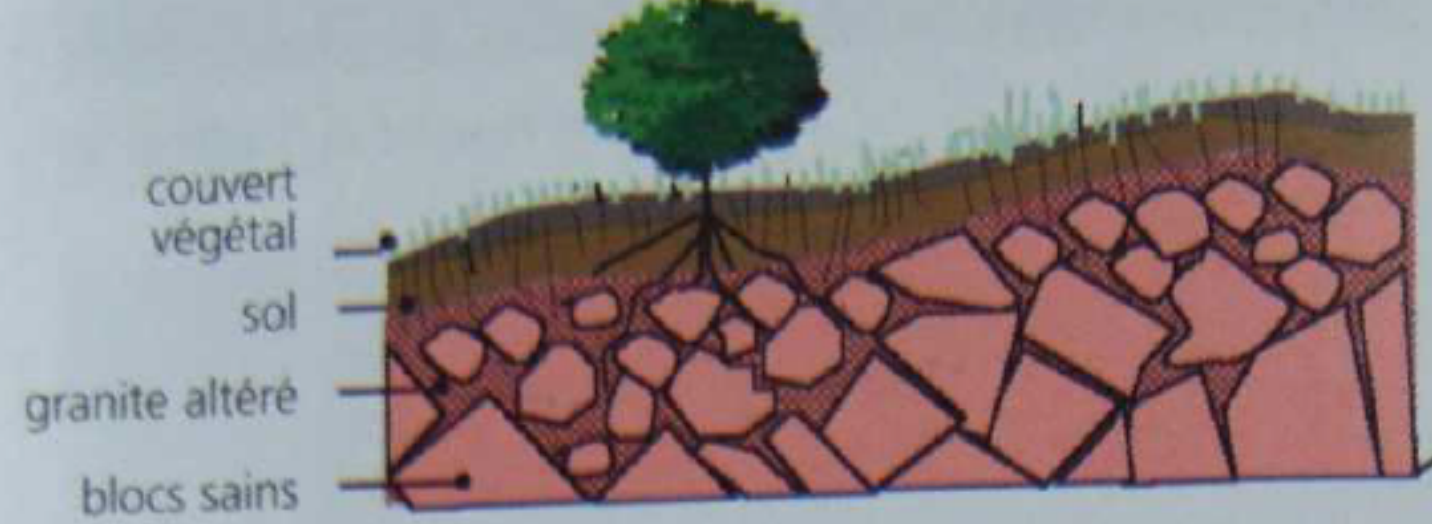
Les deux bourrelets (**1**, **2**) de la moraine terminale du lac de Gérardmer.



Les Feignes sous Vologne. La boule du Diable, bloc erratique de granite gris à grain moyen, hauteur 3,50 m, diamètre 6 m.



Bloc erratique, massif du Fossard. Longueur 4 m, largeur 2 m, hauteur 1,80 m.



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.

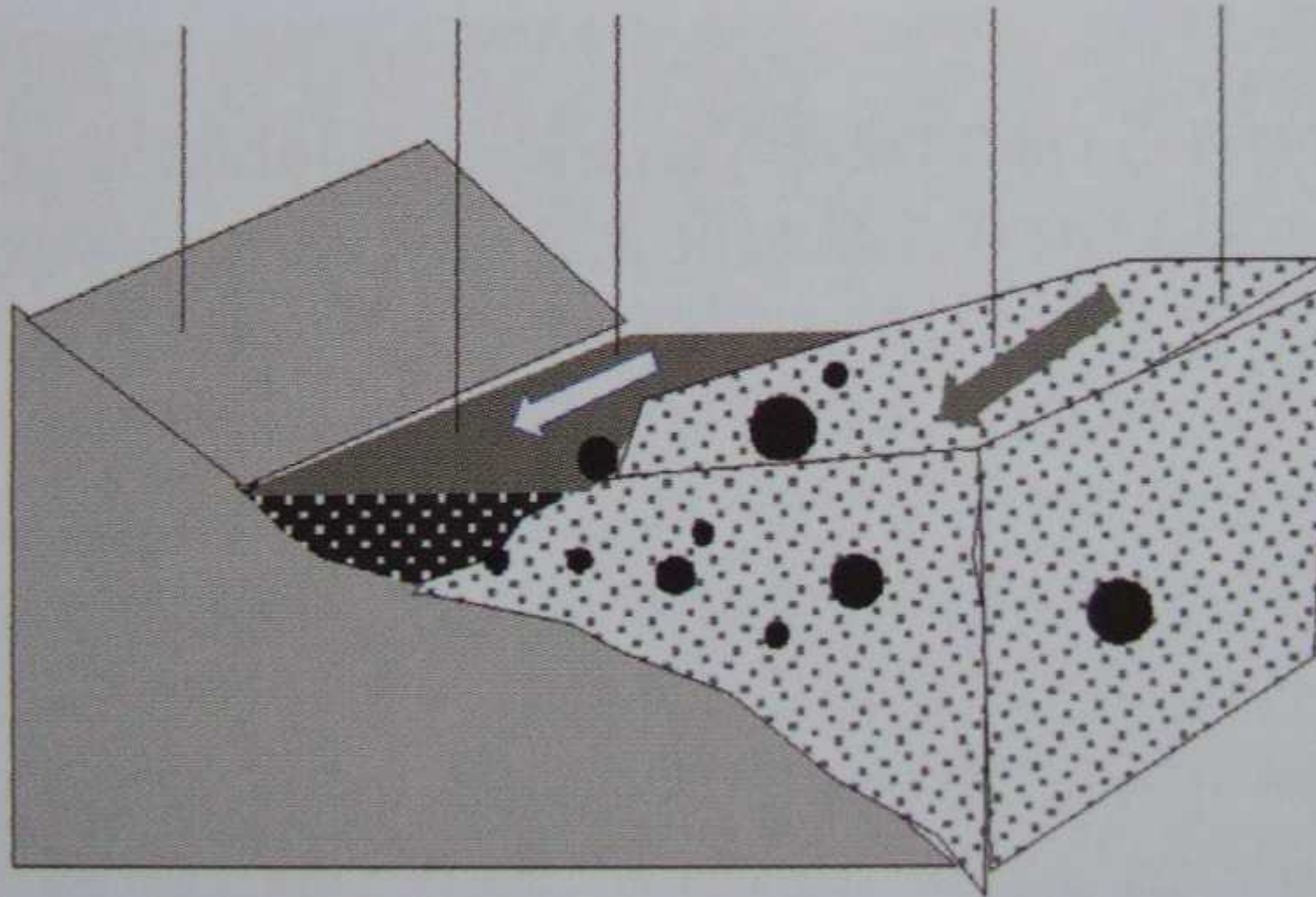


Le Tholy. Sortie nord-ouest. Terrasse de kame à la base du versant nord-est de la vallée de la Cleurie. Altitude 640 m, hauteur 20/25 m, longueur 300 m.

