

NEIGE ET GLACIERS

PAR

W. KILIAN

Chargé du cours de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble.

PREMIER ARTICLE

(avec une planche.)

Notes prises au cours de géologie de la Faculté des Sciences
de Grenoble,

par M. ALAMELLE, professeur à l'école Vaucanson.

GRENOBLE

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE F. ALLIER PÈRE ET FILS
Grande-Rue, 8, cour de Chaulnes

1891



NEIGE ET GLACIERS

Par **W. KILIAN**,

Chargé du cours de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble¹.

PREMIER ARTICLE

(avec une planche.)

Les phénomènes glaciaires sont considérés, à juste titre, comme un des attraits les plus puissants de la montagne; nos alpinistes les rencontrent à chaque pas, et se complaisent à en rechercher le spectacle. Mais si les relations des touristes sont généralement pleines des péripéties, parfois émouvantes des « courses de

¹ Une bonne partie de cet article est extraite du cours de Géologie professé à la Faculté des Sciences de Grenoble par l'auteur et rédigé par M. ALAMELLE, professeur à l'école Vaucanson.

glaciers », si l'on y trouve à toutes les pages et employés parfois avec une certaine affectation, les termes du vocabulaire spécial aux choses de la glace, bien peu de ceux qui parcourent chaque été et même chaque hiver les sommets neigeux et les ravins glacés de nos Alpes ont une idée bien nette de ce qu'on entend par un *glacier*; bien peu se doutent que les diverses connaissances relatives au manteau de neige et de glace que présentent à nos yeux les grands massifs montagneux constituent une importante branche de la science, la *Glaciologie*.

La glaciologie, qui tient à la géologie par l'étude des modifications que font subir au relief terrestre les phénomènes glaciaires, à la physique et à la météorologie par les conditions mêmes de ces phénomènes et les lois qui les régissent, touche également de près à la géographie physique. Longtemps restreinte à une sorte de catalogue d'observations détachées sans aucun lien scientifique, cette science s'est beaucoup précisée et augmentée dans ces dernières années; on a formulé un certain nombre de lois qui ont été réunies en un corps de doctrine où tout s'enchaîne et se tient et, si bien des lacunes restent encore à combler, la glaciologie n'en est pas moins définitivement constituée sur des bases rigoureusement scientifiques.

A. Heim¹ en a coordonné les principes dans un fort substantiel traité qui, malheureusement, n'est accessible qu'aux personnes familiarisées avec la langue allemande. En outre, MM. Forel, Hagenbach, en Suisse;

¹ A. Heim, *Handbuch der Gletscherkunde*, Stuttgart, Engelhorn, 1885 (Bibliothek geographischer Handbücher).

Richter, en Allemagne; Penk, en Autriche, accroissent journellement les connaissances sur les glaciers par leurs intéressantes publications. C'est dans l'espoir de voir renaître en France, et principalement dans la région du Dauphiné, si propice aux recherches de cette nature, des études qui ont compté jadis, en France, des adeptes distingués comme Dollfus et Grad, et qu'a illustrées, dans une province voisine, le sagace évêque d'Annecy Rendu, que nous nous sommes décidé à insérer ici ce modeste résumé, *tiré en grande partie du traité de M. Heim*. Qu'on nous permette en même temps d'exprimer le vœu que la lecture de ces lignes puisse engager quelques-uns de ceux qui dépendent à explorer la haute montagne leur énergie, leur courage et le meilleur de leurs forces, à faire profiter de leurs excursions la science des glaciers, comme le font, depuis de longues années, leurs confrères du Club-Alpin suisse¹. Ce serait un honneur

¹ Quoique nous comptions faire suivre ces articles d'une série d'instructions détaillées, destinées aux personnes désireuses d'organiser sur place un système d'observations des glaciers, nous croyons bien faire en reproduisant d'ores et déjà ce que nous écrit à ce sujet l'éminent professeur A. Forel de Morges, dont on connaît la haute autorité en ces matières. Ceux de nos confrères qui voudront se mettre à l'œuvre dès la prochaine campagne, auront ainsi quelques données indispensables, et sauront de quel côté diriger leur attention.

« L'étude qui me paraît la plus intéressante et qui se prêterait
« à un tel concours serait celle *des variations* des glaciers. Vous
« pourriez répartir cette étude entre les membres de bonne
« volonté de la Société, en chargeant chaque membre de la sur-
« veillance d'un glacier. Les questions qui seraient à poser
« seraient les suivantes :

pour la Société des Touristes que d'avoir la première ouvert la voie à une étude scientifique et méthodique des glaciers du Dauphiné.

« 1^o Rechercher dans les documents anciens et dans les souvenirs des montagnards, l'histoire ancienne de chaque glacier. « Quelles ont été les époques de crue et de décrue; de maximum et de minimum. Peut-être, pour quelques glaciers, pourrait-on remonter ainsi jusqu'au siècle dernier. En tous cas, « pourriez-vous refaire l'histoire de beaucoup de glaciers pendant « ce siècle.

« 2^o Établir des repères devant le front et sur les bords de ces « glaciers et faire mesurer chaque année la distance entre ces « repères et le bord du glacier, de manière à constater l'état de « crue ou de décrue actuelle. Les conditions sont différentes « dans chaque glacier, aussi ne peut-on guère donner de méthode générale; c'est à l'observateur à étudier le terrain et à « choisir dans chaque cas les procédés les plus pratiques. »

D'autre part, voici les questions que M. Forel pose à ses correspondants dans les Alpes : (*V. Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, t. XVIII, p. 252).

« Pour le passé : indiquer pour chaque glacier à quelle époque a commencé la période actuelle de raccourcissement ou d'allongement.

« Pour le présent : indiquer quels sont les glaciers qui actuellement sont en période d'allongement, lesquels sont en période de raccourcissement, lesquels sont stationnaires.

« Pour l'avenir : noter chaque année, pour chaque glacier, s'il s'allonge, s'il se raccourcit, ou s'il reste stationnaire.

« Il serait en outre désirable, pour autant que ce sera possible :

« a. D'avoir en chiffres la valeur de ces variations.

« b. De rapporter chaque année à des repères invariables la position du front du glacier.

« c. De lever le plan du front des glaciers qui sont à la fin d'une période, qui, après s'être allongés, commencent à diminuer, ou qui, après s'être fort raccourcis, commencent à s'allonger de nouveau.

La *Glaciologie* a pour objet principal l'étude des glaciers. Elle s'occupe de la formation et de la répartition de la neige et de la glace sur le globe. S'appliquant à rendre compte de l'origine des avalanches et des glaciers, elle étudie aussi leurs formes, leur mode d'alimentation, les matériaux dont ils se composent, les mouvements qui les animent, leur ablation et leur fonte. Elle en recherche aussi les actions sur le relief du sol, les restes qu'ils laissent derrière eux, les conditions climatiques qui favorisent leur extension, leur distribution géographique et leurs variations dans les temps historiques. Elle se propose également de réunir des notions sur les *glaciers anciens* qui ont disparu plus ou moins longtemps avant la période historique.

Cette simple énumération suffit pour faire comprendre toute l'étendue de cette étude et les difficultés qu'elle peut présenter. La solution des nombreux problèmes que rencontre le glaciologiste comporte, non seulement des difficultés théoriques, mais encore des obstacles matériels, qu'il ne lui est pas toujours possible de surmonter, à cause de la situation topographique de son champ d'observation et de la rigueur de la température. Il importe cependant d'aboutir à des ré-

« d. D'avoir des observations sur l'épaisseur relative du glacier, « en divers points de sa longueur. »

Enfin, nous attirons l'attention de nos lecteurs sur la planche qui est jointe à cet article en leur rappelant que l'observateur qui aurait le temps et la patience de lever, pour un ou plusieurs de nos glaciers de l'Oisans, des plans dans le genre de celui dont notre figure ne représente que la réduction, ferait une œuvre utile et éminemment profitable à la science.

sultats précis. L'agriculture, les amis de la montagne, plusieurs industries, la géographie et la géologie y sont intéressés à un haut degré.

FORMATION ET RÉPARTITION DE LA NEIGE SUR LE GLOBE.

La neige est de l'eau solidifiée et cristallisée. Elle provient de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, condensation qui se réalise à une température inférieure à 0°. Ainsi, deux conditions sont nécessaires pour qu'il y ait chute de neige :

α Une température inférieure à 0°;

β Une proportion convenable de vapeur d'eau dans l'air (saturation à 0°).

La première de ces conditions, la température, varie avec deux *facteurs* essentiels : 1° La latitude ; 2° L'altitude.

1° LATITUDE. — D'une manière générale, la *température varie en raison inverse de la latitude*. Il est évident que plus la latitude sera élevée, plus les rayons solaires arriveront obliquement sur la surface du sol et plus aussi la température sera basse. Le maximum de température est réalisé dans les pays équatoriaux et le minimum dans les régions polaires. Mais comme l'obliquité des rayons solaires n'est pas la seule cause qui influe sur la température, il s'en faut de beaucoup que les lignes isothermes coïncident avec les parallèles. Il y a quelquefois sur un même parallèle des différences de 13° dans la température moyenne. C'est ainsi qu'à latitude égale, l'Amérique du Nord est sensiblement plus froide que l'Europe.

2^o ALTITUDE. — *La température varie aussi en raison inverse de l'altitude.* — Si l'atmosphère absorbait fortement les rayons solaires, les couches d'air les plus élevées seraient les plus chaudes, et les couches inférieures ne recevraient que peu ou point de chaleur solaire. Mais les choses ne se passent pas ainsi. L'atmosphère est diathermane pour la chaleur solaire : les rayons la traversent sans l'échauffer sensiblement. Les expériences faites par Violle, les 16 et 17 août 1875, par un temps sec et clair, ont jeté une vive lumière sur ce phénomène. Il a obtenu les résultats suivants :

A 4810^m (Mont-Blanc), l'atmosphère a absorbé 6 % du rayonnement solaire.

A 3050^m (Grands-Mulets), l'atmosphère a absorbé 11 % du rayonnement solaire.

A 1200^m, l'atmosphère a absorbé 21 % du rayonnement solaire.

Au niveau de la mer, 70 à 75 % de la chaleur solaire atteignent le sol.

