

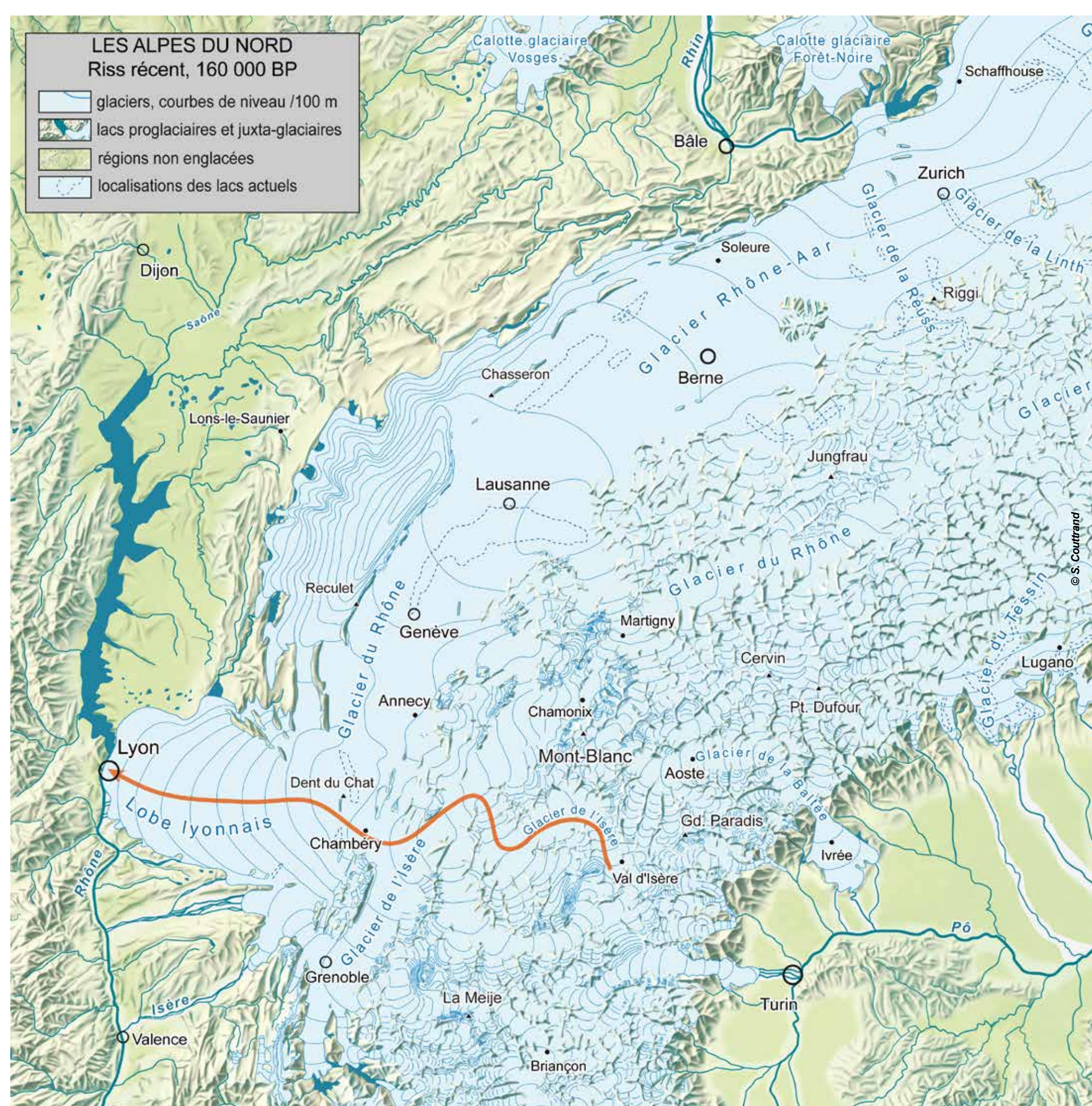
## LES BLOCS ERRATIQUES À L'ORIGINE DE LA THÉORIE DES GLACIATIONS

Dès le début du XIXe siècle les scientifiques prirent conscience que des blocs erratiques (du latin : erraticos = qui erre) de composition souvent très différente des roches sur lesquelles ils reposent, marquaient les avancées d'anciens glaciers. Ces blocs, transportés par des glaciers sur des distances souvent considérables, peuvent être de taille très imposante, jusqu'à 2000 m<sup>3</sup>. Leur composition prouve leur origine, par exemple :

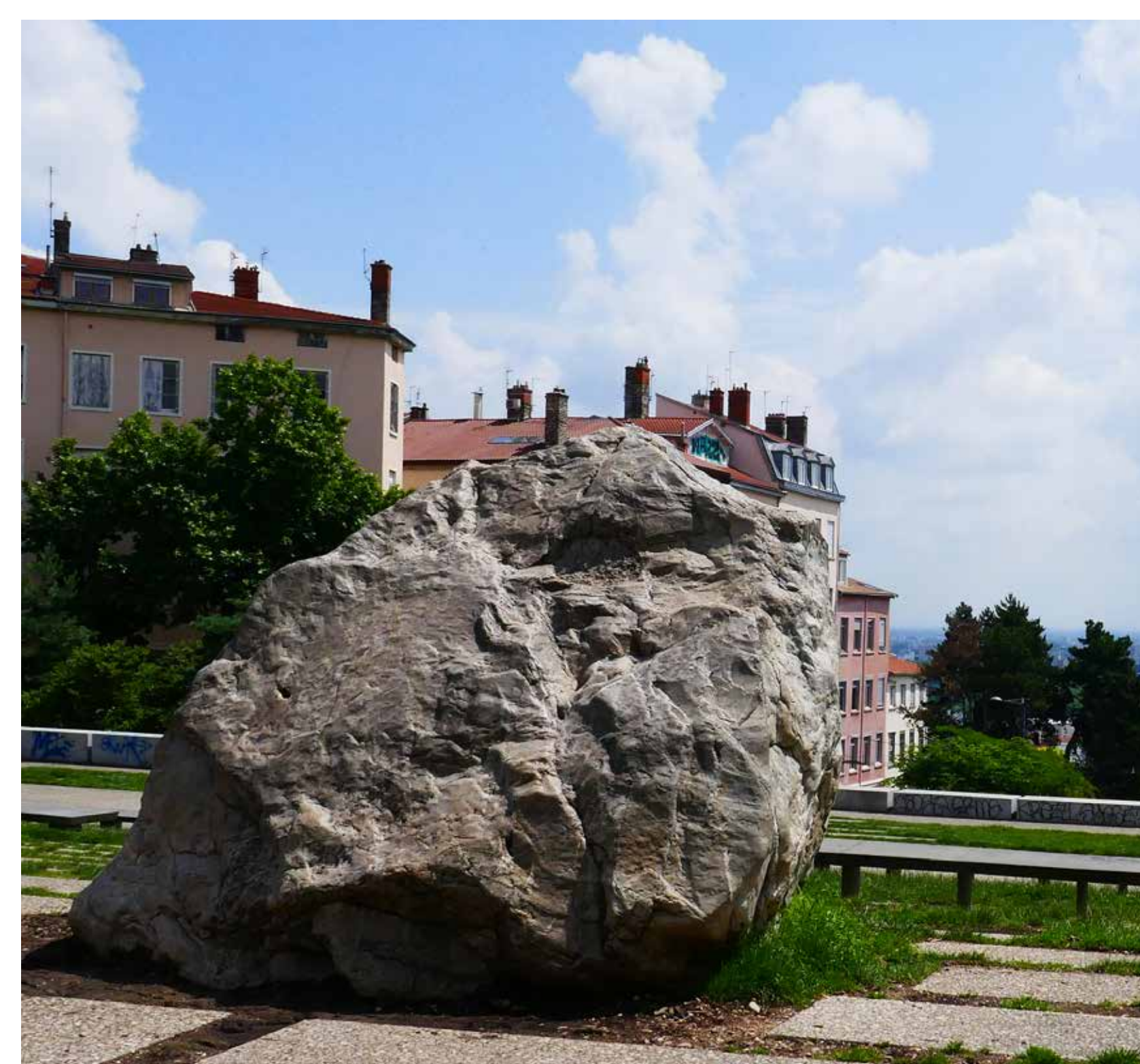
- sur les flancs du Jura, les accumulations de blocs de granite du Mont-Blanc (la Matoulaz à 1 100 m) au-dessus du Lac de Neuchâtel (Suisse),
- la Pierre Brune de Rancé, volumineux bloc de granite du Mont-Blanc, près de Trévoux dans la Dombes,
- le célèbre bloc erratique de la place du Gros Caillou à la Croix Rousse, à Lyon, marquent l'extension des glaciers de la période géologique du Quaternaire.