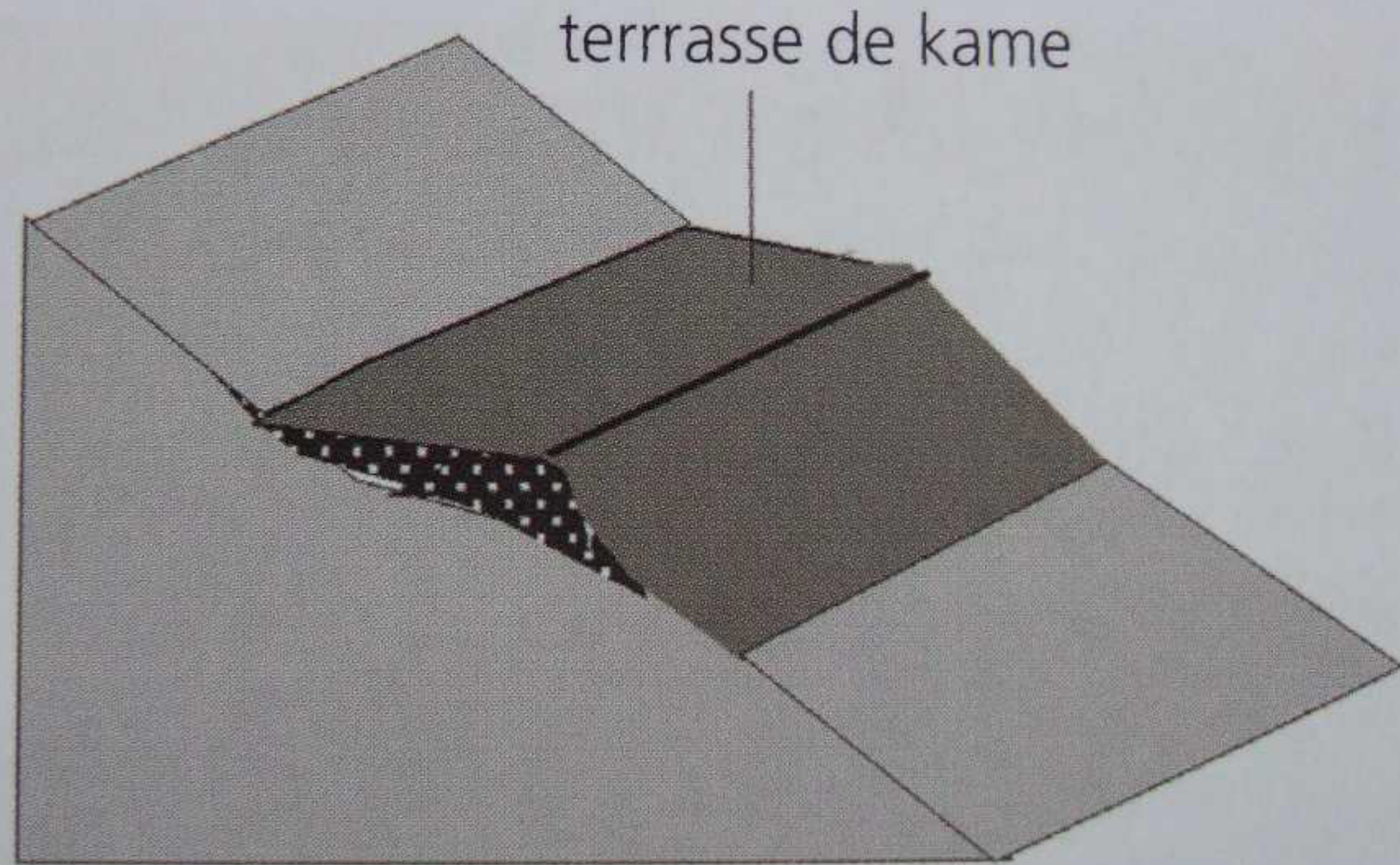


Xonrupt-Longemer. Vallée de la Vologne. Terrasses de kame étagées et accolées à la base du versant nord. **1**: altitude 740 m, hauteur 25 m, longueur 300 m; **2**: altitude 730 m, hauteur 15 m, longueur 250 m.

versant dépôts directions d'écoulement glacier



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.



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.

