

BANQUE D'ÉPREUVES G2E

GEOLOGIE

Durée : 3 heures

Les calculatrices ne sont pas autorisées pour cette épreuve.

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est strictement interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas.

1. ANYTHING FLOWS* (Vernon, 2000)

(* Tout s'écoule)

La notion d'écoulement est classiquement associée à celle de fluide. L'idée que les roches puissent s'écouler - on peut dire aussi fluer - est moins courante, et peut même sembler paradoxale ; le "plancher des vaches" n'est-il pas réputé pour sa solidité et son indéformabilité ? On se propose dans les questions suivantes d'explorer les conditions qui rendent possible l'écoulement des roches.

La rhéologie est l'étude du comportement des matériaux, plus précisément des relations existant entre les contraintes appliquées et la déformation (ou la vitesse de déformation). On appelle résistance σ (parfois simplement, mais un peu abusivement, "contrainte") la contrainte maximale que peut supporter un matériau sans se déformer, que ce soit de manière cassante (il y a rupture) ou non. Cette contrainte peut-être cisailante, en traction ou en compression. Dans ce dernier cas, fréquent en géologie et dans les études expérimentales, elle s'exprime souvent par la différence ($\sigma_1 - \sigma_3$) : c'est la contrainte différentielle, aussi appelée contrainte tectonique car, dans la nature, son origine est le plus souvent (mais pas toujours...) tectonique.

1.1. Définitions préliminaires (3 pts)

On distingue classiquement, en rhéologie, trois types de comportement : l'*élasticité* ; la *plasticité* ; la *viscosité*. Définissez précisément ces termes, et représentez schématiquement ces comportements dans des diagrammes [résistance (= contrainte différentielle) en fonction de la déformation] et/ou [résistance en fonction de la vitesse de déformation] .

Définissez également les termes suivants : *cassant* ; *fragile* ; *ductile* ; *écoulement*.

1.2. (3 pts) Un certain nombre de résultats expérimentaux relatifs au comportement des roches sont présentés sur la figure 1 (p. 3). En vous appuyant explicitement sur ces documents, dégagez le rôle de chacun des paramètres étudiés en ce qui concerne l'aptitude des roches à s'écouler.

1.3. (2 pts) La figure 2 (p. 4 et légende ci-dessous) présente quelques photographies attestant de la réalité de l'écoulement des roches. En vous appuyant explicitement sur ces documents, sur les résultats précédents et sur vos connaissances, indiquez dans quels environnements géologiques et dans quelles circonstances ce comportement intervient dans la nature.

1.4. (2 pts) Concluez en dégageant l'importance majeure de l'écoulement des roches dans la dynamique terrestre. Pour illustrer cette conclusion, vous construirez un diagramme montrant l'évolution de la résistance des roches jusqu'à 200 km de profondeur environ.

Légende de la Figure 2

- 2A. Écume à la surface d'un torrent de montagne...

- 2B. Filonnet de quartz dans un gneiss biotitique sombre, Alpes internes. Température de déformation : $\leq 600^{\circ}\text{C}$.
- 2C. Aplite (sorte de leucogranite à grain très fin) dans un gneiss biotitique migmatitique, Alpes internes. Température de déformation : $\leq 700^{\circ}\text{C}$.
- 2D. Lherzolite, étang de Lherz (Ariège). La roche présente un rubanement, avec des lits clairs, essentiellement formés d'olivine, et des lits plus sombres, riches en spinelle et pyroxène.
- 2E. Gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). L'échantillon provient de la semelle de la nappe de Digne, près de Barles (Alpes de Haute-Provence). Température de déformation : environ 100°C .
- 2F. Rhyolite d'Eftermaten, Carbonifère supérieur, Vosges du Nord. Les sphérolites (petites structures sphériques dont on voit les sections circulaires) résultent de la dévitrification du verre de la lave.
- 2G et 2H. Marno-calcaires, Crétacé inférieur, Drôme. Dans ces séries par ailleurs très peu déformées, on note parfois des lits où la stratification est totalement désorganisée (bas de 2G), et où les calcaires présentent des formes bizarres et complexes (2H).