Il résulte donc des expériences de Violle, qu'entre 3050 et 4800^m, 1 % a été absorbé par une couche d'air épaisse de 350^m, environ, et, qu'entre 1200 et 3050^m, à l'absorption de 1^o correspond une couche d'air de 185^m. Il est à remarquer aussi, d'après ces chiffres, que l'air dense des régions inférieures s'échauffe plus que l'air moins dense des régions supérieures. Lorsque l'air est chargé d'humidité, cette différence est encore bien plus accentuée.

Outre que les faibles altitudes sont, comme on vient de le voir, les plus favorisées par l'action directe de la chaleur solaire, il importe aussi de bien remarquer que les trois quarts environ de la chaleur que le soleil envoie sur la terre étant absorbés par le sol, celui-ci devient

à son tour une source de chaleur, que la principale *surface réchauffante est en définitive non en haut, mais en bas*, et que par conséquent les couches d'air inférieures doivent être plus chaudes que les supérieures.

Il est vrai que, dans les montagnes, certaines surfaces rocheuses sont très fortement échauffées comme l'ont signalé de Saussure, Bravais, Martins, Forbes, Forel, Violle, Heim. Dans les Alpes, à 3000^m ou même à 4000^m d'altitude, on a, en effet, observé des températures de 40 à 60°. Cependant, l'air ambiant reste, malgré cela, à une basse température, et entre une paroi rocheuse exposée au soleil, et les roches voisines placées à l'ombre, il y a quelquefois des différences de 50°. Cela tient à ce que les parties abruptes du sol, directement éclairées et échauffées, sont en réalité fort restreintes : la surface de chauffe est donc très petite dans les hautes montagnes. De plus, cette haute température n'est que passagère, même pendant la seule durée d'un beau jour. Il faut y ajouter d'ailleurs une autre cause d'abaissement de la température ; la chaleur de fusion de la neige qui est très considérable. On sait, en effet, qu'un kilogramme de neige à 0° exige, pour passer à l'état d'eau liquide, 79,25 calories. On comprend qu'une pareille absorption de chaleur maintienne la température de l'air très basse, dans les régions élevées où la neige couvre le sol, alors même que, dans le voisinage, une masse rocheuse relativement peu étendue accuserait une température de 50°. Notons, en passant, que la grande valeur de la chaleur de fusion de la neige s'oppose à ce que cette fusion elle-même devienne trop considérable.

On avait pensé aussi que l'ascension de l'air chaud,

provenant des régions basses, devait élever sensiblement la température des grandes altitudes. Il n'en est rien ; à mesure que l'on s'élève, la pression atmosphérique diminue, la diminution de la pression amène la dilatation de la colonne d'air ascendante, et cette augmentation de volume consomme de la chaleur. On a calculé que, pour 100^m d'ascension, la température d'une masse d'air doit diminuer de 1°. Il en résulte que la masse d'air considérée cesse bientôt de monter. L'équilibre s'établit ; les couches supérieures de l'atmosphère ne sont donc pas réchauffées par les couches inférieures.

La diminution de pression signalée ci-dessus entraîne encore d'autres résultats. Elle favorise l'évaporation et par conséquent aussi le refroidissement, la chaleur de vaporisation de l'eau étant très considérable (537 calories à 100°). De plus, l'air, étant très raréfié dans les hautes altitudes, protège peu le sol contre le rayonnement. L'atmosphère joue, par rapport au sol, un rôle comparable à celui des vitres d'une serre par rapport aux plantes qu'elle contient. Elle laisse pénétrer les rayons solaires, mais elle ne laisse que très difficilement sortir la chaleur diffuse du rayonnement terrestre. En d'autres termes, l'atmosphère est diathermane pour la chaleur lumineuse qui vient du soleil, et presque athermane pour la chaleur obscure qui vient du sol. Elle remplit d'autant mieux ce rôle qu'elle est plus épaisse et plus dense. On comprend donc que les hauts sommets soient moins protégés contre le rayonnement que les parties basses du sol. La température doit par conséquent nécessairement y être très basse ; l'intensité du rayonnement y est même telle

que le sol est assez souvent plus froid que l'air ambiant. Cependant, dans le cas ordinaire, la température du sol est supérieure à celle de l'air. C'est ainsi qu'au Saint-Gothard, à 2753^m, on a constaté que le sol étant à 0°, l'air était à — 5°,46.

Une autre circonstance favorise encore le rayonnement dans les hautes montagnes. La surface de refroidissement du sol, par rapport au volume de la masse montagneuse, y est beaucoup plus grande que dans les parties basses du sol. Cette différence varie avec la forme du relief : plus il est déchiqueté et découpé, plus elle est considérable et plus l'abaissement de la température est accusé.

Pour toutes ces raisons, la température diminue rapidement à mesure que l'altitude augmente. Dans les régions équatoriales et dans les régions tempérées, l'observation a prouvé que la hauteur moyenne à laquelle il faut s'élever pour que, toutes choses égales d'ailleurs, la température se soit abaissée de 1°, est environ de 172^m. Ce chiffre varie d'ailleurs avec la pente, la saison et l'heure du jour. Ainsi, sur le versant méridional des Alpes suisses, ce chiffre n'est plus 172^m, mais 145^m, et sur le versant septentrional, 182^m. Dans l'Himalaya, en janvier, c'est 132^m, en juillet, 244^m. En Norvège, pendant l'hiver, c'est 556^m, et en été 114^m. En Europe, d'une manière générale, on admet les valeurs suivantes : hiver, 222^m; printemps, 149^m; été, 143^m; automne, 188^m.

On a remarqué aussi que, dans les Alpes, il se produit généralement un retard de dix à douze jours dans la végétation pour une augmentation de 225^m d'altitude.

Rapports avec l'altitude de la chaleur reçue, de la température et de la persistance des neiges.

Expériences de Violle (16 et 17 août 1875).

Sont absorbés à 4810 ^m (Mont-Blanc),	6 %	du rayonnement solaire.
— 3050 ^m (Grands-Mulets),	11 %	—
— 1200 ^m ,	21 %	—
Le sol reçoit au niveau de la mer	70 à 75 %	—

Pour que la température diminue de 1°, il faut s'élever :

A l'Équateur et dans les régions tempérées, de.	172 ^m
Dans les Alpes suisses, versant nord.	182 ^m
— — — — — sud	145 ^m
Dans l'Europe moyenne	} Hiver 222 ^m Printemps 149 ^m Été 143 ^m Automne 188 ^m Moyenne 170 ^m

Persistance de la neige dans les Alpes suisses (Denzler).

A l'altitude de 650 ^m , la neige reste 77 jours.
— 1300 ^m , — 200 —
— 1950 ^m , — 245 —
— 2700 ^m , — 365 — (limite des neiges persistantes).

Après toutes ces observations, dont le tableau ci-joint donne le détail, il ne sera plus possible de confondre le climat des grandes altitudes avec le climat des hautes latitudes. Le climat polaire est froid, par suite de l'obliquité ou de la longue absence des rayons solaires, tandis que les hauts sommets sont froids, par suite de la raréfaction de l'air et de l'intensité du rayonnement.

Il n'est pas inutile d'ajouter aussi que si la latitude et l'altitude sont les deux facteurs principaux de la température, celle-ci varie encore, toutes choses égales d'ailleurs, avec la nature et l'orientation du sol, la proximité ou l'éloignement de la mer, la fréquence et la direction des vents dominants et l'abondance des pluies. Signalons aussi une cause puissante qui modère beaucoup les écarts des températures extrêmes entre les régions chaudes et les régions froides. Dans les régions fortement chauffées par le soleil, il y a formation abondante de vapeur d'eau et absorption correspondante de chaleur. Cette vapeur est emportée par les vents dans les hautes latitudes ou à de grandes altitudes, et là, elle se condense en neige et met en liberté toute la chaleur qu'elle avait absorbée dans les régions plus chaudes.

Présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère et chute de neige. — Nous venons de voir qu'il se forme beaucoup de vapeur d'eau dans les régions chaudes. Il ne s'en produit pas que là; l'eau émet des vapeurs à toutes les températures; les mers, les cours d'eau, la neige, la glace, les lacs, les étangs, le sol, les végétaux et les animaux de toutes les régions répandent

sans cesse de la vapeur dans l'atmosphère. Supposons qu'une masse d'air en mouvement et ainsi chargée de vapeur vienne se heurter sur le flanc d'une montagne. En vertu de sa vitesse acquise et de son élasticité, elle va s'élever et par conséquent se dilater et se refroidir. Si son refroidissement est tel que sa température s'abaisse au-dessous de 0°, la vapeur d'eau qu'elle contient se condensera presque en totalité à l'état de neige.

A mesure donc qu'on s'élèvera en latitude et en altitude, les chutes de neige seront de plus en plus fréquentes, et on arrivera bientôt dans des régions où toute la chaleur de l'année sera insuffisante pour transformer en eau liquide toute la neige tombée; dans ces conditions, partout où la pente ne sera pas trop raide, il y aura donc un reste neigeux annuel plus ou moins considérable. Nous avons atteint la *région des neiges éternelles* ou mieux des *neiges persistantes*. Cette dernière expression est préférable, car nous verrons, dans la suite de cette étude, que la neige, — même celle des points les plus froids, — ne subsiste pas *éternellement* à l'état de neige. Elle finit toujours après un temps plus ou moins long (quelquefois très long), par revenir à l'état d'eau liquide. De plus, des régions, telles que le Jura par exemple, qu'on aurait pu croire à l'époque préhistorique couvertes de neiges *éternelles*, sont aujourd'hui complètement dépourvues de neige pendant une certaine partie de l'année, montrant ainsi que l'existence de la neige dépend d'un trop grand nombre de circonstances pour que l'on puisse employer à son égard un terme aussi absolu que celui de « neiges éternelles ».

Région des neiges persistantes. — La région des neiges persistantes est limitée, dans sa partie inférieure, par la ligne d'altitude maxima, jusqu'à laquelle la neige tombée pendant l'année fond entièrement pendant l'été.