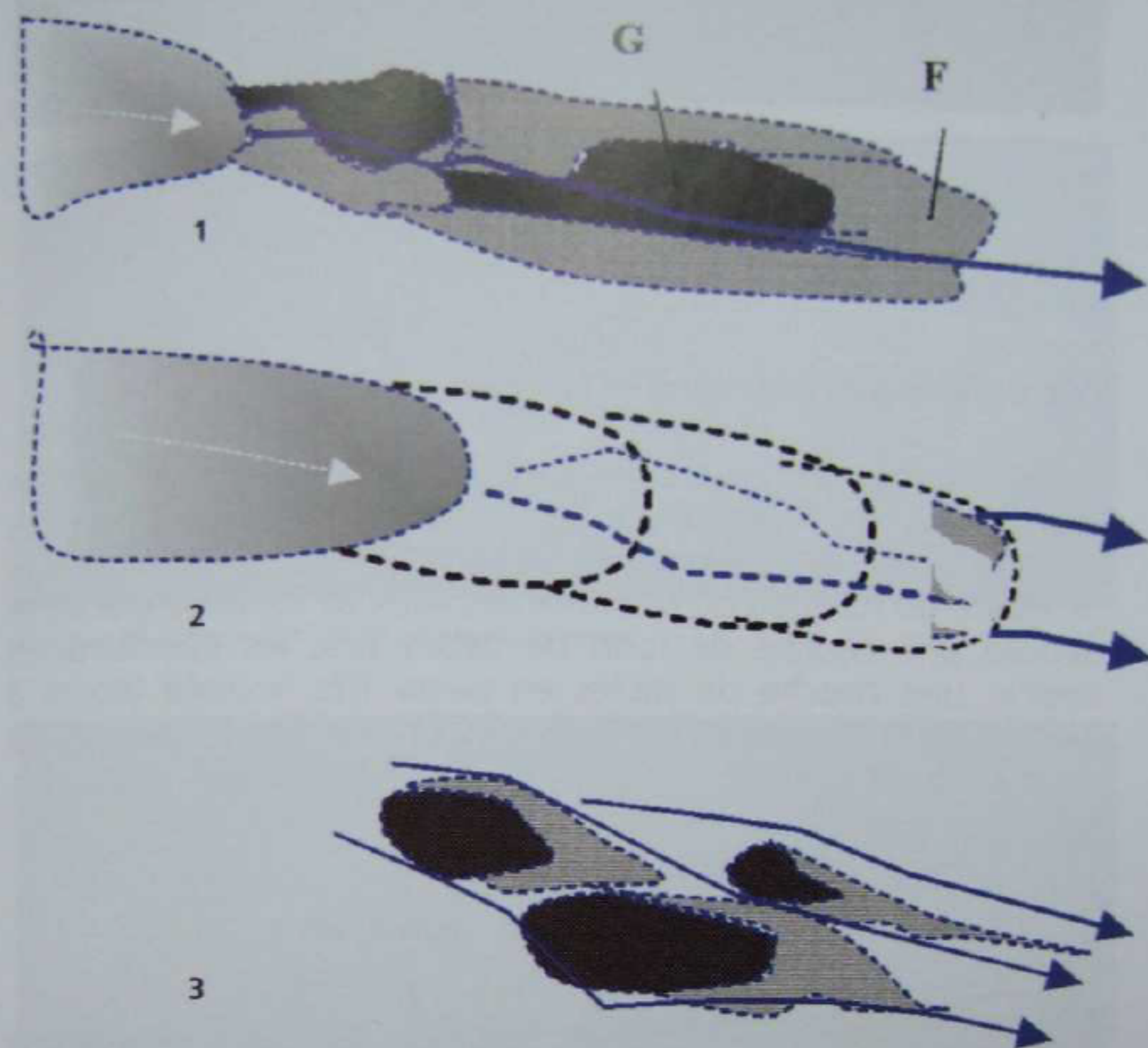
lits d'alluvions sableuses

sédiments déformés
par le glacier

paquets de moraine

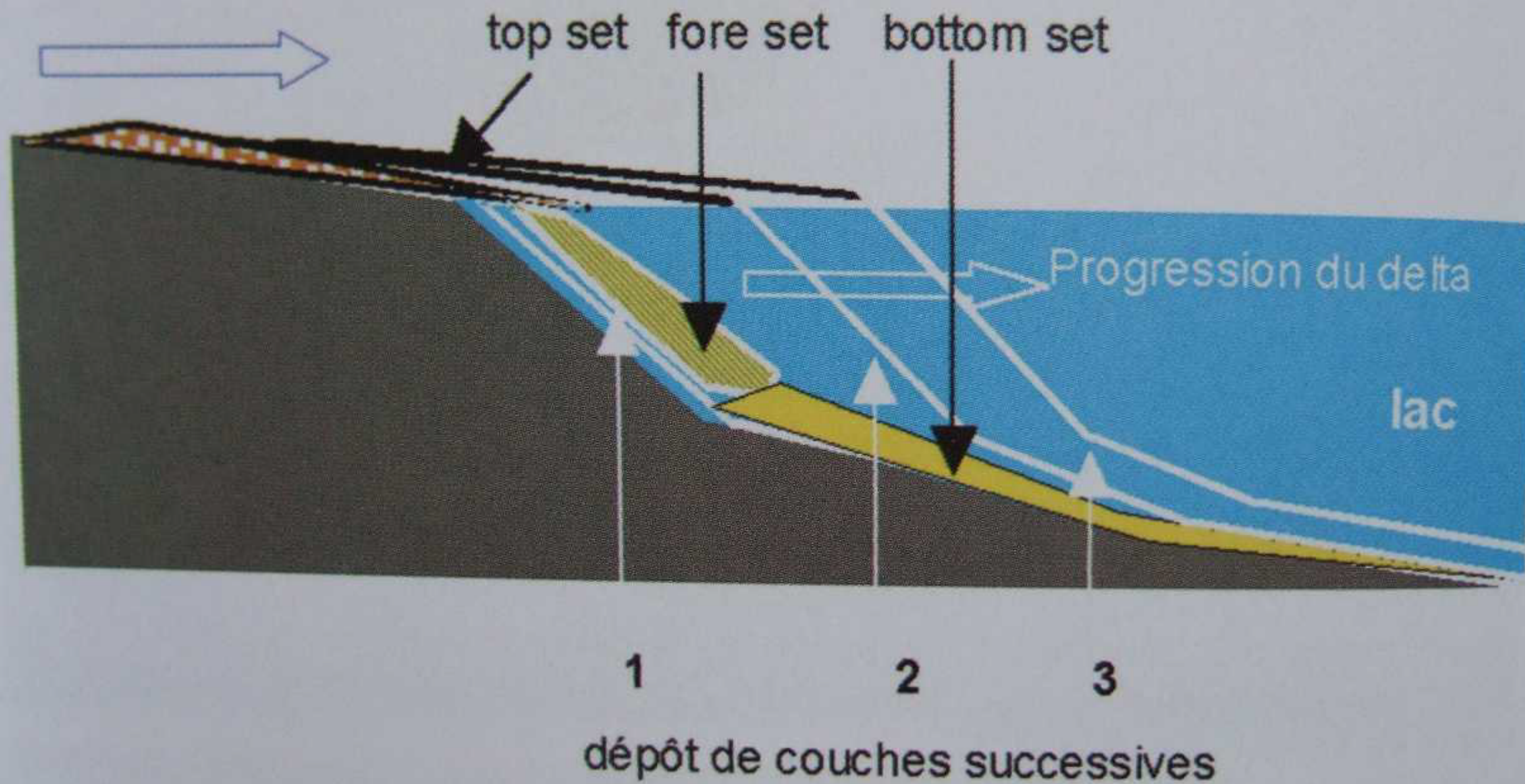


Matériaux d'une terrasse de kame. Butte du Hellet, près de Remiremont, en exploitation en 1978. Hauteur visible: 15 m.



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.



Couches d'un delta lacustre.