2. LES GLACIERS

Pour cette partie, vous utiliserez au mieux les photographies des figures 3 et 4 (pp. 5 et 6, légendes ci-dessous).

2.1. (2 pts) La figure 3D représente la coupe schématique d'un glacier. Recopiez la figure 3D dans votre copie et légendez-la soigneusement. Où peut-on observer de tels glaciers ?

2.2. (3 pts) À partir des documents de la figure 3, décrivez la dynamique de la glace et des glaciers.

2.3. (3 pts) La figure 4B est la carte topographique d'une partie de la région du Piémont, en Italie du Nord. Faites une analyse géomorphologique de cette carte. Vous illustrerez votre réponse avec un schéma cartographique interprétatif.

2.4. (2 pts) Quel est l'intérêt de l'étude des glaciers pour la compréhension des climats et des paléoclimats, et de leurs évolutions ?

Légende de la figure 3

- 3A. Glacier de Malaspina, Sud-Est de l'Alaska. Cet immense glacier de piémont, qui couvre près de 4000 km^2 , est formé par la confluence de nombreux glaciers de type alpin descendant des St Elias Mountains (5488 m). Très rapides (de l'ordre de 100 m/an), ces glaciers sont l'objet de "crues" exceptionnelles pendant lesquelles la vitesse dépasse 5 m/jour .
- 3B. Partie amont de la Mer de Glace, massif du Mont-Blanc (Haute-Savoie) ; au fond, le glacier du Géant ; à gauche, le glacier de Leschaux. Les "ogives", bien visibles, sont des bourrelets de glace qui se forment, chaque été, au pied des chutes de séracs, c'est-à-dire aux endroits où la pente du glacier diminue brusquement.
- 3C. Séracs de l'aval du glacier du Géant, massif du Mont-Blanc (Haute-Savoie) ; au fond, la Tour-Ronde (3792 m). Dans les glaciers, même aux endroits les plus crevassés, les crevasses ne dépassent pratiquement jamais 50 m de profondeur : elles se ferment vers le bas.

Légende de la figure 4

- 4C. Glaciers, Île de Baffin, Territoires du Nord-Ouest, Canada (Surface : env. $15 \times 20 \text{ km}$). À gauche du cliché, la zone proglaciaire (zone d'écoulement des eaux de fonte des glaciers).
- 4D et 4E. La mer de Glace, dans le massif du Mont-Blanc (Haute-Savoie), vue de la gare du Montenvers, en 1916 (4D) et en 2001 (4E).

Source des documents. 2A : Vernon, *Beneath our Feet : the Rocks of Planet Earth*, Cambridge U. P., 2000, p. 26. 3A : U.S. Geological Survey, in Smith, *La Terre*, Armand Colin, 1985, p. 188. 3B : Dardelet & Bornecque, *Les Alpes vues du ciel*, Studio Dardelet, 2001. 3C : Shirakawa et Wyss, *Majesté des Alpes*, Bibliothèque des Arts, 1973, p. 16. 4C : Geological Survey of Canada, in Hamblin, *The Earth's Dynamic Systems*, 1985, p. 252. 4D et 4E : *La Recherche*, dossier n° 17, novembre 2004.