Variations de cette limite. — Dans les régions équatoriales, où il y a peu de différence entre les saisons et où l'incidence des rayons solaires est à peu près verticale, la limite des neiges persistantes est à peu près rectiligne, peu variable et facile à déterminer. Dans les régions tempérées, la variété des saisons, l'obliquité des rayons solaires, les ombres, l'irrégularité et la nature véritable des vents, etc., font que cette limite est très irrégulière. Elle varie d'une année à l'autre. C'est ainsi que dans les Alpes, en 1865, la neige disparut d'une foule de points où on l'avait toujours vue jusque-là. En 1811, 1812, 1866, 1883, au contraire, elle est restée sur des sommets d'où, d'habitude, elle disparaissait pendant la belle saison. Il est à remarquer aussi que, plus la latitude est élevée, plus la limite inférieure des neiges hivernales est éloignée de la limite des neiges persistantes. En janvier, la neige couvre généralement toute la plaine helvétique et le Jura. Elle se retire peu à peu et le retrait s'accroît jusqu'au milieu de septembre.

Dans les régions qui coïncident avec la limite des neiges persistantes, il n'y a que deux saisons : l'été touche à l'hiver. Remarquons encore que la forme de cette ligne est moins fonction de la température moyenne du lieu considéré, que du rapport qui existe entre la masse de neige tombée et la température de l'été. Cette proposition sera justifiée par les explications qui suivent.

Il résulte des observations que [Denzler a poursuivies pendant trente années dans les Alpes suisses, que dans cette région :

A l'altitude de 650^m, la neige reste 77 jours en moyenne.

—	1300 ^m ,	—	200	—
—	1950 ^m ,	—	245	—
—	2700 ^m ,	—	365	—

Ainsi, dans les Alpes suisses, la limite des neiges persistantes est à 2700 mètres environ.

Dans les climats humides, cette limite des neiges persistantes descend plus bas, toutes conditions égales, que dans les climats secs. Ainsi, dans l'Himalaya, elle est, sur le versant sud, inférieure de 2000 mètres à l'altitude qu'elle occupe sur le versant nord, qui est beaucoup plus froid. Cette différence, à laquelle on était loin de s'attendre, est due à la fréquence des précipitation atmosphériques sur le versant sud qui arrête les vents chauds et humides venant du large et à leur rareté sur le versant nord, que ne frappent que les vents froids et secs ayant traversé les plaines asiatico-sibériennes. On pourrait multiplier facilement les exemples du même ordre. Dans le Nord de la Sibérie (Nordenskjöld), la limite des neiges persistantes est à 600 mètres, et, à cette altitude, la température moyenne de l'année est de -16° . Cette limite coïncide, dans les Alpes centrales, avec l'isotherme de -4° et avec l'isothère de $+5^{\circ}$; à l'Équateur, avec l'isotherme de $+1^{\circ},5$ elle s'élève là à 4000 mètres. Dans les régions polaires, elle descend jusqu'au niveau de la mer. Cependant *nulle part en Europe, elle ne s'abaisse jusqu'à 0*. La ligne limite des neiges persistantes coïncide avec l'isotherme de -17° dans les climats les plus secs, et avec celui

de $+ 3^{\circ}$ dans les climats les plus humides. L'écart est donc de 20° .

Dans la distribution et la limite des neiges persistantes, quatre cas peuvent se présenter :

1^o *Les chutes de neige sont abondantes et la chaleur est intense.* Alors la limite des neiges persistantes est à une altitude moyenne. Il en est ainsi sur le versant méridional de l'Himalaya, dans les Alpes et la Norvège. Dans ce cas la neige s'accumule en abondance dans les hauts sommets et les glaciers sont nombreux ;

2^o *Les chutes de neige sont abondantes et la chaleur est faible.* Dans ce cas, la limite des neiges persistantes descend très bas. C'est ce qui a lieu dans l'hémisphère Sud, (au Sud du 46° parallèle).

3^o *Les chutes de neige sont peu abondantes et la chaleur est intense.* Ici, la limite des neiges persistantes est très élevée. Ce fait se produit dans les Montagnes-Rocheuses et dans le voisinage des tropiques en Amérique et en Afrique.

4^o *Les chutes de neige sont peu abondantes et la chaleur faible.* La limite des neiges persistantes est alors moyenne ou élevée, comme cela a lieu dans la Sibérie septentrionale. Dans ce dernier cas, l'accumulation de la neige est peu considérable, et il y a peu ou il n'y a point de glaciers.

En résumé, nous pouvons dire que la neige est due à l'action de deux facteurs importants :

1^o *La chaleur solaire* (par suite de l'évaporation et des vents qu'elle provoque) ;

2^o *Les condenseurs montagneux*, qui occasionnent le refroidissement et la condensation de la vapeur produite.

Limite des neiges persistantes dans les diverses régions du globe.

LATITUDE.	ALTITUDE de la limite des neiges persistantes.	ÉTAT DES GLACIERS.
-----------	---	--------------------

Zone glaciaire arctique :

Spitzberg.....	76°55' à 77°	460m	Beaucoup de glaciers. Id. Des glaciers.
Groënland, zone litt. occid.).	72°	900 à 1000m	
Ile Jean-Mayen.....	71°	800m	

Zone tempérée nord :

Norvège : Dovrefjeld.....	62° 20'	1600m	Nombreux glaciers. ? ?
Kamtschatka.....	56° 40'	1600m	
Montagnes rocheuses. — Chaîne de la Wind-River.	43°	3800m	Trois petits glaciers. Petits glaciers.
Tatra (Hongrie).....	49° 10'	2180m	
Alpes } centrales du Tyrol. Hohe Tauern..... centrales de Suisse. Mont-Blanc.....	47°	2820m	Beaucoup de grands glaciers.
	47°	2860m	
	47°	2750-2800m	
	46° 45'	2860-3100m	
Pyrénées } Versant N..... Versant S.....	42°30'-43°	2700-2800m	Seulement des glaciers suspendus. Pas de neige persistante.
	42°-43°	plus de 3000m	
Etna.....	37° 30'	2900m	Aucun glacier.
Liban.....	34° 18'	2960m	Id.
Himalaya, versant N.....	28°	4800m	Beaucoup de glaciers.
Transhimalaya, versant N.	30°-32°	5500m	Peu de glaciers.
Himalaya, chaîne méridionale, id.....		3400m	Beaucoup de glaciers.

Les deux zones tropicales :

Kilima-Ndjaru.....	3°	5060m	Un petit glacier.
Andes de Bolivie, Est.....	16°	4850-5040m	Aucun glacier.

Zone tempérée sud :

Andes du Chili : Aconcagua.	32° 39'	4485m	Peu de petits glaciers.
Détroit de Magellan.....	53°-54°	1100m	Neiges et glaciers.

Zone glaciaire antarctique :

Terre de Victoria.....	70°-78°	0m	
Mont-Melbourne.....	74° 15°	0m	

AVALANCHES ET GLACIERS.

Au-dessus de la limite des neiges persistantes, il subsiste, chaque hiver, un reste de neige non fondue qui repose sur le résidu de l'année précédente. La couche neigeuse va ainsi en s'accroissant de plus en plus et devrait donc augmenter d'épaisseur chaque année. On a calculé que, depuis le commencement de notre ère, il devrait s'être formée sur les Alpes une assise de neige de plus de 1600 mètres (au Saint-Bernard, par exemple, il en tombe de 5 à 10 mètres par an, et au Grimsel environ 17 mètres). Tout le monde sait que cette énorme épaisseur est loin d'être atteinte. La raison en est bien simple. Sur les pentes où elle se trouve, la neige suit la loi des matériaux meubles : au delà d'une certaine inclinaison, elle peut ne plus supporter son propre poids ; elle *descend* pour être fondue en bas. Cette descente se fait sous deux formes principales :

1^o Sous forme d'*avalanches* ;

2^o — de *glaciers*.

Les avalanches sont des masses de neige qui, par suite de causes diverses, arrivent à se détacher des pentes de la montagne, glissent de plus en plus vite et finissent par acquérir une vitesse et une force considérables. Elles se produisent sur les pentes raides.

Si les avalanches peuvent être considérées comme des glissements brusques de neige, les glaciers, au contraire, sont des glissements lents. Ils se produisent dans les hautes vallées. On peut les comparer à des

fleuves de glaces, tandis que les avalanches ressemblent à des cascades. Ces appareils d'ablation, les avalanches aussi bien que les glaciers, présentent généralement trois parties bien distinctes :

1^o *Une région d'alimentation*. Pour l'avalanche, c'est une pente ; pour le glacier, c'est un vrai bassin analogue au bassin de réception d'un torrent ;

2^o *Une région de cheminement*. Pour l'avalanche, c'est un couloir ; pour le glacier, c'est une vallée, un canal d'écoulement ;

3^o *Une région d'ablation* où s'opère la fusion. Cette région peut être comparée au cône de déjection d'un torrent. La région de fonte est placée plus ou moins bas, suivant le climat ; elle est toujours inférieure à la limite des neiges persistantes. Quelquefois même elle est située au milieu des prairies et des vergers. C'est ce qui arrive par exemple pour les glaciers du Mont-Blanc, qui progressent pendant la dernière partie de leurs cours, au milieu des champs cultivés, à quelques pas seulement des fleurs et des fruits. Certains glaciers alpins descendent ainsi jusqu'à 1000 mètres d'altitude.

Dans le voisinage des pôles, la température est assez froide pour que les glaciers ne puissent pas fondre. Alors ils s'étendent sur la plaine et vont jusqu'à la mer, où ils donnent naissance à ces énormes masses de glaces flottantes qu'on appelle des *icebergs*.

Une étude rationnelle des avalanches et des glaciers comprendra donc la description successive des trois éléments que nous venons de citer, et, parallèlement, nous aurons à considérer les fonctions de ces parties :

1^o L'alimentation ; 2^o le mouvement ; 3^o l'ablation ou fonte des matériaux.

AVALANCHES.

Les avalanches ont fait l'objet des remarquables études de M. Coaz¹, inspecteur des forêts en Suisse, dont on consultera avec fruits la très intéressante monographie.

Comme il a déjà été dit, il y a lieu de distinguer dans une avalanche :

1^o *L'aire d'alimentation*, lieu de détachement et surface d'accumulation ;

2^o Le canal, ou *couloir* ;

3^o Le *cône d'avalanche*.