## LES BLOCS ERRATIQUES : MARQUEURS DES COURANTS GLACIAIRES

Les travaux scientifiques récents (Coutterand, 2010) apportent une interprétation nouvelle de l'organisation du réseau glaciaire dans les Alpes nord occidentales. Cette étude montre que la totalité des glaces du lobe du piémont lyonnais provenait des zones d'accumulation de la partie interne des Alpes du Nord françaises (du sud du massif du Mont-Blanc, du Beaufortain, de la Tarentaise, d'une partie de la Maurienne, et non de la zone d'accumulation du glacier du Rhône en Suisse).



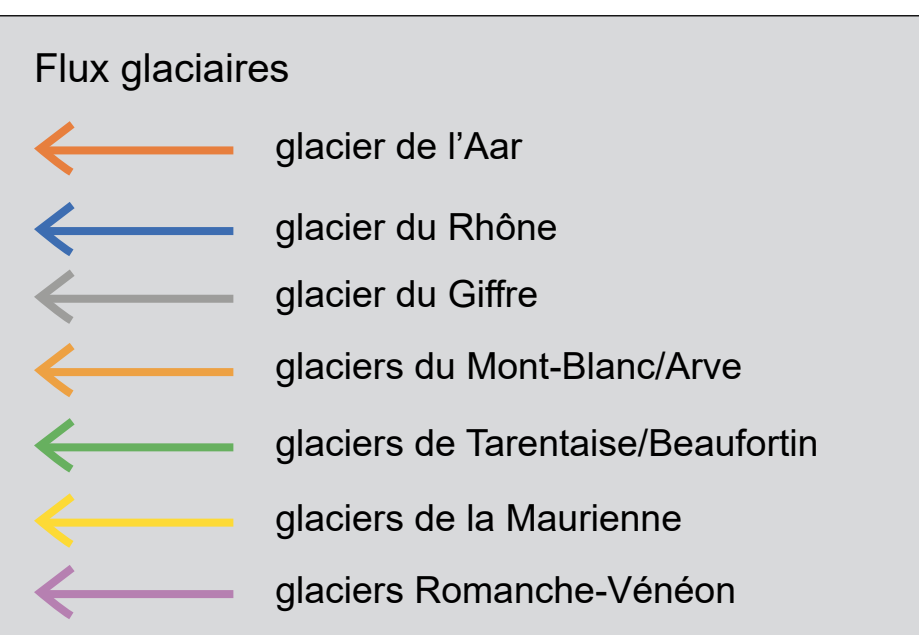
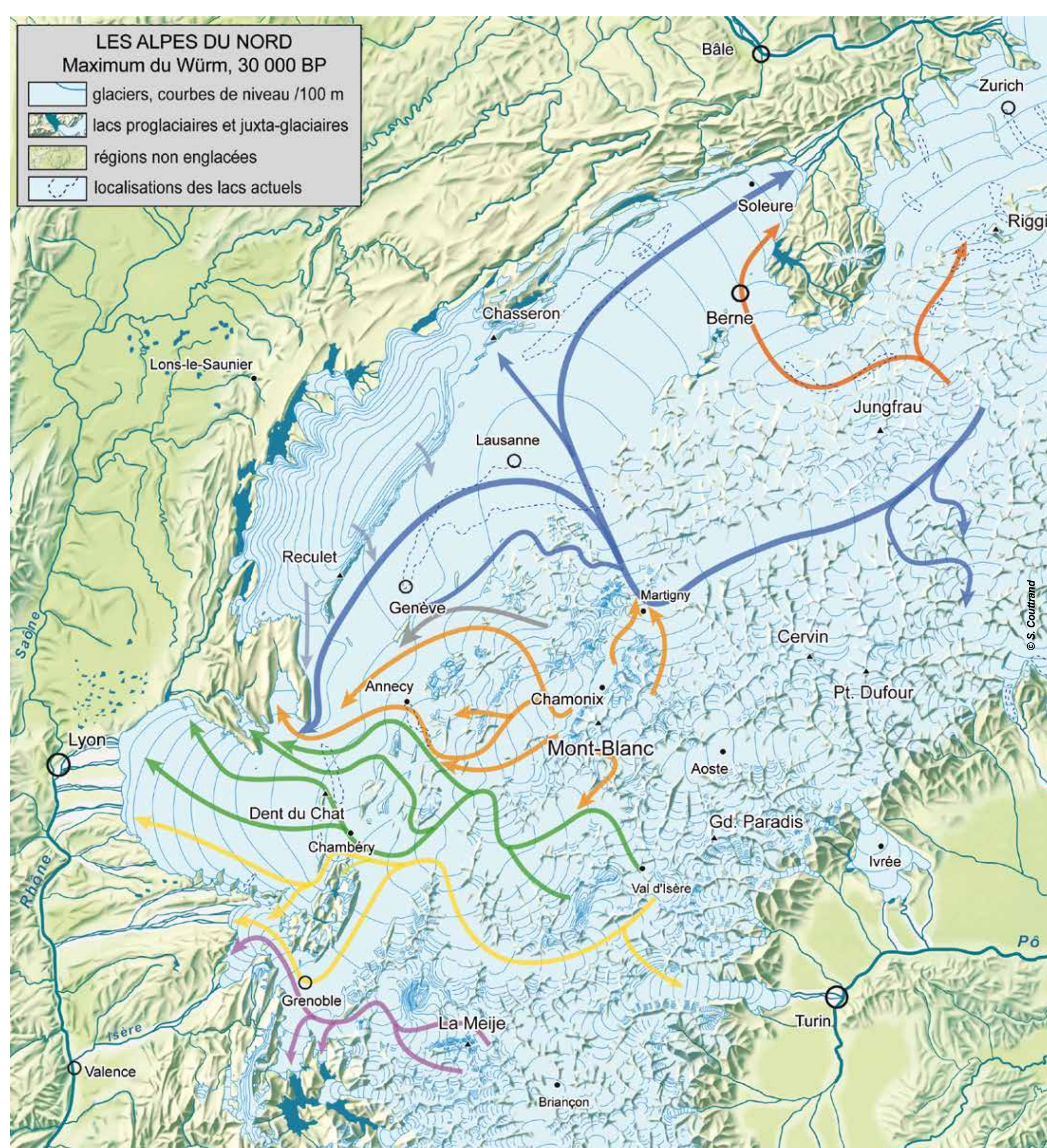
Le bloc erratique (quartzite triasique) de la place du gros Cailloux à la Croix Rousse provient du massif de la Vanoise.



Le gros Cailloux à la Croix Rousse à Lyon.



La Pierre à Dzo à Monthey (Valais).



Cartographie des flux glaciaires au maximum würmien, l'analyse de la nature (pétrographie) des blocs erratiques, permet d'identifier les bassins-versants et les unités géologiques dont ils sont issus et ainsi de reconstituer leurs parcours glaciaires.