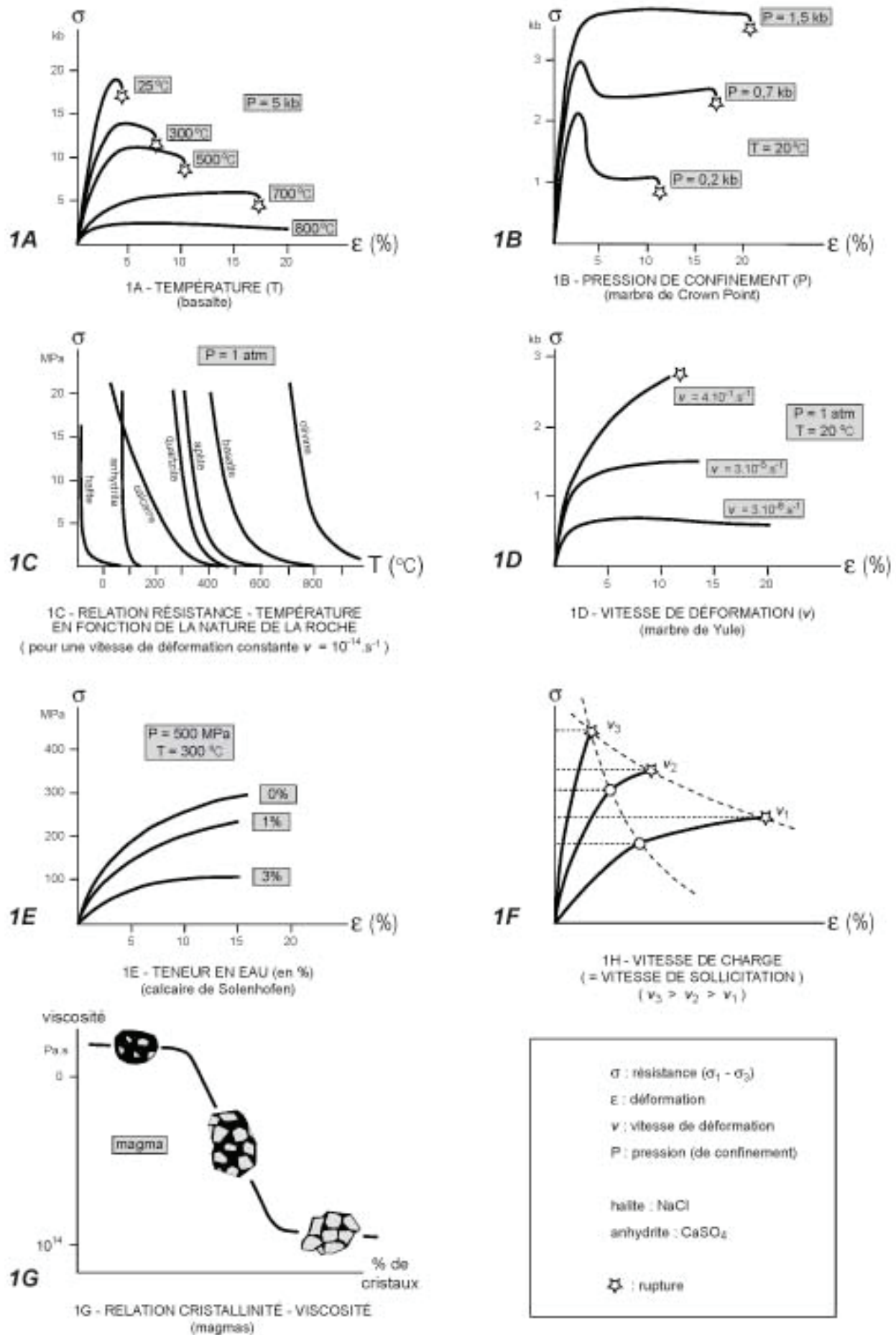


Fig. 1 — Résultats expérimentaux concernant l'influence de divers paramètres sur le comportement des roches