Aire d'alimentation. — Dans les Alpes, l'aire d'alimentation est située généralement au-dessus de la région des forêts. En Suisse, son altitude varie entre 1800 et 2500 mètres. Elle se produit par suite d'une accumulation irrégulière de neige sous l'action des vents. Cette neige, protégée ordinairement par l'ombre des rochers, finit souvent par former des corniches en surplomb dont le moindre ébranlement de l'air : par exemple, un bruit quelconque, le passage d'un animal, peut déterminer le détachement. Alors elle entraîne tout ce qu'elle rencontre sur son passage. L'avalanche sert ainsi de déversoir à la surface d'alimentation. D'ailleurs, la neige accumulée par les vents ne se détache que si la disposition topographique est

¹ J. Coaz. *Die Lawinen in den Schweizeralpen*. Berne, 1881.

favorable. Dans le cas contraire, elle reste entassée et peut encore, quoique dans de moindres proportions, causer des dégâts. C'est ainsi que, de 1559 à 1560, certains villages des Alpes centrales ont été écrasés par le poids de la neige sans qu'il se soit produit d'avalanches.

Couloir. — Le couloir traverse souvent les forêts et les lieux habités. En Scandinavie, les avalanches descendent jusque dans les fjords et quelquefois arrivent à les obstruer. Il est des avalanches qui appartiennent, au contraire, exclusivement aux régions élevées, c'est-à-dire que leur canal et leur cône, tout aussi bien que leur bassin d'alimentation, sont constamment situés dans la région des neiges persistantes. Les avalanches sont l'origine de beaucoup de torrents. Leurs couloirs ne sont parcourus par des masses neigeuses qu'en hiver et au printemps, et seulement une fois chaque année, ou au plus deux ou trois fois. En été, ces couloirs se transforment en torrents ou ne sont plus que de simples sillons d'éboulis. Leur aspect est d'ailleurs absolument celui d'un torrent coulant presque verticalement.

Les avalanches sont un phénomène *ordinaire* : elles se produisent régulièrement chaque année, en des points déterminés, et sont surtout abondantes après les hivers neigeux. C'est ainsi dans le groupe du Saint-Gothard ; on en compte 530 fonctionnant régulièrement presque chaque année, et un certain nombre d'autres qui sont irrégulières ; elles font descendre, par an, environ 325,000,000 de mètres cubes de neige. Chaque couloir d'avalanches fait donc descendre, en moyenne

600,000 mètres cubes de neige par an, et cela en deux ou trois avalanches seulement. La récurrence de ces phénomènes est d'une telle régularité, que M. Coaz a pu dresser une carte des avalanches suisses.

Mouvement. — Les avalanches doivent être considérées comme la chute d'une série de fragments solides : neige, glace, roches, etc. Or, le mouvement de chute d'une masse de matériaux solides n'est pas comparable à celui d'un seul fragment. Un fragment isolé décrit en rebondissant sur les obstacles des courbes qu'une réunion de parcelles ne peut pas reproduire, parce que, dans le cas d'une masse de fragments, chacun de ces éléments est gêné, en rebondissant, par les particules voisines et leur communique en outre une partie de son mouvement. Les courbes hardies du fragment isolé deviennent ainsi tout à fait impossibles. Il en résulte une *sorte de coulée* dans laquelle les parties les plus voisines du sol tombent plus lentement et sont animées d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes, causé par les obstacles variés auxquels elles se heurtent, tandis que celles qui sont les plus éloignées des parois rocheuses ne tournent pas sur elles-mêmes et coulent plus vite. Au lieu d'une chute bondissante on a donc une coulée, plus plastique qu'élastique, s'appliquant contre les obstacles au lieu de les franchir. Plus la masse est grande et plus les matériaux sont ténus, plus le mouvement ressemble à celui d'un liquide. Il n'est pas difficile de reproduire expérimentalement ces particularités en abandonnant à elle-même une masse de sable sur une pente très raide. Dans la nature, on observe encore les mêmes

phénomènes dans les éboulements de pierres sur le flanc des montagnes.

En résumé, les avalanches sont des *torrents de neige périodiques*, et leur mouvement se rapproche de celui des liquides.

Si au lieu d'étudier les avalanches dans leur mouvement, on les considère dans leur masse et leurs effets, on est amené à en distinguer plusieurs types :

1° Les avalanches de poussière, ou *Staublawinen* ;

2° Les avalanches de fond ou *Grundlawinen*.

3° Quelquefois, on en distingue un troisième type de peu d'importance : ce sont les *avalanches de glace* ou *Eislawinen*, qui se produisent après les chutes abondantes de grêle ou à l'extrémité des glaciers.

Avalanches de poussière. — Ce sont les avalanches de l'hiver. Elles sont superficielles, c'est-à-dire que leur chute ne met pas à nu la paroi rocheuse dont elles se détachent ; elles mettent simplement à découvert la vieille neige, sur laquelle reposait la neige récente et poussiéreuse qui les constitue et sont surtout à craindre dans les parages les plus élevés et après une chute de neige non accompagnée de vent et non suivie de dégel. Alors le moindre mouvement de l'air (un bruit, le passage d'un animal, etc.) peut les provoquer. La neige fraîche et très meuble se détache de la vieille neige, coule, descend sous forme de nuage, agite l'atmosphère, occasionne un vent violent, puis un tourbillon dévastateur. Il se forme en bas un cône de neige poussiéreuse, autour duquel voltige de la neige très fine qui peut s'introduire partout (dans les habits et dans

les maisons), même dans les endroits que l'on croirait devoir être absolument clos. Des forêts entières peuvent être rasées, des habitations et des animaux peuvent être enlevés par ces avalanches de poussière, qui se produisent d'une façon irrégulière, souvent inattendue et en des points que l'on ne peut indiquer d'avance. C'est ainsi que pendant l'hiver de 1877 à 1878, deux avalanches dévastèrent, en Styrie, 44,340 mètres carrés de forêts, cassèrent 3,300 arbres et tuèrent 155 pièces de gibier.

Avalanches de fond. — Elles se produisent au printemps, lorsque la température s'élève brusquement et prélude au dégel. La neige est arrachée jusque *sur le fond* et la surface d'accumulation, le roc vif, mis à nu après le départ de l'avalanche, fait *tache noire* sur la montagne neigeuse. Ici donc, ce n'est pas seulement le revêtement meuble de neige fraîche qui est enlevé, mais toute la neige se détache à la fois.

La neige qui donne naissance à ces avalanches est mouillée, lourde, peut se pétrir et s'agglutiner. Par l'effet de la fonte, l'eau la traverse, la durcit, puis lubrifie le sol et le rend glissant. Alors le moindre accident détermine le glissement, qui peut se transformer en coulée, en roulée, en chute. La neige ainsi humectée ne forme pas de poussière, mais reste agglomérée. Elle descend avec un bruit de tonnerre caractéristique et rebondit beaucoup plus que la neige poussiéreuse; on en a vu dans l'Oberland bernois, par exemple, passer en courbes hardies au-dessus de forêts protégées par un abrupt.

Les avalanches de fond augmentent de volume à

mesure qu'elles descendent. Quelquefois même elles sont déterminées par un petit fragment qui se détache du sommet, roule et amasse sans cesse de la neige autour de lui, « fait boule de neige ».

Les avalanches de fond sont aussi régulières dans leur apparition que celles de poussière sont irrégulières. Elles se produisent toujours ou presque toujours dans les mêmes points. Leurs couloirs sont facilement reconnaissables : nulle végétation arborescente n'a pu les envahir parce qu'elles les balayent à peu près chaque année. Il est donc relativement facile de les éviter. Elles ont lieu généralement au moment le plus chaud de la journée, entre dix heures du matin et trois heures du soir. Parfois même il est possible, d'après l'orientation des surfaces d'accumulation, d'indiquer d'avance l'ordre suivant lequel se fera la chute des diverses avalanches d'un même massif.

Malheureusement, il arrive quelquefois que certaines avalanches de fond se départissent de cette régularité normale. Elles sortent de leur couloir habituel et sont alors absolument désastreuses.

Arrêt. — Arrivée sur un terrain moins déclive que ne l'est la plus grande partie de son couloir, l'avalanche se meut plus lentement. Sa partie frontale avance en roulant sur elle-même, tandis que sa partie postérieure continue à glisser. Le mouvement d'enroulement de la partie frontale s'explique très bien par la résistance du sol qui arrête la partie inférieure du front, tandis que sa partie supérieure continue à avancer en vertu de la vitesse acquise. Cette explication est encore justifiée par ce fait que, dès le moment où

l'avalanche devient « roulante », elle abandonne des bandes de neige sur le sol. En même temps, ces modifications brusques dans la vitesse des diverses parties provoquent des mouvements rotatoires dans la masse de l'avalanche et il se forme des boules irrégulières de neige. Puis, la pente diminuant toujours et les obstacles s'accumulant sans cesse, l'avalanche s'arrête. Alors se produit un bruit (on dit que l'avalanche « crie »); les parties postérieures, encore en mouvement, choquent et poussent les parties antérieures déjà arrêtées. Peu à peu les boules de neige se soudent entre elles et ne sont plus visibles que dans les parties supérieures. L'avalanche devient alors un solide conglomérat neigeux.

La neige de l'avalanche n'est pas toujours semblable à elle-même. Au début, dans le couloir, elle est tendre, et l'individu qui s'y trouve pris est presque aussi libre dans ses mouvements que s'il était dans l'eau : il « nage »; quand la neige « crie », il a la sensation d'une énorme pression ; puis la neige se congèle autour de lui et il semble « pris comme dans un étau ». Enfin, la chaleur du corps fond la glace qui l'entoure, et un homme qui paraissait perdu peut quelquefois arriver à se dégager lui-même.