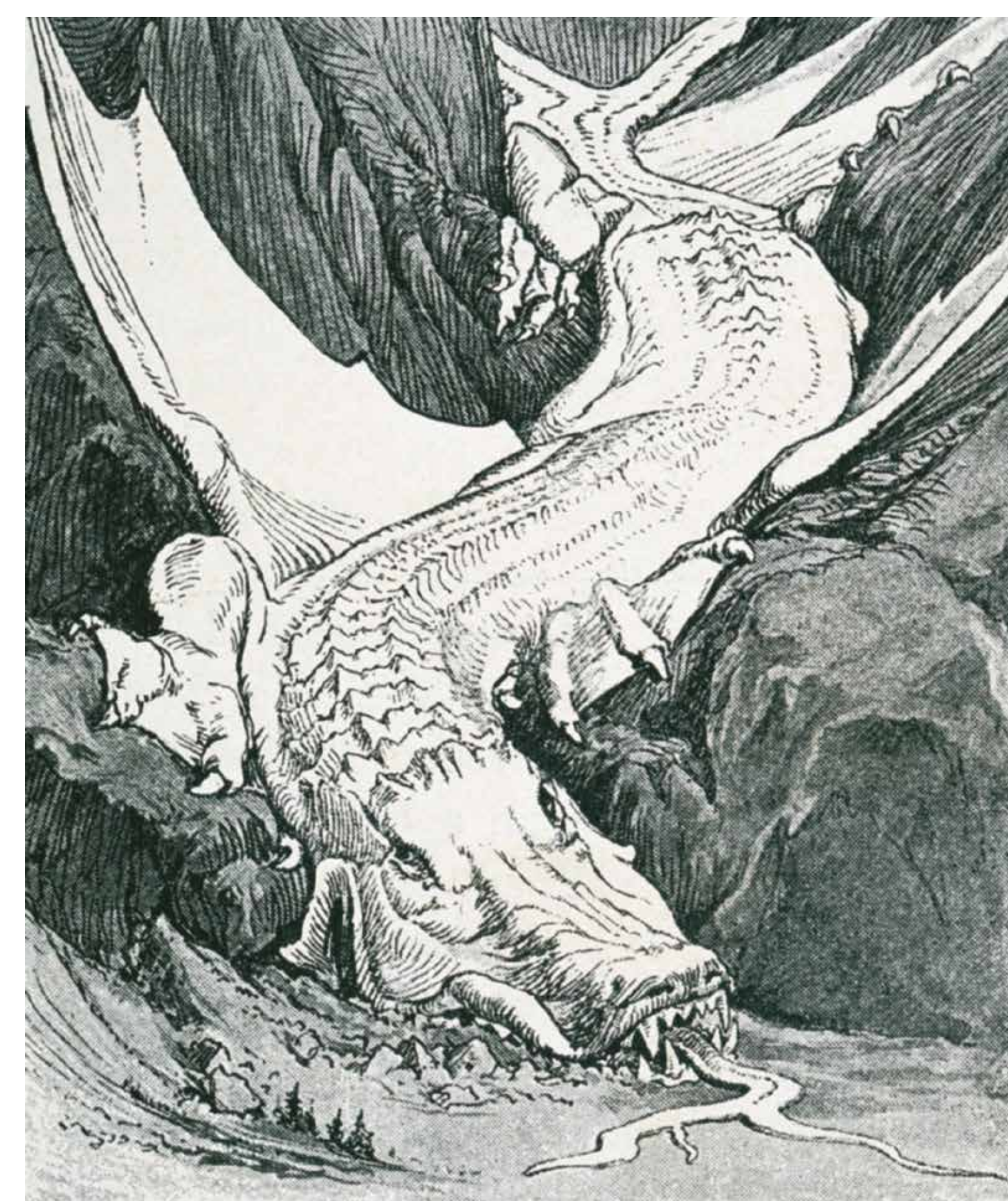
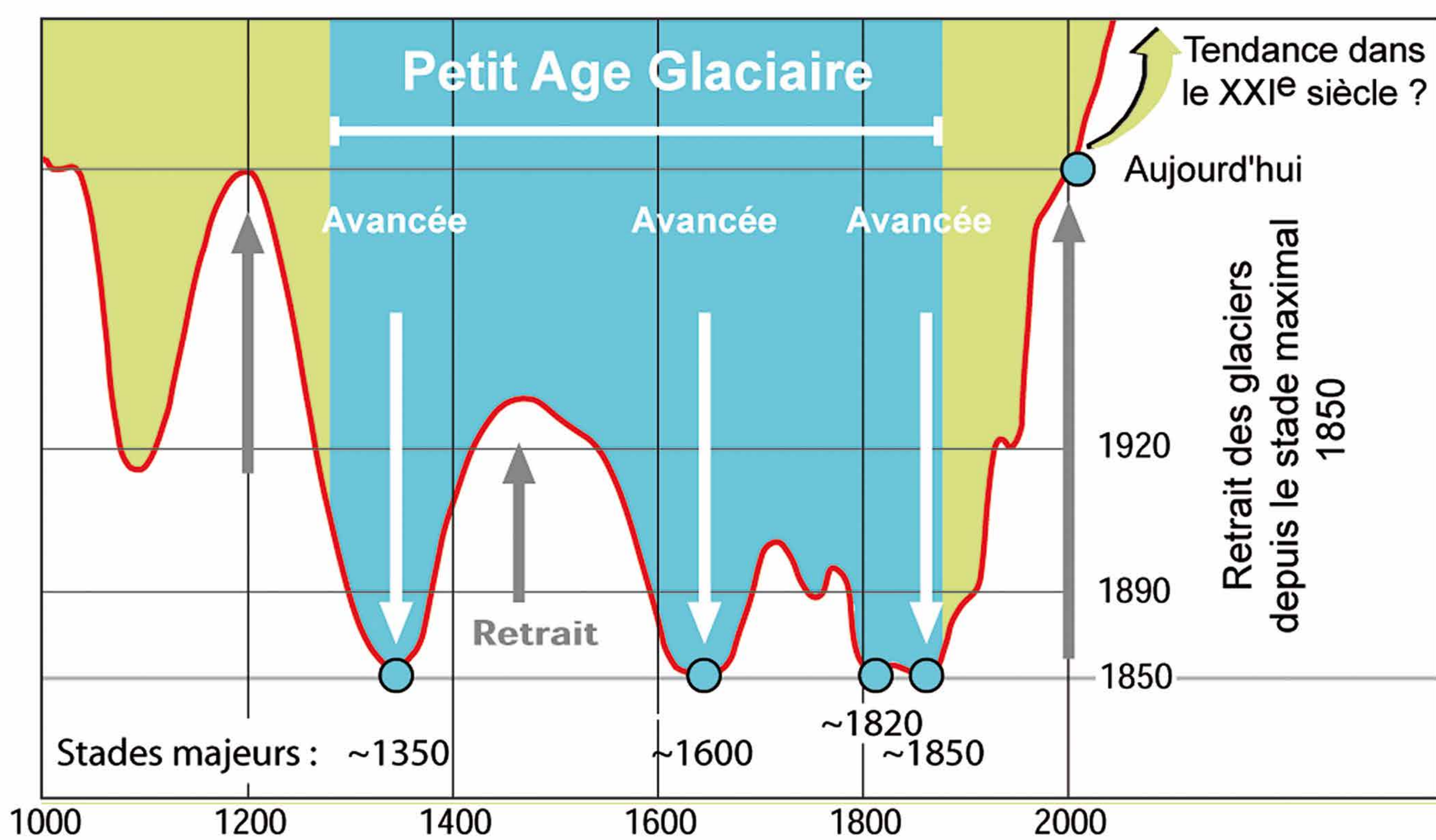


Les blocs de granites de la Matoulaz déposés à 1100 m d'altitude (Jura).

Le Petit Âge Glaciaire (PAG), période de refroidissement qui a touché l'ensemble du globe, se caractérise par des avancées successives des glaciers, auxquelles correspondent plusieurs minima de températures moyennes très nets (1 à 1,5 °C de moins qu'aujourd'hui). Le PAG succède à l'optimum climatique médiéval et se caractérise par des séries d'hivers froids et d'étés frais.

Ce refroidissement général est probablement la conséquence d'une période de faible activité solaire (minimum de Maunder au XVIIe siècle). Les études récentes des Laboratoires de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement de l'Université de Grenoble et de l'École Polytechnique Fédérale de Zürich suggèrent que ce changement climatique serait principalement dû à une augmentation notable des précipitations.

Ainsi, les crues glaciaires seraient la conséquence d'une hausse de plus de 25 % des chutes de neige, tout particulièrement durant la première partie du PAG. Cette situation a généré des bilans de masse positifs et, en conséquence, une importante progression des langues glaciaires. Dans l'histoire des glaciers, le PAG revêt une importance exceptionnelle. Étant la plus récente, elle est de très loin la mieux documentée et c'est vraisemblablement la plus importante avancée des glaciers depuis 11 700 ans, début des temps postglaciaires.



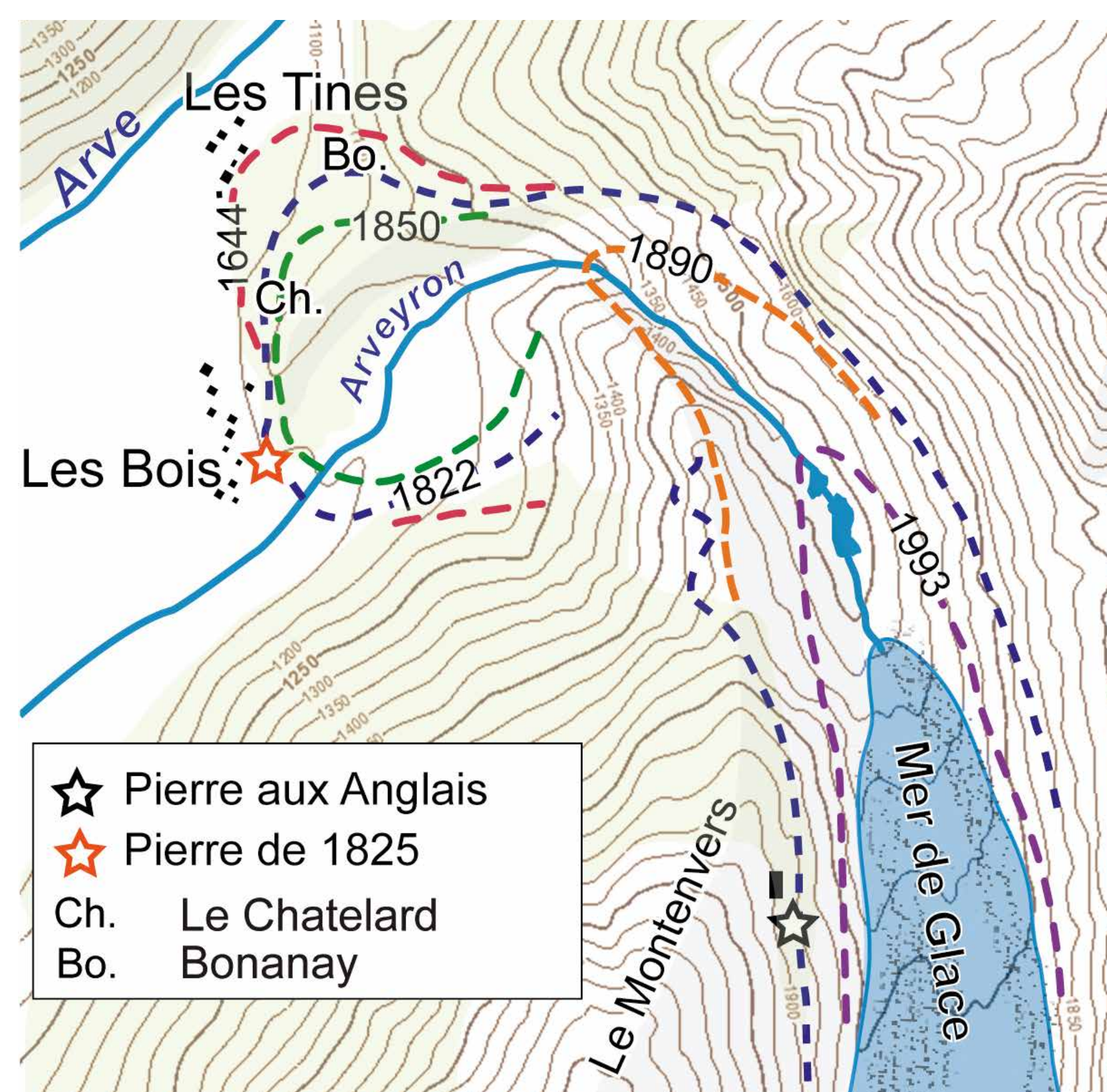
Figuration du « glacier dragon », gravure de H. G. Willinck (début du XIXe siècle), inspiré par l'effroi que suscitait l'avancée des langues glaciaires.