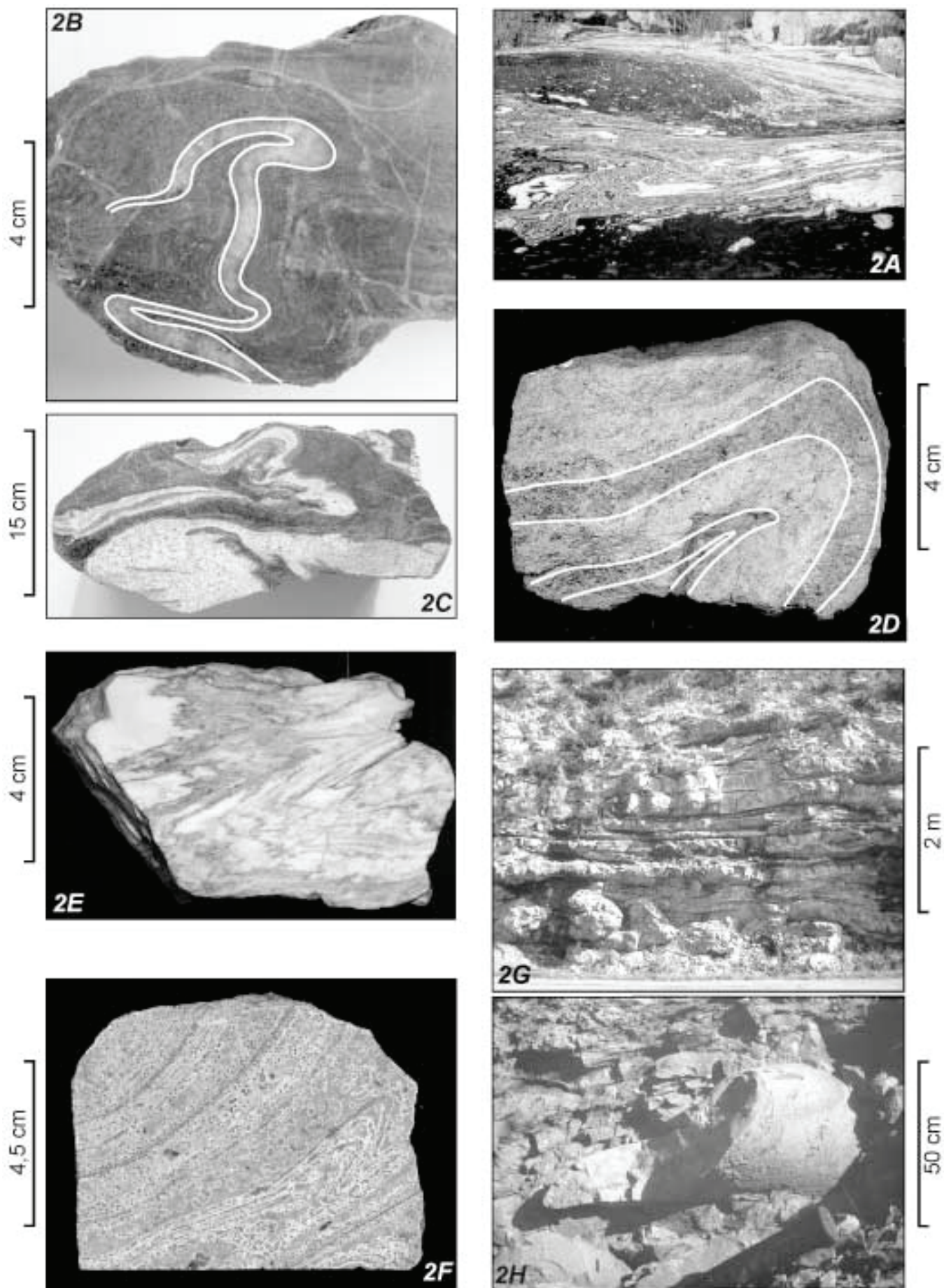


Fig. 2 — Quelques figures d'écoulement...