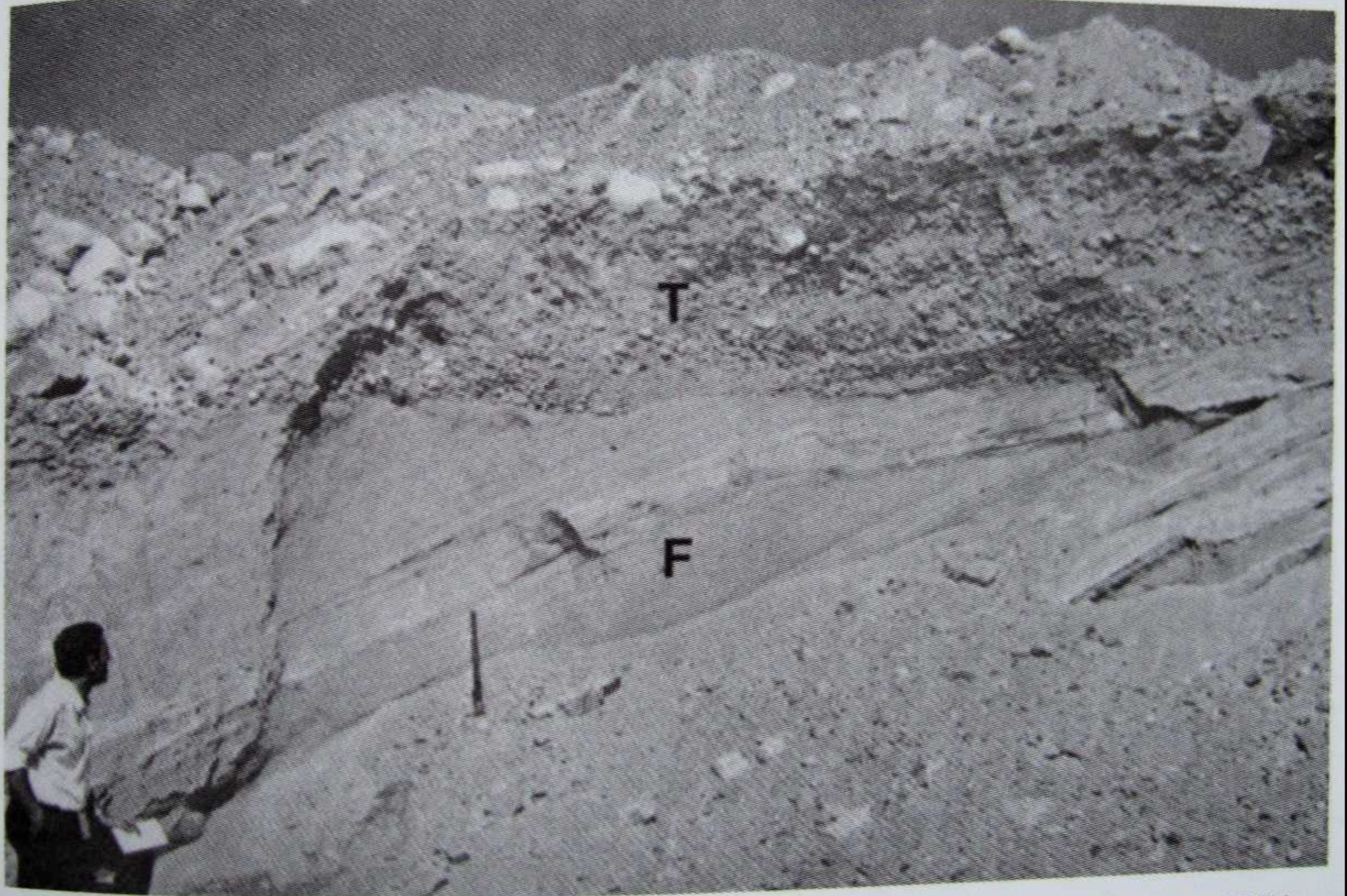
Drumlins dans le «pays des Mille Étangs» aux environs d'Esmoulières. Un glacier a recouvert ce plateau, façonnant ces collines étroites et allongées en partie dans la moraine, mais surtout dans la roche granitique, présente et très proche sous la prairie. Dans le champ au premier plan, les petits éclats et morceaux de granite sont plus nombreux que les galets et cailloux roulés ou émoussés de la moraine.



Lits de front **F** (fore set beds) dans le delta de Housseramont, vallée de la Cleurie.



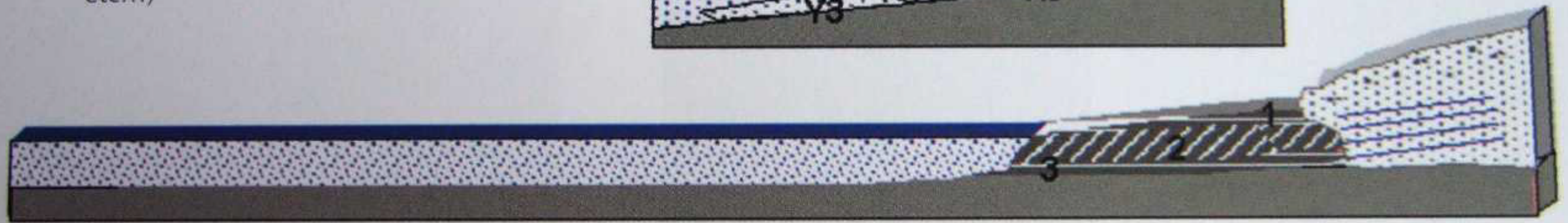
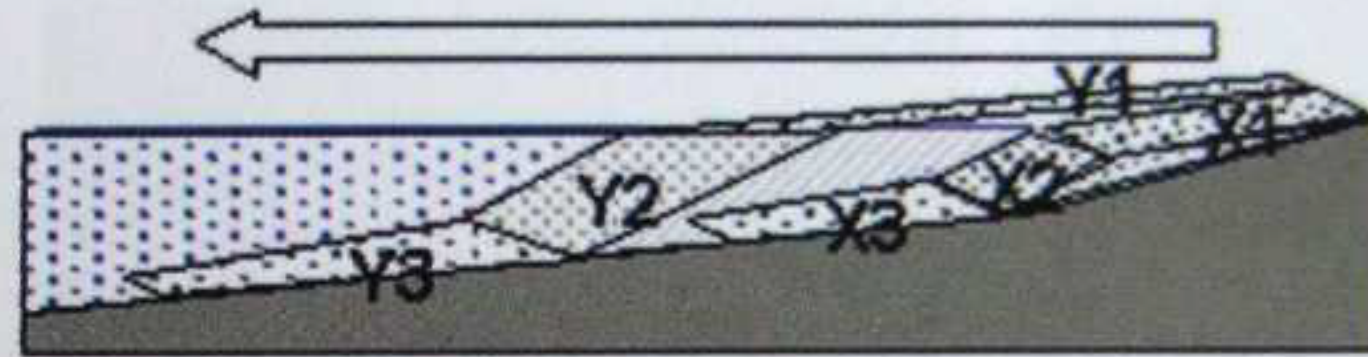
Moraine **M** et delta **D** du bout du lac, Gérardmer.