3° *Cône d'avalanche.* — L'avalanche arrêtée à l'extrémité inférieure de son couloir constitue un *cône d'avalanche*. Ces cônes sont situés dans les vallées et toujours largement étalés. Leur forme est conique, irrégulière. Sur leur surface se voient des ruptures qui vont en divergeant à partir du couloir. Leur épaisseur habituelle varie de 5 à 20 mètres. Ils ont tou-

jours plusieurs centaines de mètres de longueur et de largeur. Les plus petits ont un volume de 10,000 à 20,000 mètres cubes. Ces cônes d'avalanches barrent quelquefois les routes. C'est ainsi qu'entre Davos et Wiesen en Engadine, on a dû, il y a quelques années, traverser un de ces amas neigeux par un tunnel de 50 à 70 mètres destiné à livrer passage à une route. Il en a été de même, en avril 1879, sur la route du Simplon. Ils obstruent aussi quelquefois les cours d'eau, comme cela est arrivé en Suisse, et alors il se produit des inondations qui ne sont, toutefois, pas aussi graves qu'on pourrait le craindre *à priori*, parce que, généralement, la neige fond très vite par suite de l'élévation de température, et de la faible altitude à laquelle la masse neigeuse est descendue, l'eau arrive ainsi à se creuser rapidement un tunnel sous la neige. Il en résulte un *pont de neige* qui persiste souvent assez longtemps à cause de son épaisseur. Certains cônes ont mis deux ans à fondre. D'ailleurs, la neige arrive, petit à petit, à se transformer en névé ou en glace. Après la fusion du cône, on peut encore reconnaître sa trace par les débris de roches, de bois, etc, qui subsistent après la disparition de la neige.

Il n'est pas rare de voir plusieurs cônes d'avalanches combinés entre eux ; alors l'ensemble prend un volume énorme (cône d'Amsteg : 1,000,000 de mètres cubes).

Dégâts des avalanches de fond. — La surface d'accumulation est dégradée ; le sol du couloir est glissant, sillonné ; des pierres y ont été arrachées ; la roche y est usée et quelquefois polie. Des squelettes, des blocs, des racines, des plantes, sont transportés par ce

moyen des régions élevées dans le fond des vallées. C'est ainsi que certains végétaux, tels que *Ranunculus alpestris*, *Soldanella alpina*, etc., qui n'existent normalement qu'à de très grandes hauteurs, viennent former des colonies dans des fonds d'altitude beaucoup plus faible.

Ces avalanches ne sont pas accompagnées de tourbillons ; leurs désastres sont plus localisés que ceux des avalanches de poussière. Dans les cas, relativement rares, où elles abandonnent leur trajet habituel, elles occasionnent beaucoup de ravages. Elles déracinent les arbres, tuent les animaux et les hommes, et quelquefois démolissent des villages entiers. C'est ainsi qu'en Suisse, pendant les années 1878 et 1879, quarante personnes ont été atteintes par les avalanches ; quatorze ont péri assommées, étouffées ou gelées. Cependant on a sauvé la vie à des hommes ainsi enfouis en sondant avec de longues baguettes dans la masse neigeuse. Si la baguette rencontre de la résistance en un point, on se hâte de déblayer.

La chute accidentelle d'une avalanche laisse ainsi longtemps des traces non équivoques de son existence.

Dans les Alpes, le nombre des avalanches tend à augmenter. Elles sont plus fréquentes aujourd'hui qu'au commencement du siècle. Il faut attribuer ce fait en grande partie au déboisement, ainsi qu'il a été nettement mis en évidence en divers parages, notamment dans le canton d'Uri, où certains points, autrefois renommés pour leurs pâturages, sont maintenant dévastés par des cônes de fusion et couverts de pierres.

Il est juste d'ajouter cependant que les avalanches

n'ont pas que des inconvénients ; leur utilité est grande au point de vue météorologique. Si les chutes abondantes de neiges, en mettant de la chaleur en liberté, adoucissent la température des grandes altitudes, la fusion des cônes de neige que les avalanches amoncellent dans les vallées absorbe de la chaleur et s'oppose à une trop grande élévation de la température dans les parties basses de la montagne.

Moyens de protection. — Les forêts placées au-dessus des villages constituent un excellent moyen de protection contre les phénomènes que nous venons de décrire. En Suisse, il n'y a pas longtemps encore, il était défendu, sous peine de mort, de couper du bois dans ces forêts. Quand ces protections naturelles font défaut, ou paraissent insuffisantes, on établit au-dessus des villages des prismes de maçonnerie, de forme triangulaire, qui divisent l'avalanche et la rendent inoffensive. Citons aussi des tunels construits pour préserver les routes, des encorbellements et des niches établies sur le bord des chemins et destinées à abriter les voyageurs. En Suisse également, on a cherché à « corriger » les avalanches par des terrassements, des palissades, etc. Ces travaux peuvent être exécutés dans le couloir ou dans la région d'accumulation. Les pieux plantés avec méthode forment des banquettes et brisent l'avalanche. Le couloir peut alors être reboisé.

Par ces moyens, on peut enrayer la production des avalanches les plus dangereuses, mais il serait illusoire de vouloir les supprimer d'une façon absolue.

Distribution géographique. — Les avalanches sont

fréquentes partout où il tombe suffisamment de neige et où les pentes sont assez raides. Ces deux conditions se trouvent bien réalisées dans les Alpes d'Europe, l'Himalaya et les Alpes de la Nouvelle-Zélande. Dans les Apennins, il ne se produit que de petits glissements de neige. Dans les Cévennes et dans les Vosges, il n'y a point d'avalanches. Il en est de même dans l'Oural; mais on observe ce phénomène dans la Forêt-Noire, les Pyrénées, les Karpathes, le Caucase et la Scandinavie. Les avalanches sont beaucoup plus répandues que les glaciers : ainsi, dans la Sierra-Nevada de Californie, où il y en a, il ne se produit point de glaciers.

GLACIERS.

FORME DES GLACIERS.

La formation de glaciers doit être considérée comme un phénomène général. On peut dire que partout où il existe un relief important dans la région des neiges persistantes, il se produit des glaciers. Nous avons étudié les conditions météorologiques qui favorisent leur développement. Ces conditions sont nécessaires, mais elles ne sont pas suffisantes; il faut y ajouter le concours d'un certain nombre de dispositions orographiques.

Avec des sommets seulement, il ne peut se former de glaciers, car les pointes et les saillies rocheuses divisent la neige et ne permettent pas son accumulation en couches très épaisses. C'est ainsi que dans la Sierra-Nevada d'Espagne les glaciers sont inconnus, bien que l'altitude de ces montagnes soit très sensiblement

supérieure à celle de la limite des neiges persistantes. Ce résultat doit être attribué à la forme particulière de ces montagnes. Pour que le phénomène glaciaire puisse se réaliser, il faut des reliefs importants présentant de grandes surfaces *concaves* au voisinage de la limite des neiges persistantes. Ces concavités servent de *bassins de réception* à la neige tombée sur les sommets environnants et emportée par le vent ou par la pesanteur.

Les glaciers revêtent des aspects bien différents, suivant qu'ils sont situés dans des montagnes relativement récentes, à crêtes abruptes, comme les Alpes, ou dans des montagnes très anciennes, à relief par conséquent plus ou moins arrondi, et à vastes plateaux, comme les Monts scandinaves. Nous en distinguerons trois types principaux.

I. — TYPE ALPIN.

Le bassin d'alimentation est ordinairement très encaissé. Il est situé à la naissance de larges vallées souvent ramifiées et entourées de crêtes et de sommets. La neige descend en glissant dans le fond de ce bassin, s'y transforme d'abord en névé, puis en glace, et en sort par la seule issue possible, la vallée, sous forme de fleuve de glace. Le bassin d'alimentation est désigné aussi par le nom de « Firmmulde ».

Le *glacier proprement dit* est situé au-dessous du névé. Il découle du bassin d'alimentation. Plus le névé¹

¹ Le terme de névé désigne à la fois un état grenu de la neige (v. plus bas) en voie de transformation et, par abréviation, les *champs de névé* ou surfaces du bassin de réception occupées par cette matière intermédiaire entre la neige et la glace.

est étendu, plus le glacier, toutes choses égales d'ailleurs, est grand, ou, en d'autres termes, l'importance du glacier est proportionnelle à l'étendue du névé. Cette loi rend nécessaire une définition précise du névé et du glacier. Le névé est le réservoir du glacier ; Rendu l'appelle le « *glacier-réservoir* ». C'est la région d'accumulation. La condition essentielle de son existence est l'abondance des chutes de neige. Il est situé *au-dessus* de la limite des neiges persistantes. Le glacier, proprement dit, au contraire, est situé *au-dessous* de cette limite. La ligne de séparation entre les deux, ligne que Hugi appelle *Firmlinie*, coïncide donc à peu près avec la limite des neiges persistantes. Cependant, dans tout le massif du Finsteraarhorn, elle est comprise entre 2,474 mètres et 2,501 mètres, c'est-à-dire inférieure de 200 mètres à la limite des neiges persistantes. Elle est moins variable que cette dernière, parce qu'elle a pour substratum de la glace et non le sol qui, étant beaucoup moins homogène que la glace, a une conductibilité et un pouvoir absorbant plus différents d'un point à un autre. Néanmoins, elle est sujette aussi à des oscillations qui peuvent atteindre 100 ou 200 mètres d'amplitude, suivant les années. Rendu appelle le glacier proprement dit « *glacier d'écoulement* ». La fonte y prédomine. C'est donc une région d'ablation et non d'accumulation.

Les névés se forment, soit dans des anfractuosités de la montagne où la neige s'accumule directement, soit dans des « bassins de réception » où les névés se réunissent. Ils sont généralement *composés*, c'est-à-dire constitués par plusieurs niches remplies de neige qui se déversent dans un bassin commun.

Un bon exemple est fourni par le glacier d'Aletsch, où trois névés principaux se réunissent en un seul. Ces névés composés sont la source de grands glaciers. Seuls, les glaciers d'importance minime sont alimentés par des névés *simples*. Tels les glaciers du Glärnisch, dans le canton de Glaris, de Bietsch, dans le Valais, et de Biferten (canton de Glaris).

Parfois aussi, en aval des névés, on voit se réunir des vallées contenant des glaciers déjà constitués : les vallées secondaires confluent alors dans la vallée principale. D'où la distinction des glaciers en glaciers *simples*, formés par une seule vallée, glaciers *composés*, formés par la réunion de deux glaciers simples, et glaciers *polysynthétiques*, provenant de la réunion de plus de deux vallées. Parmi les principaux glaciers polysynthétiques, on peut citer celui de Gorner, dans le massif du Mont-Rose, qui a huit affluents, ainsi que la Mer de glace, qui reçoit cinq glaciers tous composés.