La courbe d'évolution des glaciers alpins permet de bien identifier les quatre maxima du PAG entre 1350 et 1850, d'après Maisch, Université de Zürich

## LES DÉBOIRES DU GLACIER DES BOIS



Le glacier des Bois en 1822.



Les principaux stades d'extension du glacier des Bois au PAG.

Dans la vallée de Chamonix, les grandes crues du glacier des Bois du début du XVIIe siècle sont bien documentées par les archives locales. Entre 1610 et 1643, le glacier des Bois détruit les hameaux du Châtelard et de Bonanay.



Richard Pococke



William Windham

## LE PAG À L'ORIGINE DU TOURISME ET L'ÉTUDE DES GLACIERS

Le Petit Âge Glaciaire voit également la naissance du tourisme et de l'intérêt pour les glaciers. En 1741, guidés par des chasseurs cristalliers de Chamonix, deux jeunes anglais, William Windham et Richard Pococke, découvrent la vallée glaciaire en amont du glacier des Bois. Ils sont impressionnés par ces « glacières » de Savoie, la description qu'en donne Windham restera dans les mémoires : « Il faut vous imaginer votre lac agité d'une grosse brise et gelé tout d'un coup. Encore ne sais-je si cela ferait précisément le même effet ». De cette comparaison est née l'expression « Mer de glace », qui sera reprise, pratiquement dans les mêmes termes, d'un voyageur à l'autre. Au Montenvers, en rive gauche de la Mer de Glace, la célèbre Pierre aux Anglais, immortalise cette visite qui marque le véritable début du tourisme alpin.



Le glacier d'Argentière en 1860 et en 2010.

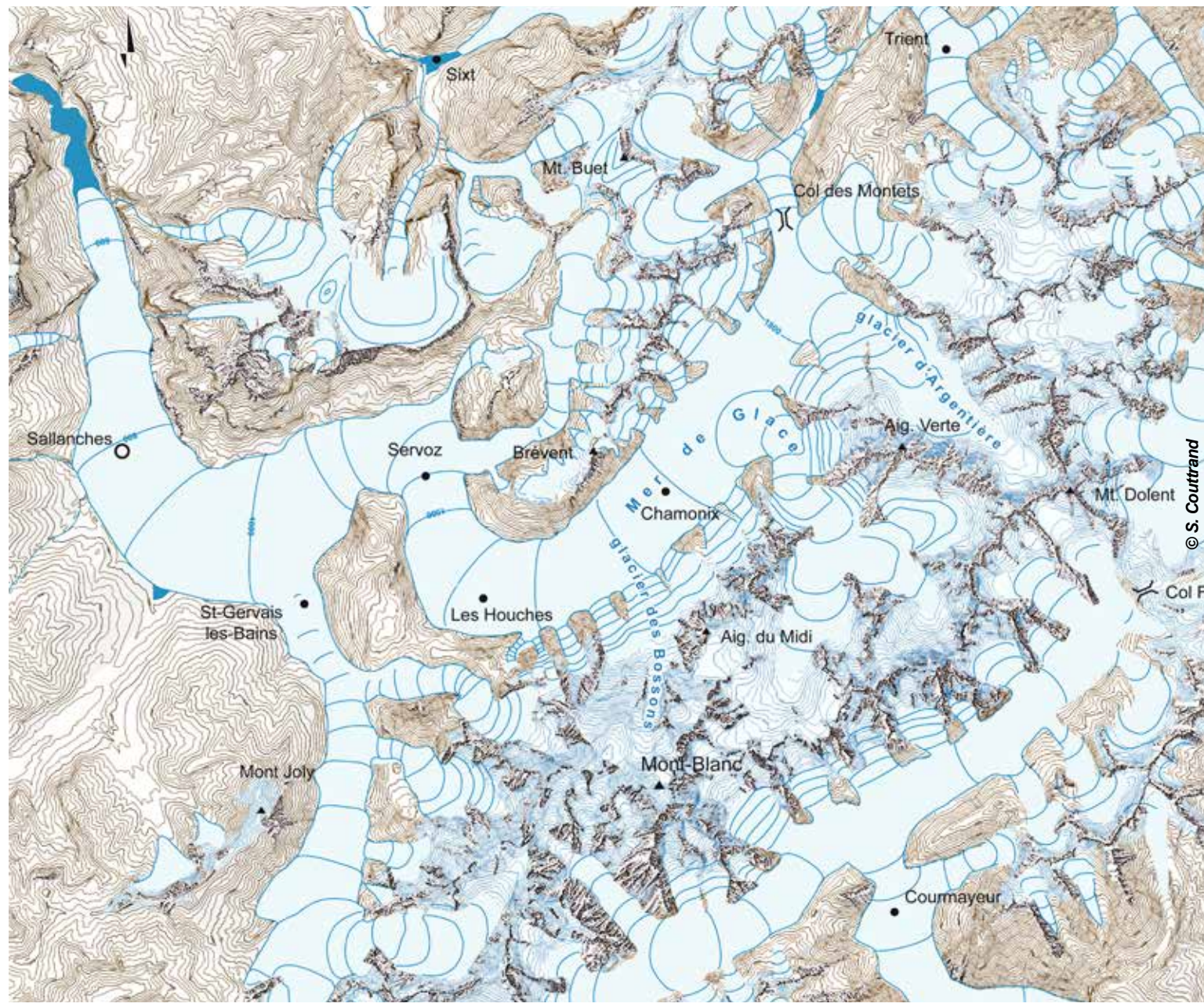
Après de dernier maximum du Würm, le réseau glaciaire se scinde et les grands appareils s'individualisent dans leurs vallées respectives. Cette période de fonte progressive, entrecoupée de stades de progression et de stagnation des langues glaciaires est appelée Tardiglaciaire. Le recul couvre une longue période d'environ 8 000 à 9 000 ans, entre - 21 000 et - 11 700 ans.

Dans les années 1960, sous l'impulsion des glaciologues autrichiens, la paléogéographie de chaque stade glaciaire du domaine alpin a peu à peu été analysée en détail par différents auteurs, affinant le schéma initial établi au début du XXe siècle. Le schéma de synthèse proposé par Maisch (Université de Zürich), à la suite de son étude des glaciers de l'Engadine, constitue actuellement le modèle référent de la déglaciation des vallées. Il met en évidence six stades principaux.