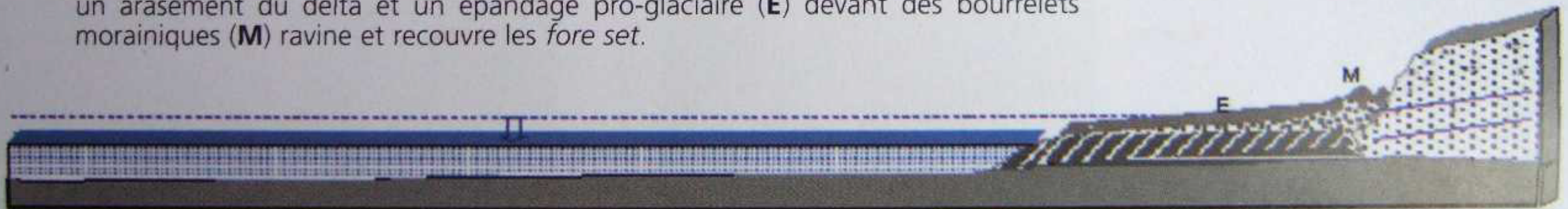
Lits du dessus **T** (top set) et lits de front **F** (fore set) dans le delta du Beillard en 1971.

1. Accumulation des débris à l'arrivée du glacier dans un lac.

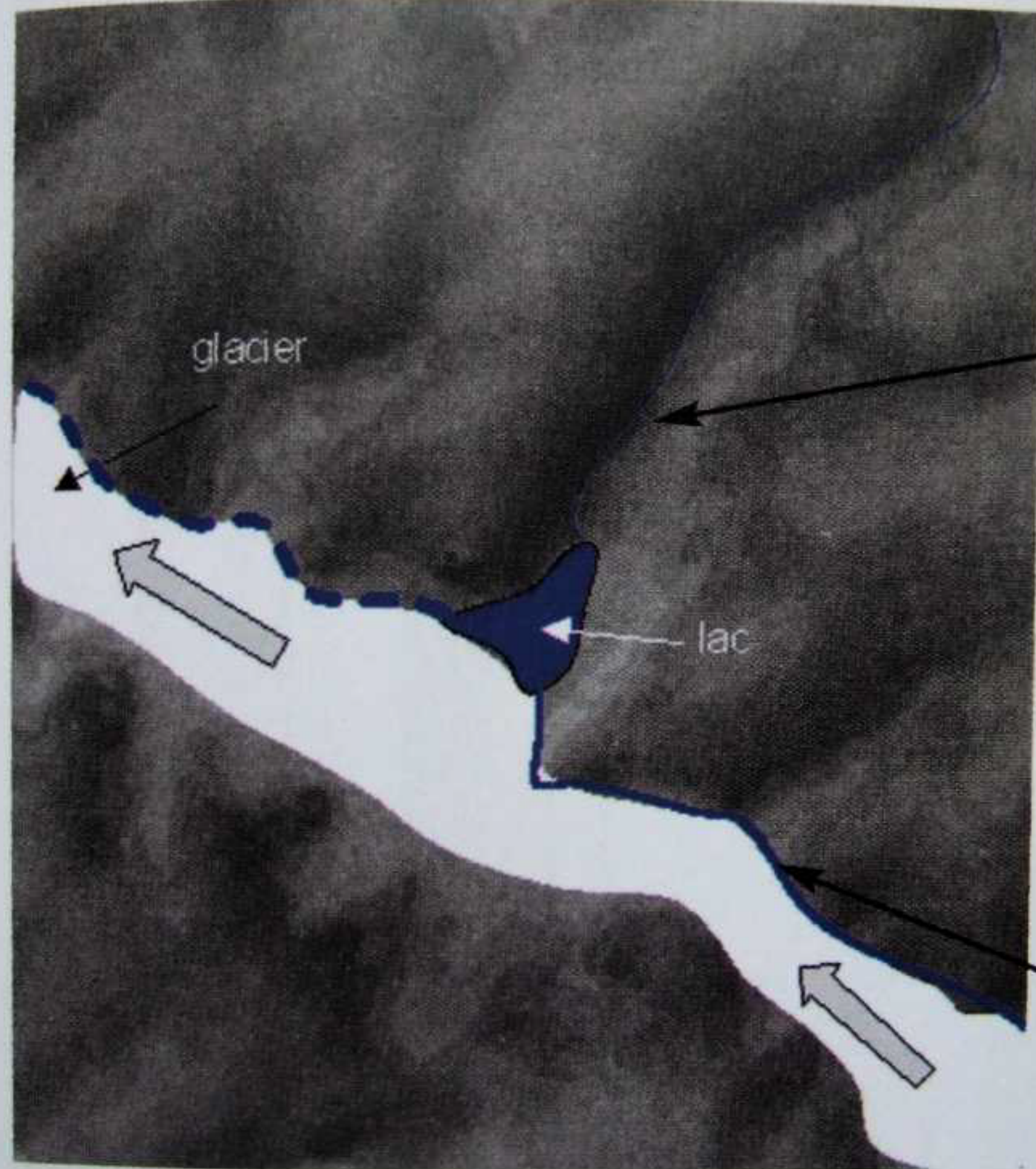
Les débris étalés par les eaux pro-glaciaire (**X1**), les *top set beds* (**1**), sont brusquement freinés et constituent une couche de front fortement inclinée, 15° à 30° , les *fore set beds* (**2**) prolongés par les sédiments fins tombés plus loin les couches de fond, *bottom set beds* (**3**). Le delta progresse par arrivées successives (**X**, **Y** etc...)



2. L'abaissement du niveau du lac (cas du paleo-lac du Beillard) peut provoquer un arasement du delta et un épandage pro-glaciaire (**E**) devant des bourrelets morainiques (**M**) ravine et recouvre les *fore set*.



Formation d'un delta lacustre. Ravinement des *fore set* par les *top set*.



glacier

lac

Vallée affluente.
Le bas de cette
vallée non
englacée est
obturé par une
dilatation laté-
rale du glacier.

eaux
juxta-glaciaires

Obturation glaciaire latérale.