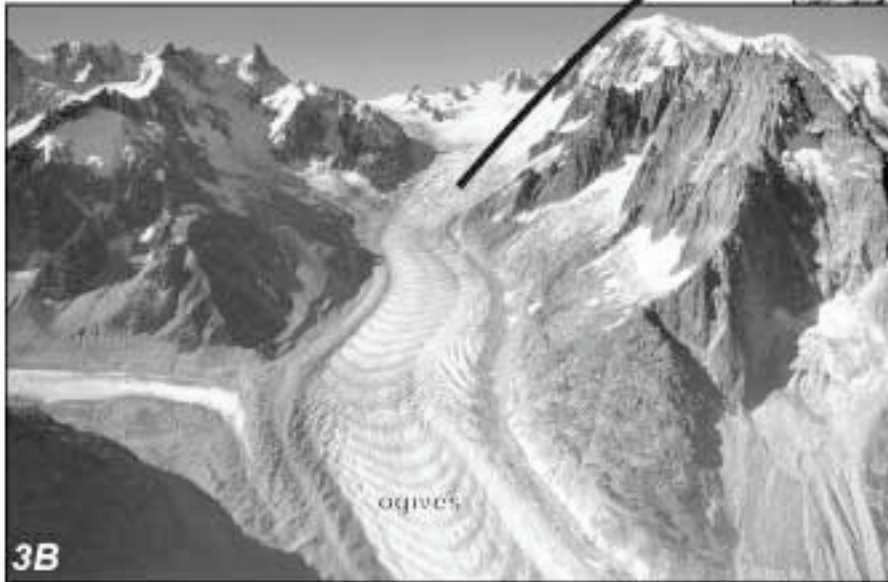


Fig. 3 — Les glaciers (1)