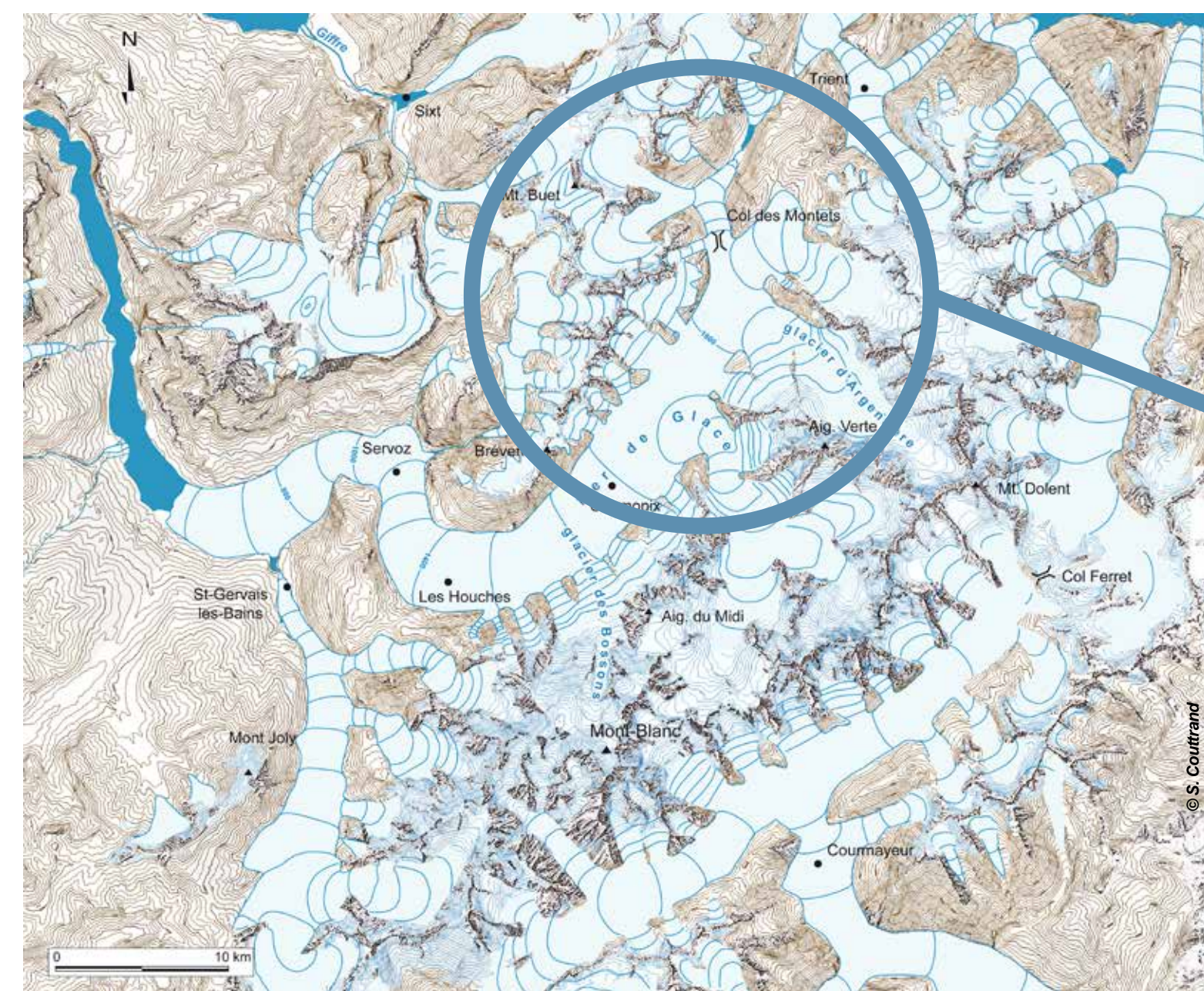
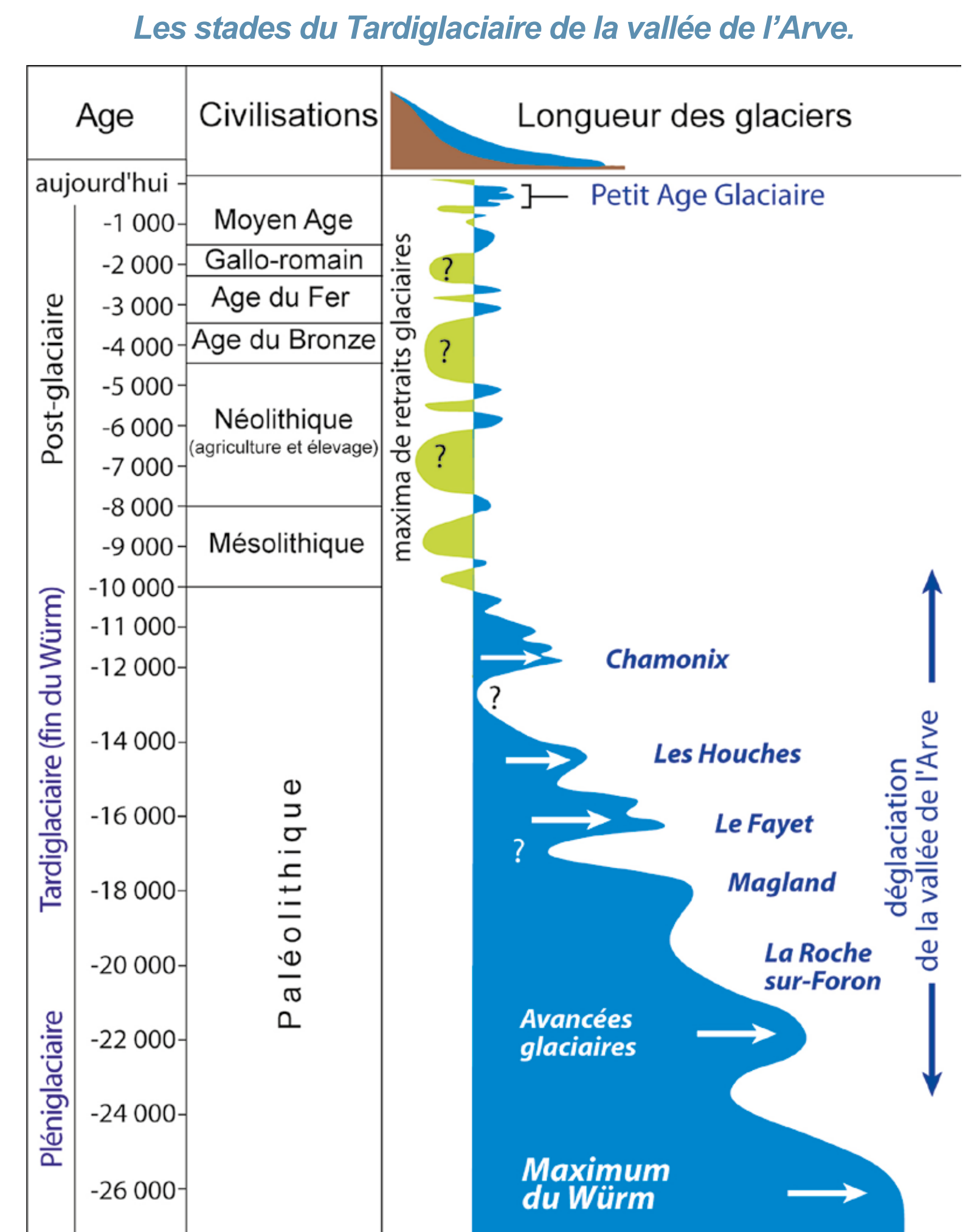
Deux sont identifiés comme des récurrences, le Gschnitz (stade du Fayet dans la vallée de l'Arve) et le dernier, l'Egesen (stade de Chamonix de la Mer de Glace) correspondant au Dryas récent.