Il arrive donc souvent que deux ou plusieurs glaciers se réunissent en un seul ; mais on connaît aussi des exemples de glaciers qui se divisent en aval de leur bassin d'alimentation. Néanmoins, les bifurcations de ce genre sont tout à fait exceptionnelles, tandis que la confluence est le cas ordinaire. Le glacier de Talèfre, dans le Mont-Blanc, se divise en deux par suite de la présence d'un rocher dans la vallée. Ce rocher, entouré de glace, est connu des habitants du voisinage sous le nom de « *Jardin* ». Dans le glacier de Morteratsch, il existe une bifurcation due également à la présence d'un rocher. Les glaciers de Fiesch, d'Oberaletsch et de Rosenlauri montraient autrefois une

division de ce genre; mais aujourd'hui la bifurcation a disparu, par suite du retrait de la glace. Le glacier de Macugnaga, dans le massif du Mont-Rose, et celui de Miage, dans le massif du Mont-Blanc, étaient autrefois uniques, sans bifurcation; néanmoins les crêtes qui les entourent offrent tellement de prise aux agents atmosphériques, qu'ils ont accumulé des *moraines* énormes. Ces tas de décombres édifiés par les glaciers eux-mêmes ont alors déterminé leur bifurcation.

Classification des glaciers alpins. — Nous avons déjà vu que les glaciers pouvaient être divisés en plusieurs catégories. De Saussure en distingue deux :

1^o *Les glaciers de premier ordre.* Ils coulent dans les vallées. On les appelle encore *glaciers encaissés*. Le névé y est nettement séparé du glacier. Tels sont les glaciers d'Oberaletsch, d'Aletsch, de Fiesch, etc. Le glacier du Casset (Hautes-Alpes) est aussi un bon type de glacier encaissé.

2^o *Les glaciers de second ordre.* Ils ne s'engagent pas dans les vallées et sont généralement situés sur les flancs des montagnes. Aussi sont-ils encore appelés *glaciers suspendus*. Le névé et le glacier n'y sont qu'imparfaitement distincts. Ils sont beaucoup moins importants que les glaciers de premier ordre. Parmi eux on peut citer les glaciers du Mont-de-Lans en Oisans, de Fiesch, de l'Eiger, du Guggi, de Giessen et plusieurs glaciers du versant nord de la Jungfrau. Remarquons cependant que cette distinction est arbitraire, comme toutes les classifications, et, qu'en réalité, on observe tous les passages entre les deux types extrêmes que nous venons de signaler.

DISTRIBUTION DES GLACIERS ALPINS. — De chacun des massifs alpins, des glaciers rayonnent dans les diverses vallées et sur les pentes. Ainsi, dans le groupe du Mont-Blanc, il y en a une vingtaine de premier ordre et trente à quarante glaciers de second ordre ; les massifs de la Vanoise, des Grandes-Rousses, de Belledonne et du Pelvoux en fournissent aussi d'assez importants. Les autres parties des Alpes françaises (massifs du Brec de Chambeyron, etc.) ne donnent que des glaciers peu considérables. Dans le groupe de Finsteraarhorn, on distingue seize glaciers de premier ordre et plus de cent glaciers de second ordre, formant, dans leur ensemble, environ 500 kilomètres carrés de neige et de glace. La longueur des glaciers peut atteindre jusqu'à 16 kil. 1/2, comme c'est le cas pour le glacier d'Aletsch. Un glacier du massif bernois, le Grindelwald inférieur, descend jusqu'à 1,080 mètres (altitude inférieure à celle de Briançon).

GLACIERS DES ALPES (classification)	GLACIERS SIMPLES	}	Glacier de <i>Saleinaz</i> (Valais, Massif du Mont-Blanc).
			— du <i>Rhône</i> (Valais).
			— <i>supérieur de l'Aar</i> (Alpes Bernoises).
	GLACIERS COMPOSÉS (formés par la réunion de deux glaciers simples).	}	— <i>de Forno</i> (Maloja, Grisons).
			Glacier de <i>Fiesch</i> (Valais).
			— <i>Vernagt</i> (Oetzthal, Tyrol).
	GLACIERS POLYSINTHÉTIQUES (composés de plus de deux glaciers simples).	}	Glacier de <i>Gorner</i> (Mont-Rose), 5 courants principaux.
			— d' <i>Aletsch</i> (Valais, Alpes Bernoises).
			— <i>inférieur de l'Aar</i> (Bassin de l'Aar, Alpes Bernoises).
— de <i>Morteratsch</i> (Bernina).			
			<i>La Mer de glace</i> (Mont-Blanc), 3 courants principaux.

GLACIERS DES ALPES.

Répartition des principaux glaciers par massifs et par ordres.

(de I^{er} ordre ou de vallée, de II^e ordre, ou suspendus).

Massif du Mont-Blanc.....	I. }	Glacier d'Argentière.		
		Mer de glace.		
		Glacier des Bossons.		
		— de Tré-la-Tête.		
		— de Miage.		
		— de la Brenya.		
		etc., etc.		
	II.	de 30 à 40 glaciers suspendus.		
			Longueur.	Altitude de l'extrémité inférieure.
			-----	-----
Massif du Finsteraarhorn..	I. }	Grand glacier d'Aletsch...	16 ^k 5	1382 ^m
		Glacier de Fiesch.....	8 25	1500
		— inf ^r de l'Aar.....	10 55	1879
		— — de Grindelwald	7 37	1080
		etc.		
	II.	Plus de 100 glaciers suspendus.		
Massif du Mont-Rose.....	I.	15 grands glaciers.		
	II.	120 glaciers suspendus.		
Massif de la Bernina.....	I. }	Glacier de Morteratsch...	9 ^k 15	1908 ^m
		— de Roseg.....	7 5	2000
		— de Fex.....	3 »	2160
		etc.		
	II.	30 glaciers suspendus.		
			Longueur totale du névé et du glacier.	
Massif de l'Ëtzthal.....	I. }	Glacier de Gepaatsch.....	11 ^k 3	
		— de Gurgler.....	9 99	
		— de Vernagt.....	7 56	
		— du Hochjoch.....	5 62	
		20 glaciers de I ^{er} ordre.		
	II.	209 glaciers suspendus.		
Massif du Gross-Venediger.	I. }	Glacier de Krimml.		
		— sup ^r de Sulzbach.		
		— inf ^r id.		
		etc., etc.		
Massif du Gross-Glockner.	}	Glacier de Karling.		
		— de Pasterze.		
		etc., etc.		

Massif de l'Ankogel et du Hochalpenspitz : peu importants (les plus orientaux des glaciers alpins).

Dans le massif du Mont-Rose, on compte 15 glaciers de premier ordre et 120 de second ordre. Citons encore les glaciers moins importants qui descendent des groupes du Galenstock, du Tœdi, du Rheinwald, de la Silvretta, les grands glaciers de la Bernina, de l'Ortler, de l'Adamello et de l'Ëtzthal. Ce dernier massif en fournit une série considérable; il présente 400 kilomètres carrés de glace alimentant 20 glaciers de premier ordre et 209 glaciers de second ordre. Le groupe du Hohe-Tauern a 410 kilomètres carrés de glace. Ses glaciers les plus remarquables sont ceux du Gross Venediger et du Gross Glockner. Quelques autres petits massifs fournissent encore des glaciers. Ce sont surtout le Stubayer, l'Ankogel et le Hochalpenspitz; les glaciers qui en descendent sont les plus orientaux de la chaîne alpine.

Un coup d'œil d'ensemble sur cette chaîne alpine, nous montre que, malgré le développement considérable qu'y prennent les phénomènes glaciaires, on n'y compte que 40 glaciers (névé compris), dont la longueur dépasse 7 k. 1/2. Pour un grand nombre, la longueur varie de 5 à 7 k. 1/2. Ces glaciers s'étendent en France, en Italie, en Suisse et en Autriche dans les proportions indiquées par le tableau suivant :

CONTRÉES	Glaciers de 1 ^{er} ordre.	Glaciers de 2 ^{me} ordre.	TOTAL
France	25	119	144
Italie	15	63	78
Suisse	138	333	471
Autriche	71	391	462
Alpes en général	249	906	1155

Ces chiffres ne sont qu'approximatifs, si l'on tient compte des divergences dans les appréciations qui ont guidé les auteurs des diverses statistiques dressées jusqu'à ce jour. Un glacier cité comme appartenant au premier ordre, par tel observateur, peut être considéré par tel autre, comme étant de second ordre. Outre que dans les classifications naturelles, les limites sont toujours plus ou moins indécises, en ce qui concerne le cas présent, les divergences portent même sur la définition même. C'est ainsi que certains auteurs, considérant comme glaciers toute accumulation un peu notable de névé, ont abouti à un total de 2,000 glaciers pour les Alpes. Il est évident que ce nombre est très exagéré, si l'on adopte les définitions qui ont été indiquées plus haut.

Avant d'aborder l'étude du deuxième type de glaciers, il est bon de faire remarquer que, dans les glaciers alpins, *les lignes de partage des glaciers* (lignes analogues, par leur définition, aux lignes de partage des eaux), sont des crêtes rocheuses plus ou moins larges où la neige ne peut se maintenir. Un bel exemple est fourni par le Petersgrat, entre le névé de Kander, tributaire de l'Aar, et le névé de Lotschen, tributaire du Rhône, ainsi que par la crête qui sépare le glacier de l'Homme en Oisans de son voisin.

II. — TYPE SCANDINAVE.

Les glaciers de ce groupe sont surtout fréquents en Norwège. Ils s'alimentent en grand nombre à d'immenses névés qui, au lieu d'être encaissés dans des cirques montagneux, sont situés sur de hauts plateaux ondulés s'abaissant brusquement vers les vallées et

les fjords. Des bords de ces champs de névé descendent beaucoup d'avalanches et un très grand nombre de petits glaciers simples. Le névé le plus étendu en Norvège est celui de Justedal (Justedalsbrae) dont la surface n'a pas moins de 900 kilomètres carrés. Il est compris entre 1,000 et 2,038 mètres d'altitude. Environ 20 glaciers de premier ordre ayant de 1 à 5 kilomètres de longueur y prennent naissance. Le névé de Folgefond, situé sur un plateau de 1,305 mètres d'altitude moyenne et de 250 kilomètres carrés de superficie, est aussi très important. Trois glaciers de premier ordre et beaucoup de petits glaciers en descendent.