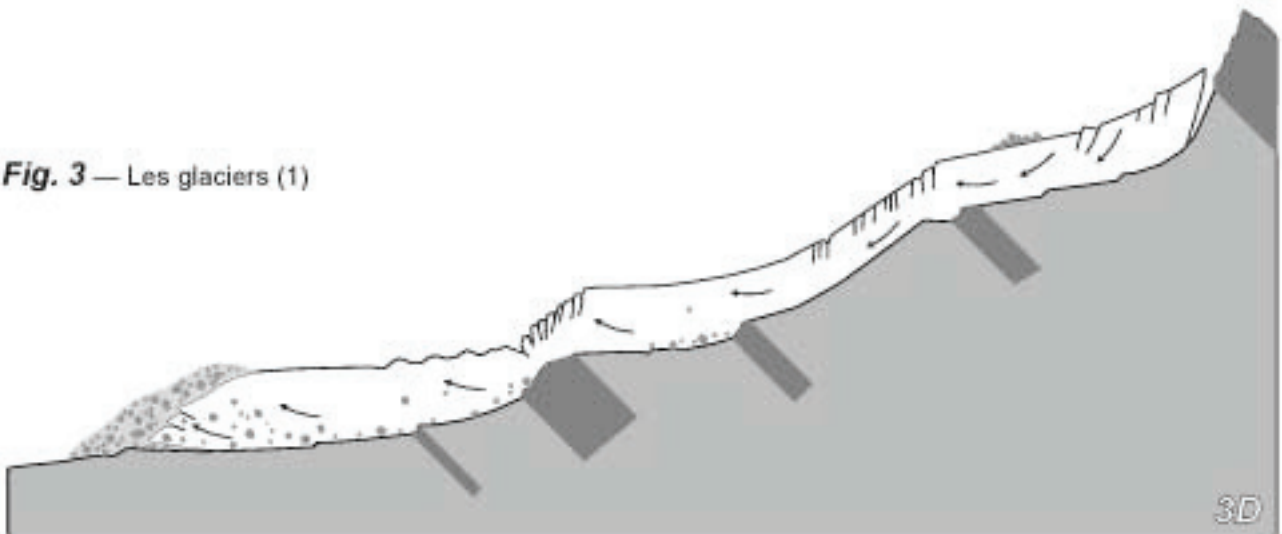
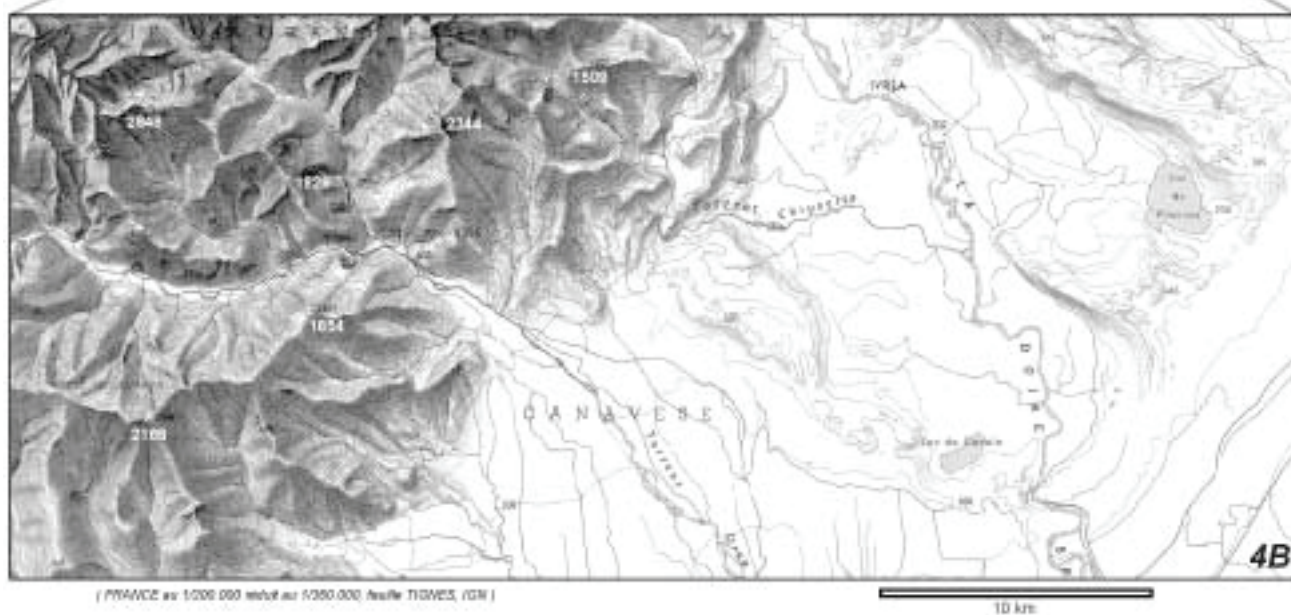
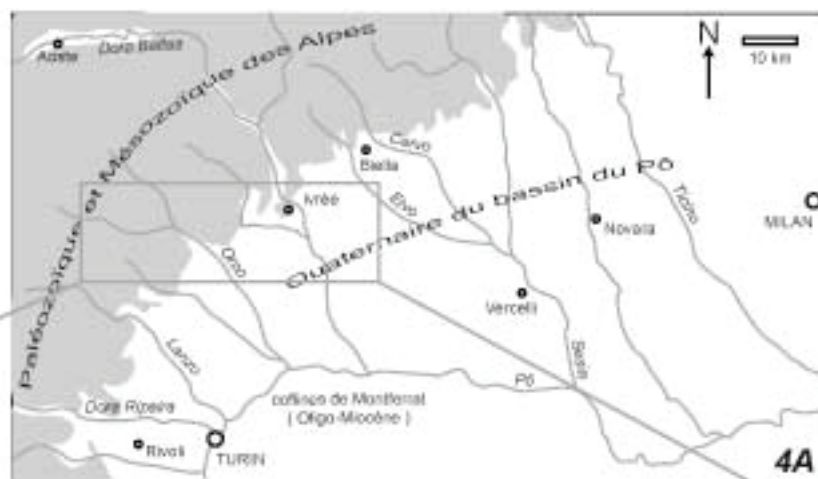


Fig. 4 — Les glaciers (2)



(PNAWC au 1:200 000 rebu au 1:350 000 feuille TIGRES, IGN)