## LA GRANDE RÉCURRENCE DU TARDIGLACIAIRE IL Y A 16 000 ANS

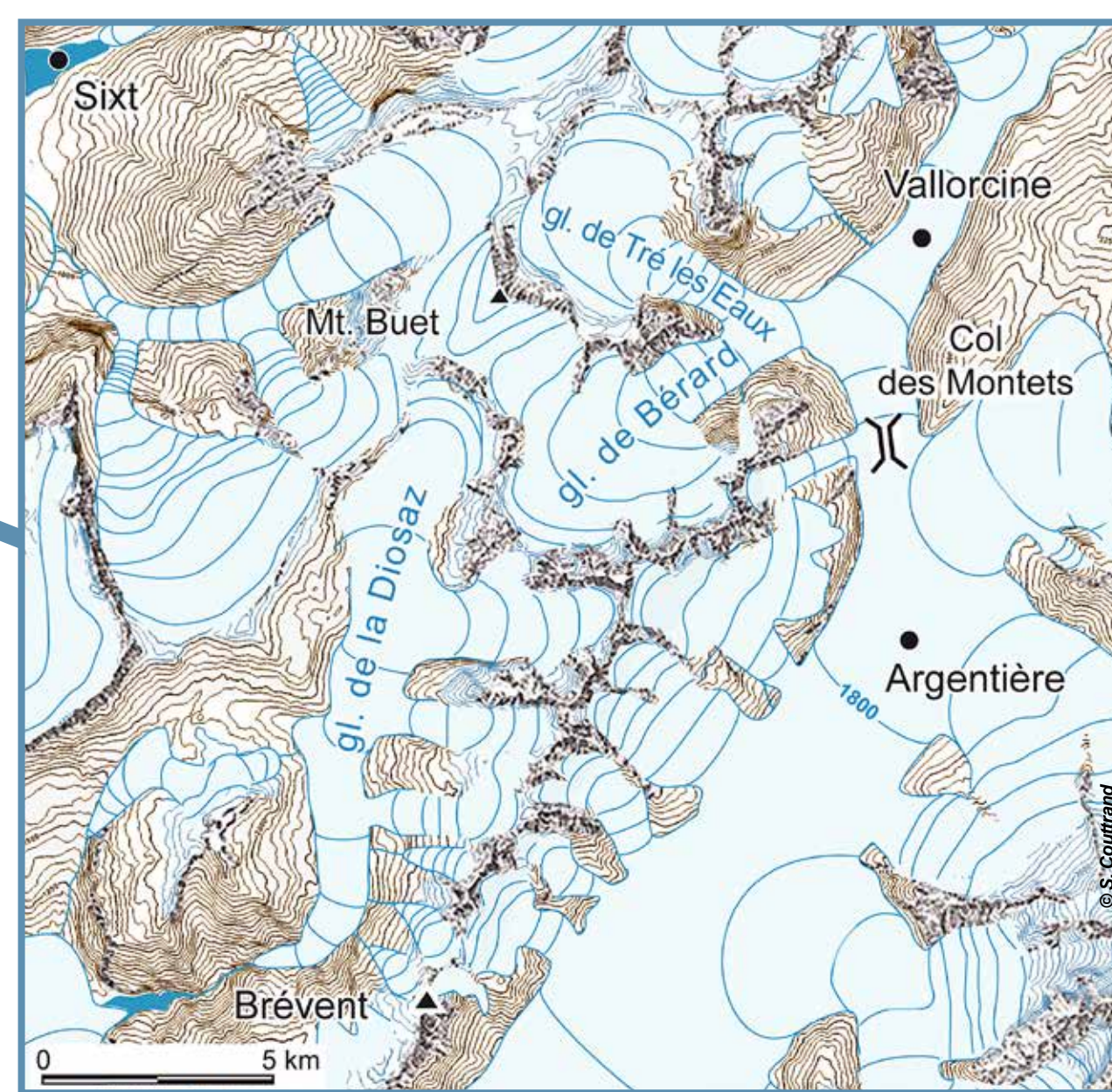
Il y a 16 000 ans, la déglaciation est déjà bien avancée, les grands appareils glaciaires ont quitté le fond des vallées. Un refroidissement brutal provoque une importante récurrence des langues glaciaires. Elle porte le nom de stade de Gschnitz, du nom de Gschnitztal (Tyrol) où la moraine frontale de Trins a été étudiée. Lors de cette crue, le glacier de la vallée de l'Arve se développe jusqu'au Fayet.



Le stade de Magland du glacier de l'Arve, il y a 18 000 ans.



Le stade du Fayet du glacier de l'Arve, il y a 16 000 ans.



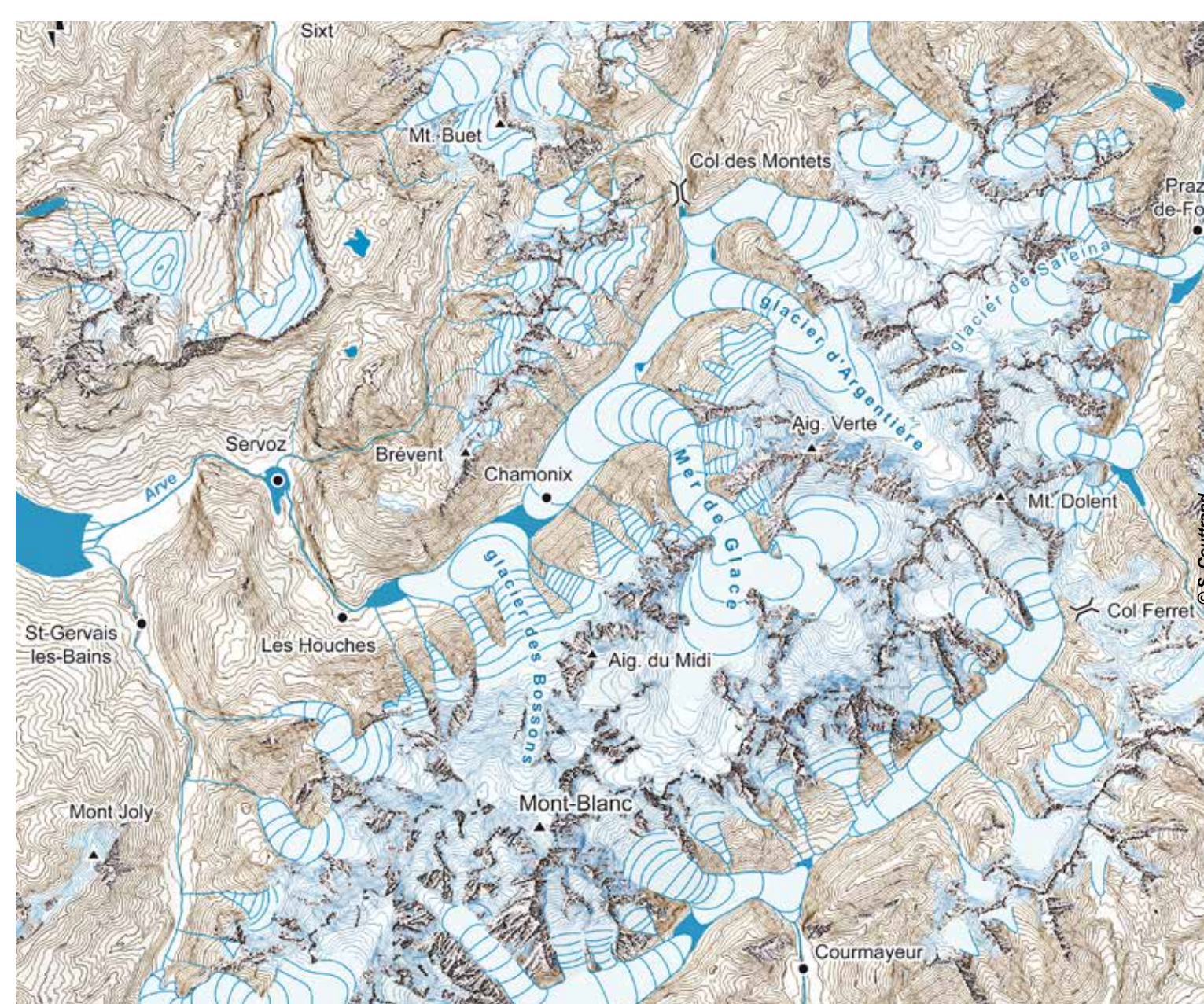
Les glaciers dans le secteur du col des Montets, il y a 16 000 ans.



Le stade du Fayet du glacier de l'Arve, il y a 16 000 ans.

## LA RÉCURRENCE DU DRYAS RÉCENT, DERNIER SURSAUT DE LA GLACIATION

Il y a 14 000 ans, les interstades chauds du Bølling et de l'Allerød sont suivis, il y a 12 000 ans, d'un net refroidissement, appelé « Dryas récent », qui sert de limite aux temps quaternaires. Il tire son nom d'une plante de la famille des Rosacées, Dryas octopetala, caractéristique de la toundra. Ce refroidissement brutal fait de nouveau progresser les langues glaciaires de plusieurs kilomètres; toutes les hautes vallées en portent les traces. Les moraines frontales attribuées au Dryas récent sont généralement situées quelques kilomètres seulement en aval des moraines du Petit Âge glaciaire et ont localement conservé une fraîcheur surprenante, telle celle de Praz-de-Fort, dans le val Ferret (Suisse). Durant cette période, le front de la Mer de glace pénètre jusqu'au centre de Chamonix, où le relief morainique boisé du parc Couttet, derrière le Casino actuel, marque l'extension maximale frontale de cette dernière crue glaciaire. En amont, le glacier d'Argentière dépose les reliefs morainiques de la Joux et du Lavancher pendant que le glacier du Tour construit les moraines du Planet et de Tré-le-champ.



Paléogéographie du Massif du Mont-Blanc au Dryas Récent, il y a 12 000 ans.