Le cône pro-glaciaire d'Eloyes en 1850, vue vers l'amont. Le cône s'étale devant moraine frontale peinte en rouge à l'arrière plan. À cette date, le cône n'est ni occupé ni bâti. Aquarelle de Henri Hogard.

moraine terminale

cône pro-glaciaire



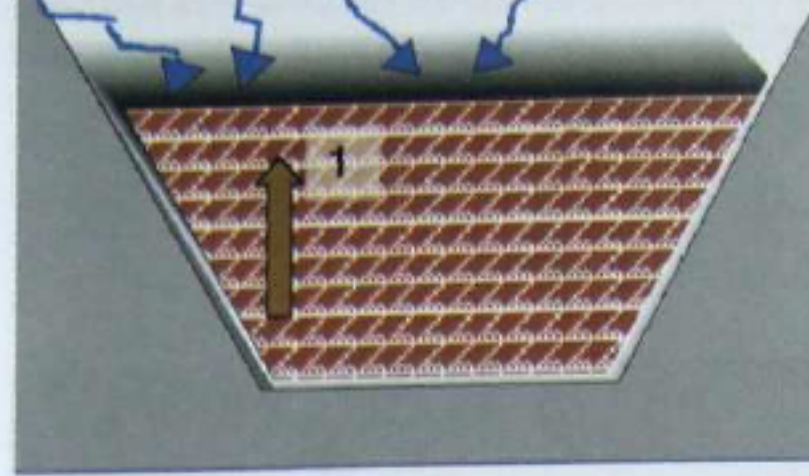
Vue sur le cône pro-glaciaire d'Eloyes en 2001. Le cône occupe presque toute la largeur de la vallée, il est en pente relativement accusée, mais très régulière, d'où son nom de « plaine » d'Eloyes. Il a été progressivement bâti, et est devenu une zone artisanale et industrielle.



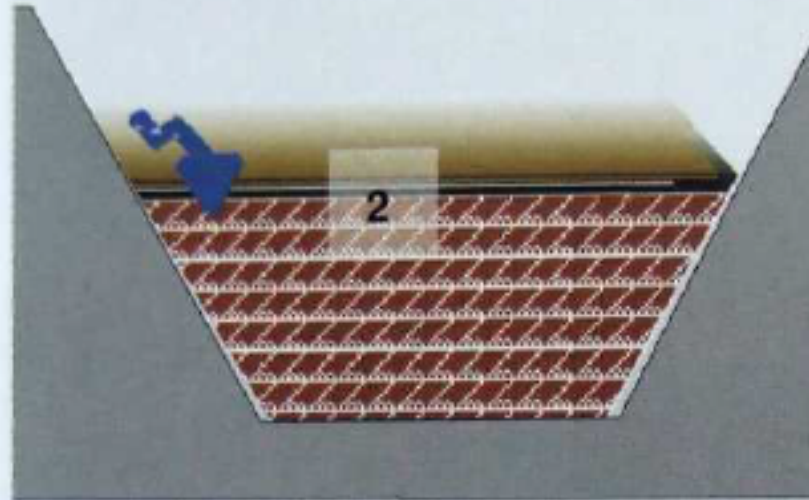
La terrasse moyenne à Archettes, en rive droite de la vallée de la Moselle. Longues couches planes du cône pro-glaciaire de l'avant-dernière glaciation. Coloration rouge assez prononcée due à la présence de sables du grès vosgien.



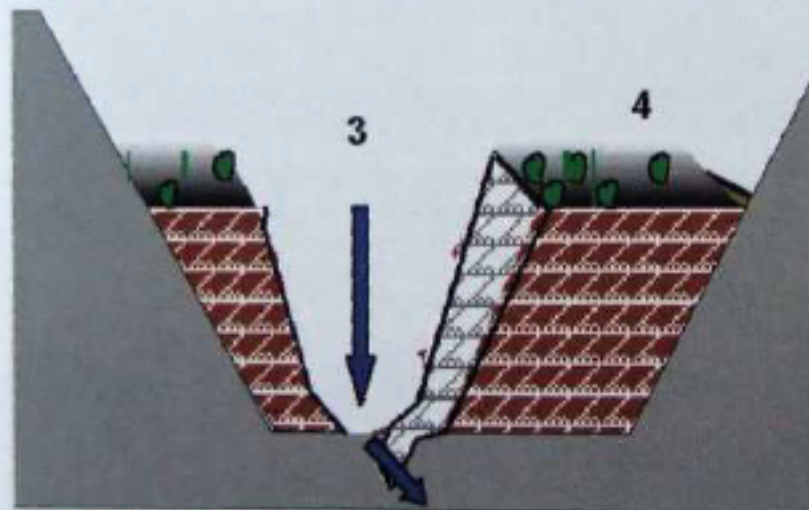
La terrasse moyenne à Golbey, en rive gauche de la Moselle. Le loess et les paléosols ont été décapés par l'exploitant. La reconstitution des événements et environnements successifs est illustrée par la figure suivante.



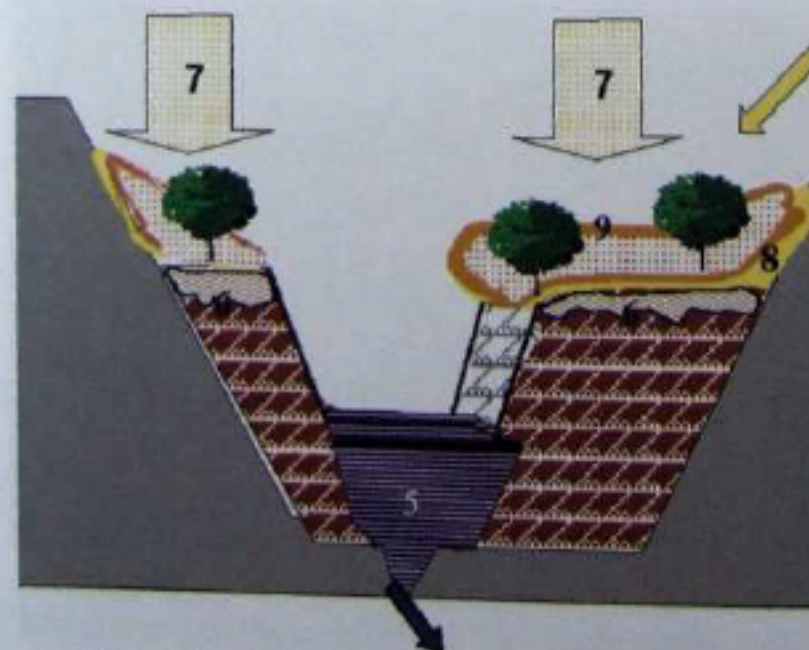
Avant-dernière glaciation (avant-dernière glaciation): beaucoup de débris sont entraînés autour, sur et dans le glacier; au printemps, la crue entraîne sables et galets; à la décrue d'automne et d'hiver, les dépôts sont plus fins, mais sont en partie érodés à la crue suivante. Progressivement s'accumulent de bas en haut des matériaux de plus en plus grossiers (1) jusqu'au maximum glaciaire.