III. — TYPE GROENLANDAIS.

On ne connaît que très imparfaitement l'intérieur du Groënland, pays inhabitable, sauf sur les côtes où se trouve une étroite bordure dépourvue de glace. Malgré sa poétique dénomination de pays vert, c'est cependant là une des régions les moins vertes du monde; on croirait voir, disent les observateurs, une immense inondation de névé et de glace qui aurait rempli totalement les vallées et ne laisserait même plus émerger de reliefs étendus. C'est à peine si l'on aperçoit quelques sommets isolés appelés « Nunataker », et qui font tache noire sur l'immense et monotone nappe blanche. La côte est découpée et présente des fjords analogues à ceux de la Norvège. Au fond de ces fjords se sont formés de grands glaciers de premier ordre, avec d'énormes murailles de glace de 40 à 100 mètres de hauteur. Ces glaciers ne représentent que des ramifications, des « apophyses » du « Sermersoak », ou

grande glace, (glace continentale ou calotte glaciaire), qui couvre tout le pays, c'est-à-dire une surface de 830,000 kilomètres carrés au minimum. Cette calotte a une épaisseur qui varie entre 300 et 1,000 mètres. Elle s'incline doucement vers la côte. En remontant dans l'intérieur on est arrivé jusqu'à une altitude de 1,570 mètres et la grande glace s'élevait toujours en pente douce et régulière. On s'est demandé si l'on n'est pas là en présence des bords d'un immense condenseur montagneux d'où descendraient de gigantesques névés. Certains auteurs pensent que ce sont des restes d'une période glaciaire ; la glace groenlandaise serait, dans ce cas, une « glace fossile ». La surface de cette calotte neigeuse n'est pas absolument plane ; elle est ondulée quelquefois assez fortement pour qu'il en résulte de vraies collines de glace. Elle est parsemée de flaques d'eau, espèce de petits lacs qui gèlent et dégèlent régulièrement, suivant la marche du soleil et qui doivent leur origine à des amas de débris, à des poussières diverses absorbant bien mieux que la glace la chaleur solaire. La glace se comporte comme une matière semi-fluide et par conséquent plastique, se moulant sur les irrégularités du sol et pénétrant même dans les anfractuosités des récifs rocheux. La neige ne persiste sur cette glace qu'à une altitude très élevée ; la limite des neiges persistantes oscille, en effet, au Groenland, entre 1,800 et 2,000 mètres. Ces chiffres mettent clairement en évidence la diminution des précipitations atmosphériques dans ces régions. Sous cette glace, circulent des cours d'eau qui viennent se jeter dans la mer au fond des fjords où ils donnent des sources abondantes.

Les glaciers du Groenland sont très nombreux et très importants. Celui de Frederikshaab, situé sur le 63^e parallèle, a une largeur minimum de 12 kilomètres et une longueur de 60 kilomètres. Certains d'entre eux descendent à la latitude de Saint-Pétersbourg. On a calculé que les 100 glaciers groenlandais fournissent en moyenne plus de 100 milliards de mètres cubes de glace par an.

En résumé, il y a lieu de distinguer parmi les glaciers trois types principaux :

I. Le *type alpin*, qui est réalisé dans les Alpes, le Caucase, l'Himalaya, la Nouvelle-Zélande et le Nord-Ouest du Groenland. — Les glaciers de cette catégorie sont nettement individualisés.

II. Le *type scandinave* : les glaciers proprement dits sont distincts les uns des autres, mais les névés ne sont que peu ou point séparés et constituent, en quelque sorte, un réservoir commun.

III. Le *type groenlandais*, caractérisé par ce fait que les glaciers sont tous confondus en une seule masse qui se ramifie sur les bords.

Ici encore, la distinction n'est pas absolue : il existe des types intermédiaires entre les trois espèces fondamentales que nous venons de définir.

Aspect extérieur d'un grand glacier de premier ordre. C'est un spectacle imposant que celui d'un glacier d'une certaine importance. On croirait voir un fleuve subitement gelé et immobilisé qui s'avancerait dans la vallée,

entouré de débris et de roches, au milieu des prés, des bois et des champs de blé. Souvent il faut remonter bien haut pour trouver son origine. Il suit les sinuosités de la vallée, contourne les promontoires, varie en largeur et en profondeur. Le glacier s'élargit où la vallée augmente de largeur, se divise lorsqu'il rencontre des obstacles ; des fentes apparaissent alors à sa surface ; elles avancent, se ferment et se reproduisent. Parfois il présente des cascades, comme par exemple le glacier du Rhône ; on voit alors le glacier se fendre, se morceller et se ressouder plus bas, donnant l'impression d'une cataracte gelée. Le glacier paraît immobile ; mais une observation patiente fait voir qu'il ne l'est pas, il coule, se meut dans le sens de la pente, à la manière d'un torrent. Ce mouvement, très lent, est dû à la pesanteur, ainsi que nous le verrons plus loin. Il est arrivé bien souvent que des objets abandonnés par des touristes, dans les parties supérieures du glacier, ont été rendus quelque temps après par la glace, à l'extrémité inférieure. Chacun connaît, par exemple, l'anecdote de l'échelle de M. de Saussure. On peut mettre en évidence, d'une manière très simple, la mobilité de ces fleuves de glace : on place à la surface d'un glacier, sur une ligne transversale, une série de piquets, repérés en ligne droite au moyen de deux pieux placés sur les deux rives. Au bout d'un temps plus ou moins long, on constate que la ligne des piquets n'est plus droite ; elle s'est incurvée dans le sens de la pente, présentant vers l'aval une convexité marquée. On voit donc que les piquets de la partie médiane ont avancé vers le bas de la vallée, ce qui indique un mouvement plus rapide vers le milieu que sur les bords. La cause de ce phé-

nomène doit être attribuée aux frottements exercés par les rives rocheuses du glacier sur les parois qui l'encaissent. Le ralentissement que le glacier subit sur ses bords est encore bien indiqué par les bourrelets concentriques, boueux, analogues à des vagues que l'on remarque à la surface, et qui sont tous allongés vers leur milieu dans le sens de la pente. On a remarqué aussi que la vitesse est plus grande à la surface qu'au fond, qu'elle augmente dans les étranglements et diminue, au contraire, quand le glacier s'élargit ; dans les tournants, il y a surélévation du glacier sur la rive convexe et la ligne du maximum de vitesse se rapproche de la rive concave. Au passage des gorges, il y a ralentissement en amont, accélération et gonflement vertical au passage de la gorge. Ce sont là, sans exception, les lois du mouvement de l'eau courante.

En comparant les glaciers à des *torrents de glace*, on exprime donc autre chose qu'une simple apparence, et cette épithète se trouve vérifiée par l'étude intime de leur constitution.

Formes spéciales de certains glaciers. — Certains glaciers affectent des formes spéciales. Ils rencontrent parfois des parois verticales, des abrupts. Alors le glacier se casse, la glace tombe dans l'abîme, en faisant un bruit de tonnerre : il se produit des *avalanches de glace* qui tombent périodiquement, en nombre plus ou moins grand, suivant la période de croissance ou de décroissance du glacier. Ces avalanches rendent un son plus clair que celui des avalanches ordinaires, bruit terrible auquel les habitants du pays ne se trompent pas. Elles sont le plus souvent produites par les glaciers suspendus. Arrivée au bas de l'à-pic, la glace fond

partiellement ; les blocs détachés se ressoudent ; il se forme un cône de déjection, dont l'épaisseur va toujours en augmentant. Il arrive quelquefois que ce cône donne naissance à un nouveau glacier alimenté par des avalanches de glace. C'est ce qu'on appelle un glacier « *régénéré* », remanié.

(Par exception, des avalanches de *neige* peuvent alimenter un glacier s'il est entouré de nombreuses anfractuosités, comme cela se voit dans le massif du Simplon).

Les avalanches de glace sont particulièrement fréquentes sur le versant nord de la Jungfrau ; on les observe de la Wengernalp ; elles se font entendre à 20 et à 50 kilomètres de distance. Ce phénomène intéressant se produit également dans les hauteurs du Tœdi, sur le versant sud du Glaernich, à la Bernina, etc. Ces avalanches ne sont pas dangereuses parce qu'elles se produisent d'habitude dans des régions inhabitées. Toutefois, pendant la période de croissance des glaciers qui s'est étendue de 1814 à 1819, elles ont fait des dégâts énormes (catastrophe de Randa, dans le Valais, du val Ferret (1728), etc.). C'est ainsi qu'en 1818, la vallée de la Dranse fut barrée par un de ces amas de glace ; il se produisit un grand lac en amont du barrage, et lorsque la débâcle arriva, les eaux accumulées s'écoulèrent subitement et occasionnèrent beaucoup de ravages.

Lorsqu'un glacier présente une chute, la partie supérieure et la partie inférieure ne communiquent souvent que par des avalanches de glace. Le plus bel exemple de ce cas est le glacier de Suphell au fond du Fjerland-fjord. Cependant le glacier du Rhône reste cohérent malgré sa chute ; il s'y produit des fentes,

des morcellements, mais pas d'avalanches ; toutefois il est probable que si le retrait des glaciers continue encore pendant quelques années, ce glacier ne tardera pas à se rompre complètement et se séparera en deux parties distinctes : un glacier supérieur et un glacier inférieur régénéré.

Nous sommes amenés, d'après ce qui précède, à constater parmi les propriétés physiques de la glace des glaciers, d'une part, une mobilité semblable à celle d'un liquide ; d'autre part, une rigidité occasionnant des cassures et des crevasses. Nous verrons, dans la suite de ces études, comment ces résultats, en apparence contradictoires et paradoxaux, s'expliquent scientifiquement par les lois élémentaires de la physique.

LACS GLACIAIRES.