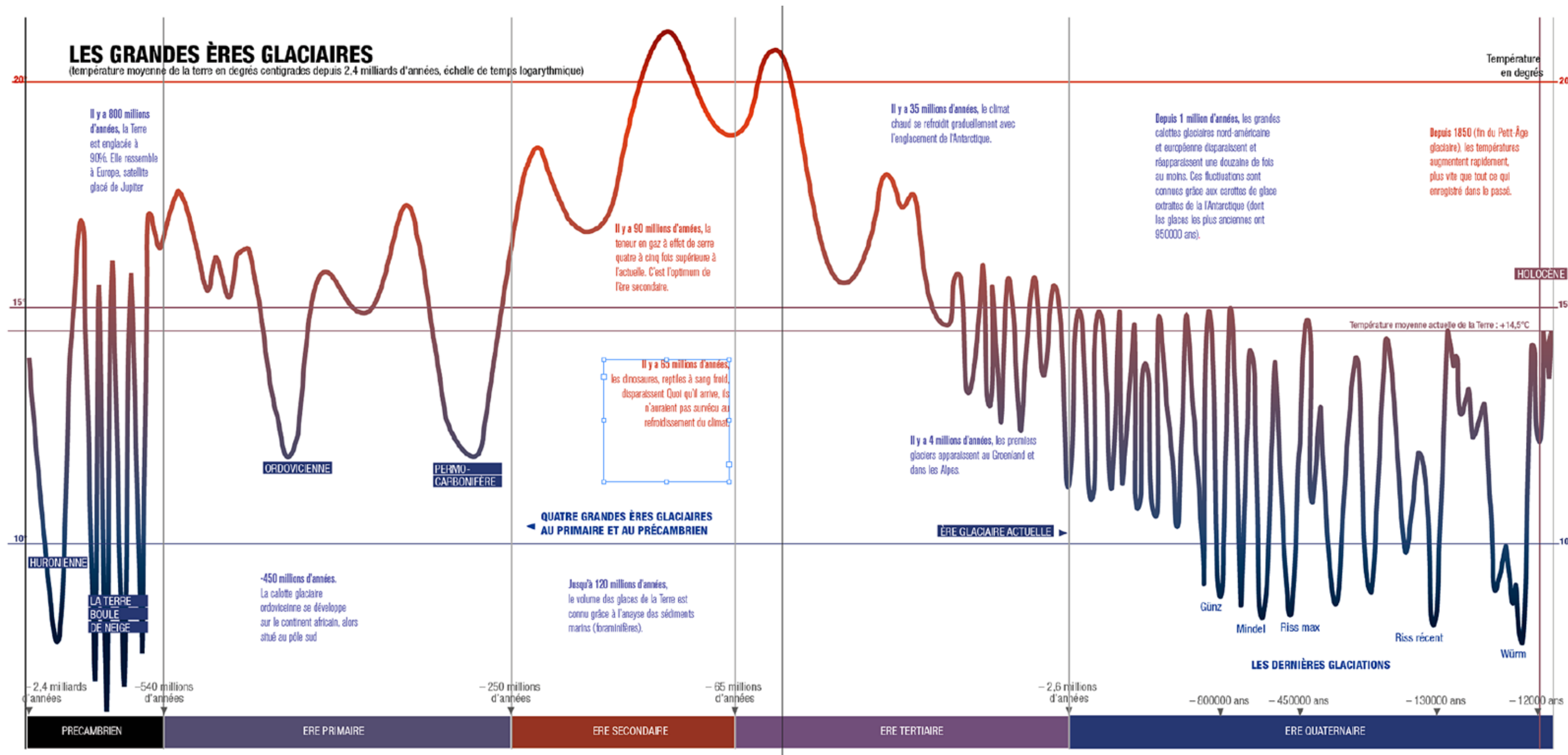
La crête de Saleina à Praz-de-Fort, témoin de l'extension du glacier de Saleina il y a 12 000 ans.

## LA PLACE DU QUATÉNAIRE DANS L'HISTOIRE DU CLIMAT

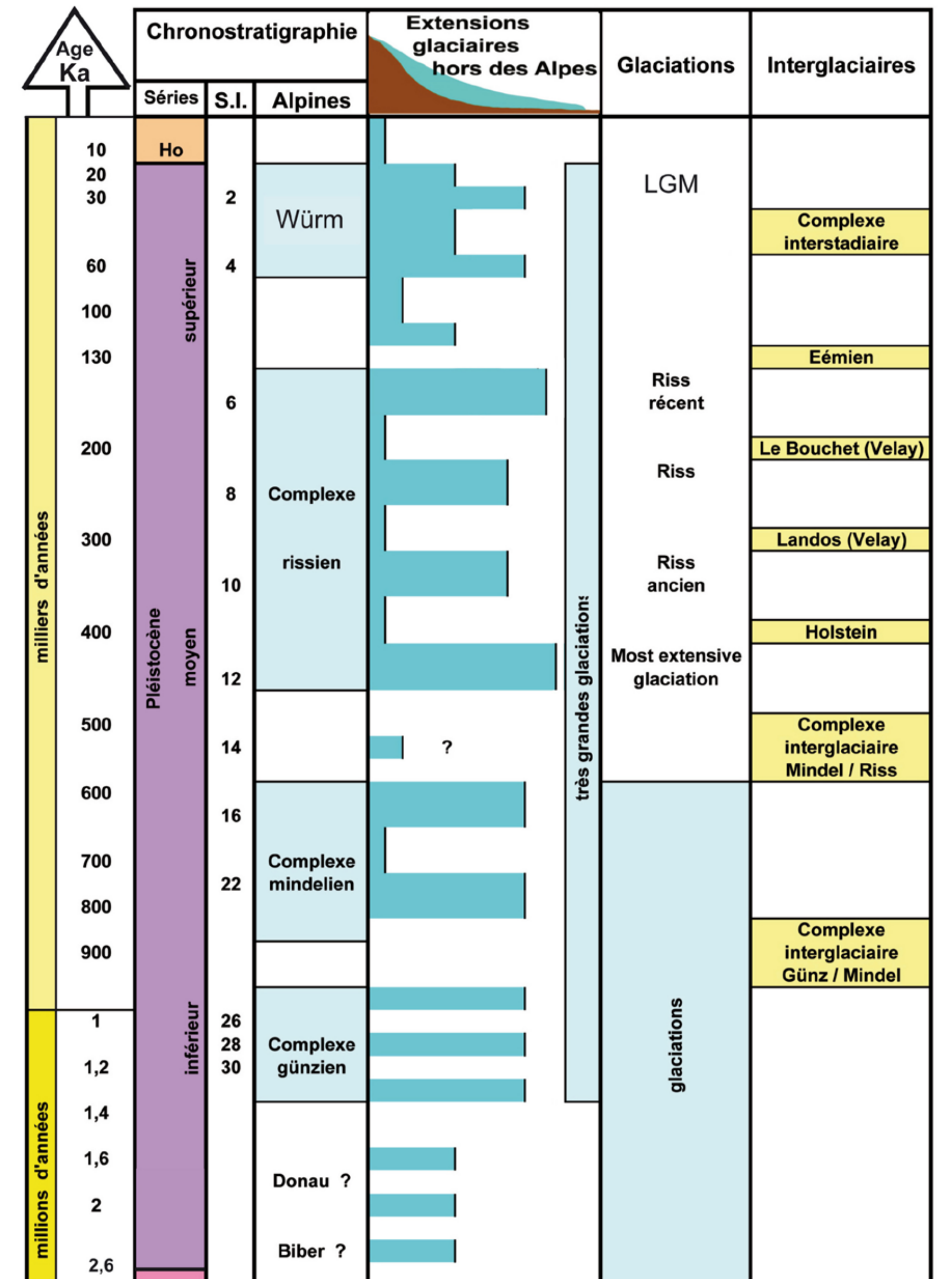
L'ère secondaire a bénéficié d'un climat très chaud, le maximum des températures étant atteint voici 70 millions d'années, peu avant l'extinction des dinosaures.

L'ère tertiaire débute il y a 65 millions d'années par l'optimum climatique de l'Éocène, puis la Terre entame une longue période de refroidissement correspondant à une baisse des températures moyennes de 10 à 15 °C. Depuis 35 millions d'années, l'ère tertiaire a connu plusieurs époques glaciaires durant lesquelles la calotte de l'Antarctique s'est formée. Les premiers glaciers s'installent au Groenland et dans les Alpes il y a 4 à 5 millions d'années, un peu avant le début du Quaternaire.

Le Quaternaire inaugure l'un des épisodes les plus froids de l'histoire terrestre, avec une trentaine d'offensives particulièrement vigoureuses des glaces (qui constituent les glaciations), séparées par des périodes plus chaudes (les interglaciaires).



Evolution des températures moyennes estimées de l'atmosphère terrestre (en degrés Celsius) depuis 2,4 milliards d'années.



HO : Holocène SI : Stades Isotopiques marins Ma : Millions d'années LGM : Last Glacial Maximum MEG : Most Extensive Glaciation

Alternance de glaciations depuis 2,6 millions d'années (Quaternaire).

## LES GLACIATIONS

Depuis un million d'années, les glaciers des Alpes ont atteint Lyon une douzaine de fois au moins. Plusieurs glaciations paroxysmales (une tous les 100 000 ans) sont désignées par les noms de rivières de Bavière : Günz, Mindel, Riss et Würm.