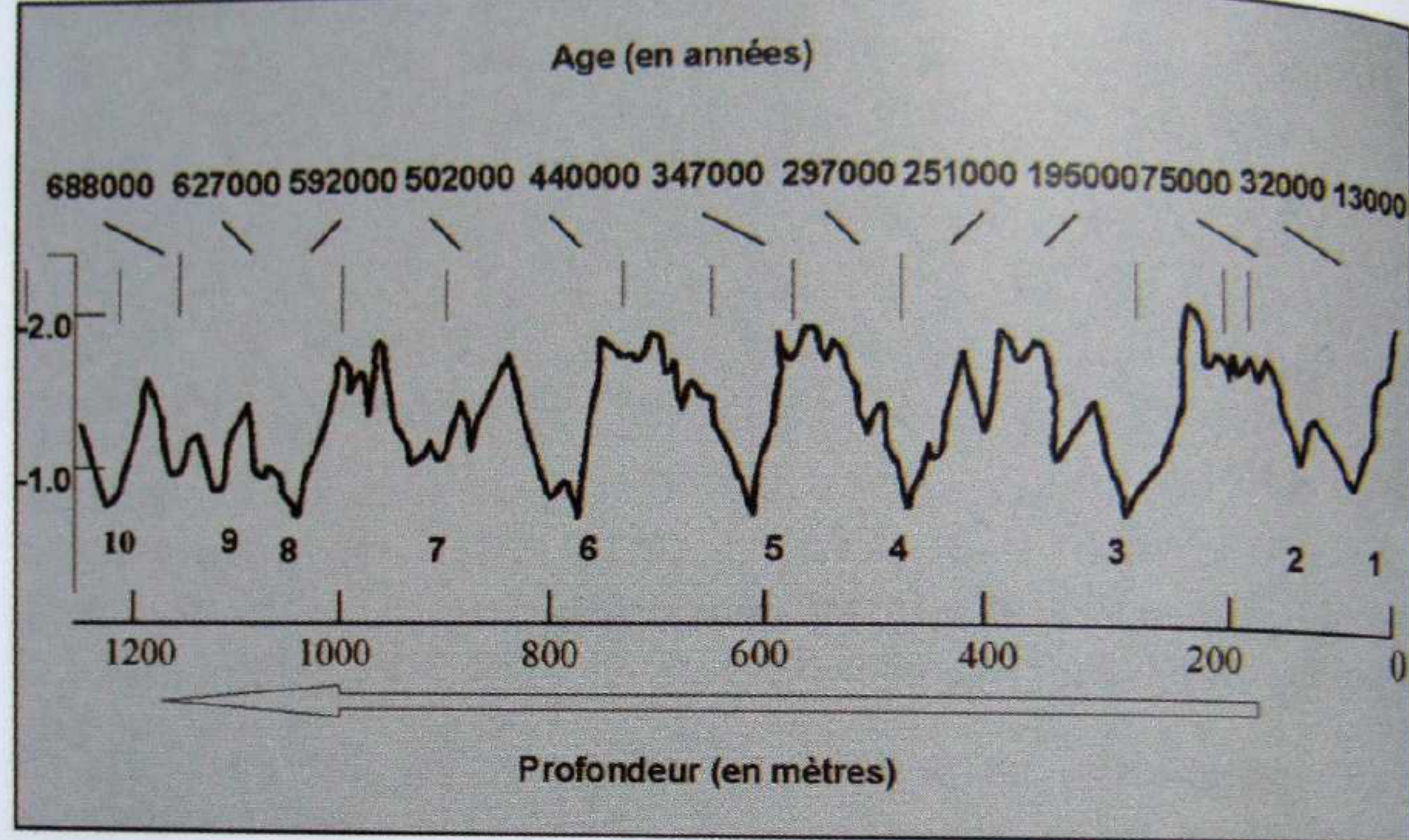
Régression rapide du glacier: les apports diminuent considérablement, les dépôts sont plus fins (2), l'incision commence.



Fin de la glaciation: retour à un climat plus chaud (interglaciaire). La rivière a moins de débris à transporter, son énergie est consacrée surtout à inciser un nouveau lit (3) dans les alluvions fluvio-glaciaires, puis dans la roche au fond de la vallée antérieure. La végétation s'installe sur la nappe devenue une terrasse par l'incision (4). Les restes végétaux sont datés de plus de 40 000 ans par ^{14}C .



Dernière glaciation: nouvelle nappe de débris, ailleurs, ou emboîtée dans la précédente (5). Sur la terrasse; le gel déforme le sol interglaciaire (6), puis un loess (7) se dépose dans lequel le gel marque son empreinte (figures de gel) (8). Fin de la glaciation et retour à des conditions tempérées: formation d'un sol de milieu humide (9).



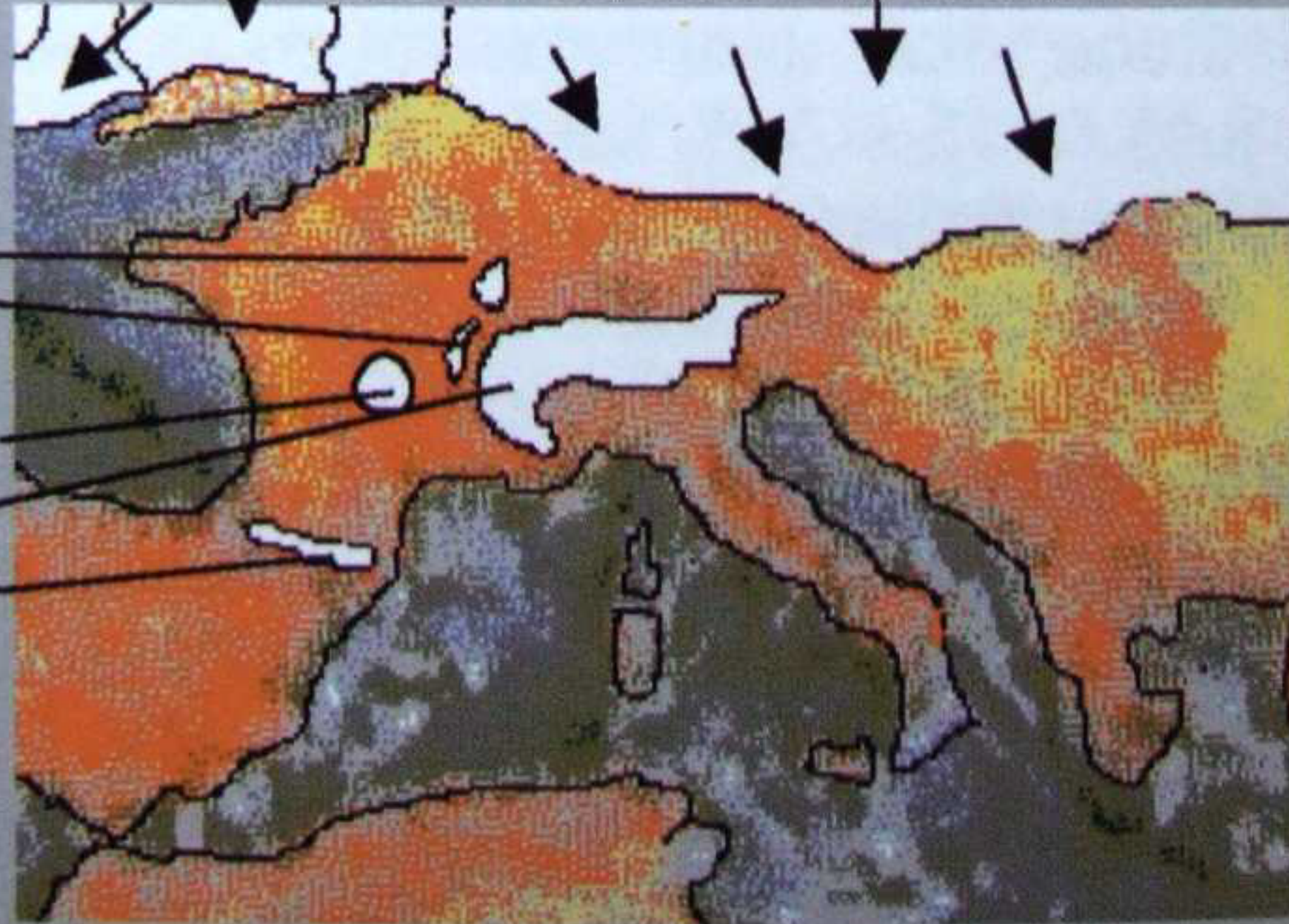
Courbes indiquant les variations, en fonction de la profondeur, du rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dans une espèce de foraminifère planctonique (*Globigerinoides sacculifer*) dans les carottes d'un forage effectué dans l'océan Pacifique sous l'Équateur. Ce rapport varie entre -1 et -2. La courbe 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.