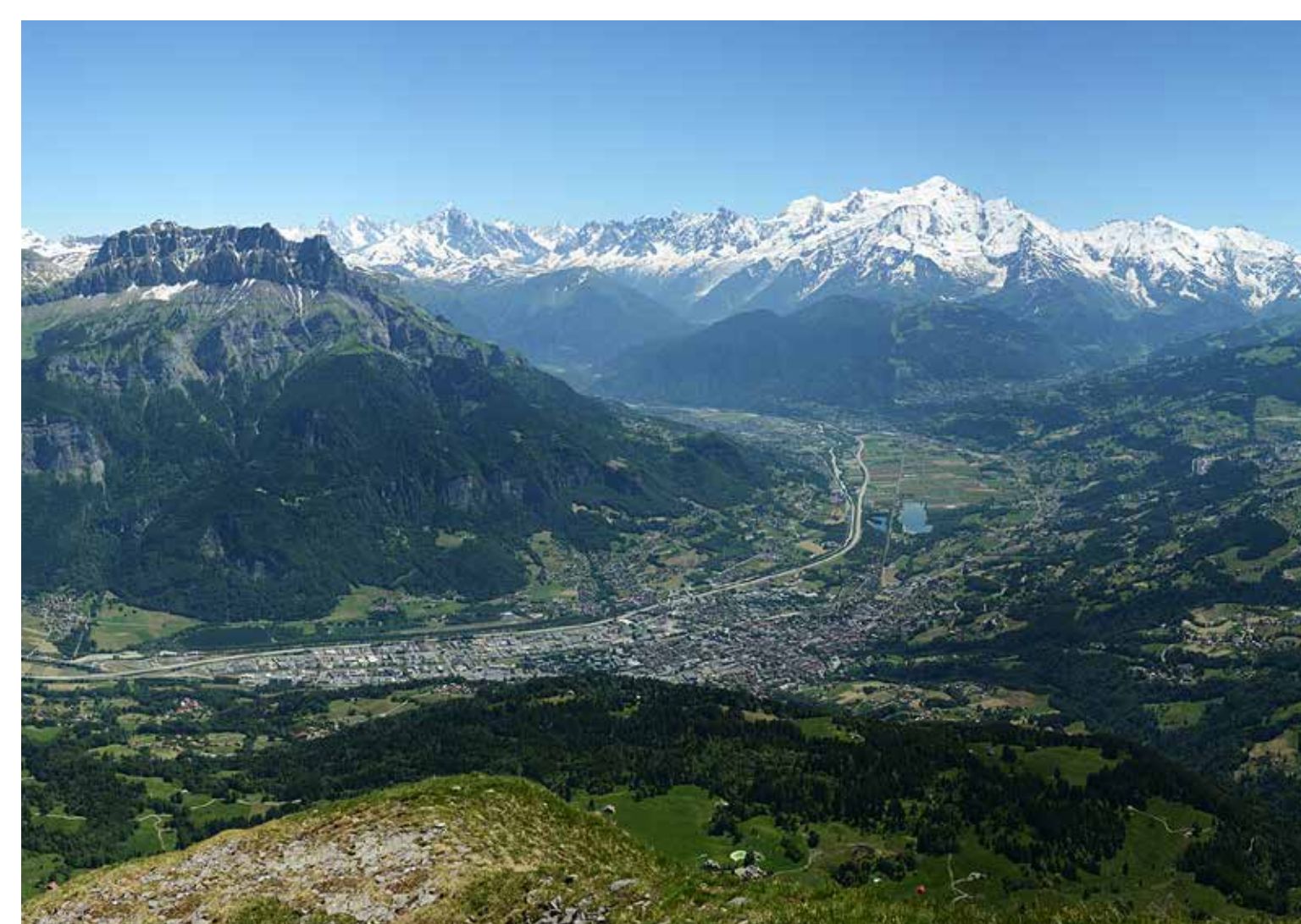
C'est au Riss (il y a 450 000 ans) que les glaciers des Alpes furent les plus étendus ; le glacier du Rhône s'étalait alors sur le plateau de la Dombes. Le lobe de glace venait en contact avec le massif du Mont d'Or au nord de Lyon. Il barrait le cours de la Saône, d'où la présence d'un vaste lac qui s'étendait jusqu'à Dijon. À Lyon, les glaciers recouvraient la colline de Fourvière.

Il y a 70 000 ans, commença la dernière glaciation du « Würm » d'extension plus réduite que les précédentes. On a coutume de diviser la glaciation würmienne en deux périodes froides séparées par des interstades plus tempérés : le Plénioglaciaire inférieur (de -70 000 à -50 000 ans) et le Plénioglaciaire supérieur (de -30 000 à -16 000 ans). Le Plénioglaciaire inférieur, particulièrement froid et humide, a permis à la plupart des glaciers alpins d'atteindre leur plus grande extension.

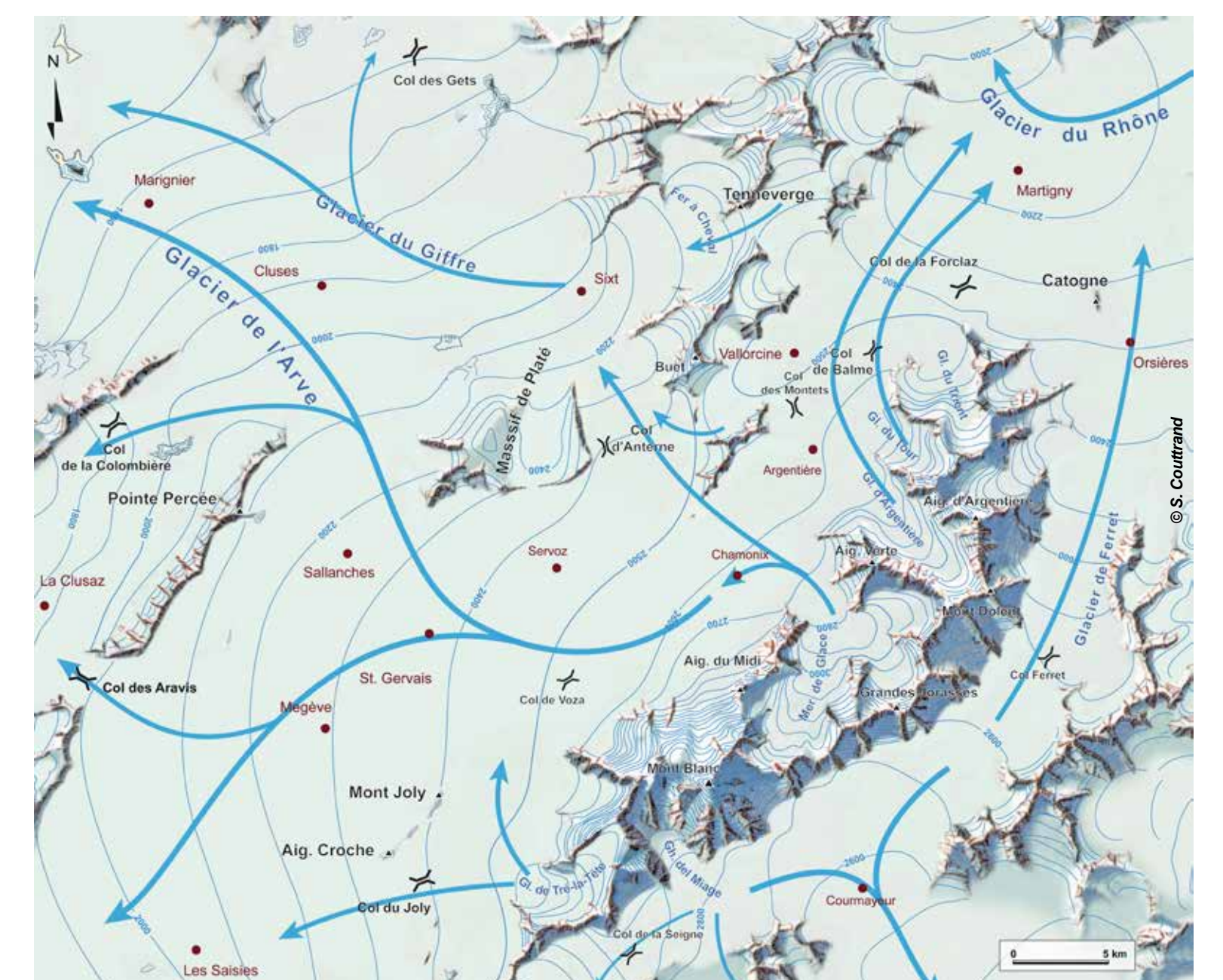
Le lobe glaciaire lyonnais s'est arrêté à 15 km de Lyon. En témoignent les moraines frontales de Lagnieu. Cet épisode très froid fut suivi d'une longue période d'interstades : les glaciers abandonnant les piémonts et reculant dans les vallées. Cependant, le climat n'était pas aussi tempéré qu'en période interglaciaire comme aujourd'hui.



Paléogéographie des Alpes Nord occidentales au dernier maximum glaciaire du Würm il y a 30 000 ans. Les dix millénaires suivant, le Plénioglaciaire supérieur, furent les plus froids de la glaciation würmienne, les températures moyennes de l'Europe étant inférieures de 10 à 12 °C à celles que nous connaissons. Les glaciers des Alpes progressèrent une dernière fois sur les plaines de l'Est lyonnais.



Le bassin de Sallanches au XXIe siècle.



Paléogéographie du Pays du Mont-Blanc au dernier maximum glaciaire du Würm. Remarquez l'écoulement des glaciers d'Argentières et du Tour qui alimentent le glacier du Rhône au Nord.



Le bassin de Sallanches vu des Quatre Têtes il y a 30 000 ans.