Calotte glaciaire
britannique

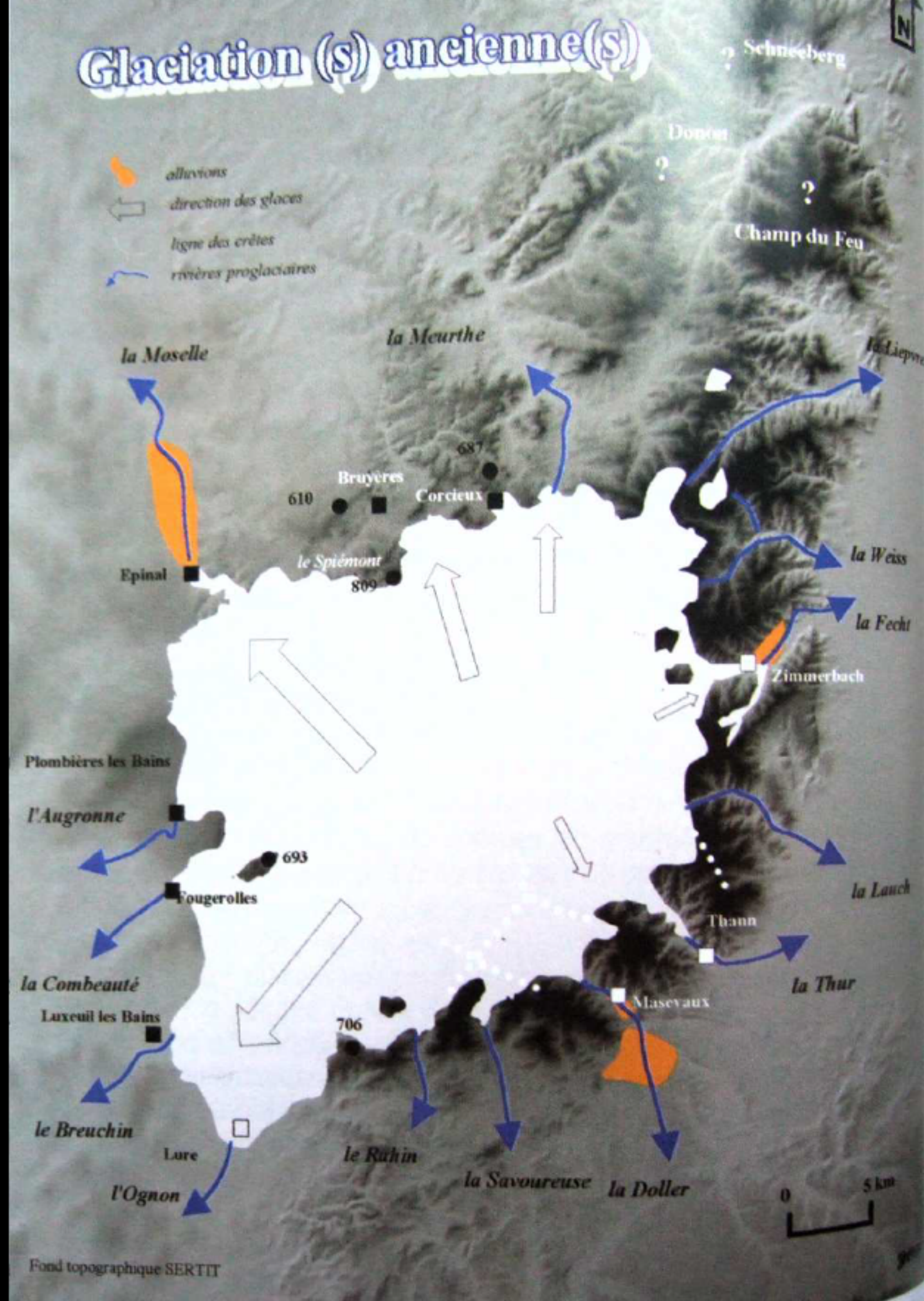
Inlandsis scandinave

Vosges
Jura
Massif Central
Alpes
Pyrénées



Calottes glaciaires des Alpes, des Pyrénées, du Massif Central, des Vosges, du Jura, au cours de leur extension maximum.

Glaciation (s) ancienne(s)



Avant-dernière glaciation

[extension maximum]

- Moraine terminale
- Alluvions proglaciaires
- Direction des glaces
- Ligne des crêtes



Dernière glaciation

[extension maximum]

-  moraine terminale
-  alluvions proglaciaires
-  glacier de cirque et de vallée
-  direction des glaces





Le cirque et le lac de Blanche en 2001. Sur la photographie prise de la route des crêtes, la moraine est cachée sous les arbres.