On appelle ainsi des lacs dont l'existence est liée à celle des glaciers. Leur nombre est assez considérable. Il le serait davantage, si les cours d'eau ne se creusaient pas aisément un passage à travers la glace. En raison même de cette facilité, et aussi par suite des périodes alternatives d'accroissement et de retrait que subissent les glaciers, le niveau de ces lacs est très variable. On les a divisés en trois groupes :

1^o *Lacs de fusion*. — Ces lacs sont situés dans la glace. Ils sont dus à la fusion de la glace par la chaleur solaire. Généralement placés à la réunion de deux glaciers, comme le lac de Tacul, entre le glacier du

Géant et le glacier de Léchaux, près de Chamounix, ils n'ont qu'une existence sporadique et momentanée, leur niveau varie beaucoup. C'est ainsi que les variations du lac de Tacul, fort bien étudiées par Forbes, sont en rapport avec le débit de l'Arveyron, qui en découle. Les glaciers de Gorner, de Corbassière, de l'Aar, etc., produisent aussi des lacs de ce genre. Il en est de même des lacs que l'on trouve au Groenland, au pied des Nunataker, jusqu'à 1,250 mètres d'altitude. Ils sont temporaires et se forment dans les endroits protégés où se rassemble l'eau de fusion du glacier;

2° *Lacs de barrage situés dans les vallées principales* dont le cours d'eau est coupé, « barré » par un glacier sortant d'une vallée latérale. Ils ont généralement une forme triangulaire. Le glacier ne constitue qu'un des côtés de ce triangle, la base, si l'on veut. Ordinairement, l'eau se creuse un tunnel dans le glacier; mais ce tunnel n'est souvent pas assez large pour permettre un écoulement suffisant. Les principaux exemples de ces lacs sont : 1° le lac de Combal, situé dans l'Allée blanche, à 1,760 mètres d'altitude, produit par le glacier de Miage. Son eau est souvent trouble; quand elle est claire, elle est d'un beau vert-bleu. Le niveau en est assez constant, car sa base est formée par d'anciennes moraines qui sont stables, des végétaux s'étant développés dans les boues glaciaires qu'elles contiennent; son déversoir est la Doire; 2° le lac de Mattmark, sur le versant Nord du massif du Mont-Rose, dans la vallée de Saas; le glacier d'Allatin, qui lui a donné naissance, n'existe plus. C'est la moraine qui forme encore le barrage actuel. On voit donc que les lacs de barrage sont destinés à devenir, à certains

moments de leur existence, des *lacs morainiques*. On pourrait citer, dans l'Himalaya et dans le Caucase, de nombreux exemples de lacs de cette nature ;

3^o *Lacs de barrage situés dans une vallée latérale* dont l'issue, dans la vallée principale, a été obstruée par le glacier de la vallée principale. Dans ce cas, à l'inverse du précédent, la vallée latérale est donc occupée par un cours d'eau, et la vallée principale par un glacier. Ces lacs ont aussi la forme d'un triangle dont le glacier forme la base. Tels sont :

1^o Le lac de Rutor, dans la vallée de la Dora Baltea, près d'Aoste, formé par l'obstruction du glacier du Rutor. C'est un torrent barré. Naturellement son niveau oscille avec celui du glacier. Il varie entre 2,382 mètres et 2,430 mètres d'altitude. Quelquefois il donne lieu à des débâcles dévastatrices qui occasionnent périodiquement sur la route du Petit Saint-Bernard des dégâts considérables ;

2^o Le lac d'Oetzthal, dans le Tyrol ;

3^o Un petit lac formé par le glacier de l'Aar inférieur, au-dessus du pavillon Dollfus ;

4^o Le lac de Merjelen, près du glacier d'Aletsch, est le plus joli de tous les lacs de barrage et le plus fréquemment cité. Son eau est presque toujours transparente, d'un bleu foncé, un peu verdâtre ; on y voit souvent flotter de petits icebergs.

Les lacs de glaciers sont nombreux en Scandinavie et au Groenland. Dans cette dernière contrée, à 62^o 1/2 de latitude nord, se trouve le lac de Tasersuak (4 kilomètres de largeur et 20 kilomètres de longueur), qui doit être considéré comme le fond d'un fjord barré par les glaces.

On a vu qu'un grand nombre de ces lacs de barrage étaient destinés à devenir des lacs morainiques. Les glaciers, en effet, sont assujettis à des périodes alternatives de croissance et de retrait. Pendant les périodes de recul, les anciennes moraines frontales, abandonnées par la glace, demeurent seules pour barrer le passage à l'eau. Elles sont généralement suffisantes pour provoquer un abondant reflux, grâce à la végétation plus ou moins abondante qui finit par s'établir dans les boues glaciaires cimentant les blocs et les pierres de la moraine.

Signalons ici un rapprochement curieux entre les phénomènes glaciaires et les phénomènes volcaniques ; il est à remarquer que les lacs morainiques présentent la plus grande analogie avec les lacs de barrages produits par les coulées de lave. C'est ainsi que les « cheires » (coulées de lave) d'Auvergne ont occasionné, dans le Plateau central de la France, des lacs (lac d'Aydat, etc.), parmi lesquels on peut distinguer des catégories homologues de celles dont nous venons de parler.

DONNÉES NUMÉRIQUES.

Avant de nous occuper de l'intérieur même du glacier et des matériaux qui le composent, il n'est peut-être pas inutile d'appuyer les études précédentes par quelques données numériques.

Les bassins d'alimentation des glaciers alpins de premier ordre ont une étendue qui est généralement supérieure à 5 kilomètres carrés. La largeur des névés

est en moyenne de 2 kil. 1/2. Le vrai glacier a généralement une largeur comprise entre le dixième et le tiers de la largeur du névé. Le bassin d'alimentation de la Mer de glace a une surface de 30,13 kilomètres carrés. Celui du glacier d'Aletsch a 100 kilomètres carrés environ; la longueur totale du glacier est de 24 kilomètres, et celle du glacier proprement dit, de 16 kilomètres.

Ces mesures ne sont pas les seules qu'il soit utile de connaître. Il convient d'enregistrer aussi l'altitude du bassin de réception et celle de l'extrémité inférieure du glacier. Nous avons déjà vu que l'extrémité inférieure du glacier de Grindelwald n'est qu'à 1,080 mètres; en 1818, il a même atteint l'altitude de 983 mètres. Dans les Alpes, aucun autre glacier ne descend aussi bas. Son extrémité supérieure, celle qui touche la « Firnlinie », est à 2,300 mètres d'altitude. Le glacier des Bois, dépendant de la Mer de glace, descend jusqu'à 1,117 mètres, et celui des Bossons, jusqu'à 1,115 mètres. C'est dans les Alpes centrales que les glaciers pénètrent le plus bas dans les vallées. Dans les Alpes orientales, le climat ayant un caractère continental, les chutes de neige sont moins nombreuses et moins abondantes, les glaciers descendent donc moins bas; le glacier qui atteint la plus faible altitude, dans les Alpes autrichiennes, s'arrête à 1,740 mètres. Il est du reste évident que, toutes choses égales d'ailleurs, l'altitude de l'extrémité inférieure des glaciers de second ordre est plus élevée que celle des glaciers de premier ordre.

Il résulte de mensurations officielles, que la surface glaciaire totale de la Suisse est de 1,838 kilomètres

carrés. Celle de l'ensemble du massif alpin est comprise entre 3,000 et 4,000 kilomètres carrés.

La *pente* des glaciers varie beaucoup; celle des grands glaciers oscille entre 5 et 10°. La pente du champ de névé est généralement plus grande que celle des parties inférieures; il arrive même parfois que, sur une certaine longueur, la pente du glacier devient nulle. Il coule alors horizontalement. C'est ce qui se produit sur une longueur de 1,500 mètres, dans le glacier de Gorner. Les pentes de 20° à 30° sont rares. Dans les grands glaciers, elles sont généralement marquées par des *chutes*; telles sont les chutes des glaciers du Rhône, de Tacconnaz, etc.; mais ces pentes de 30° sont au contraire assez fréquentes dans les glaciers suspendus; quelquefois même ces derniers présentent des inclinaisons de 50°. Remarquons aussi que la pente de la surface du glacier est plus grande que celle de la surface du sol sur lequel il s'appuie. Cette différence augmente vers l'extrémité inférieure du glacier où la fusion est plus intense et où le glacier, par suite, se termine plus ou moins en biseau. La valeur de cette différence est ordinairement enregistrée par les observateurs sous le nom de la *pente spécifique* du glacier. On conçoit que si elle est fonction de l'ablation, elle l'est aussi de la vitesse du glacier.

L'*épaisseur* du glacier n'est pas moins variable. Elle est énorme dans les vallées étroites où elle peut dépasser 400 mètres. Elle est beaucoup plus faible dans les points où les vallées s'élargissent (de 10 à 100 mè.). On la mesure par les crevasses. Agassiz a pu faire, dans le glacier de l'Aar, un sondage de 260 mètres sans trouver le fond, et il résulte de ses observations

que l'épaisseur maximum de ce glacier doit atteindre 460 mètres.

On s'est encore occupé d'évaluer le *volume* des glaciers. Le glacier d'Aletsch a environ 10,800,000,000 de mètres cubes de glace. Avec la glace du glacier de Gorner, on pourrait construire trois villes comme Londres. Ces chiffres donnent une idée de l'immense quantité d'eau accumulée sous cette forme dans les hautes montagnes.

ALIMENTATION ET MATÉRIAUX DES GLACIERS.

L'eau à l'état solide se présente sous diverses formes dans les hautes montagnes. On l'y trouve à l'état de neige poudreuse, de neige floconneuse, de glace des sommets, de névé, de glace bulleuse et de glace des glaciers.

A. — *Chutes de neiges*. (Enneigement). — Les chutes de neige se produisent ordinairement entre $+ 4^{\circ}$ et $- 8^{\circ}$. Ce n'est que très exceptionnellement qu'on en a constaté jusqu'à $+ 8^{\circ}$ et jusqu'à $- 12^{\circ}$. La neige tombant par une température inférieure à 0° est sèche, légère, très meuble, poudreuse et ne peut se masser en boule. Vue au microscope, elle est composée de petits cristaux hexagonaux et de macles étoilées. Si la température s'élève vers 0° , les petits cristaux se transforment en gros flocons. La neige est alors relativement lourde et se masse facilement.

Dans un même lieu, les chutes de neige sont variables suivant les années, et, dans des lieux différents, elles varient suivant la région et la disposition topo-

graphique. Nous rappellerons que les montagnes sont plus riches en précipitations neigeuses que les autres régions ; que cela tient : 1^o à l'ascension des couches d'air qui se refroidissent en s'élevant et dont la vapeur d'eau se condense ; 2^o au rayonnement nocturne des sommets qui se refroidissent rapidement et servent alors de condenseurs dans un air plus chaud qu'eux. Nous répéterons aussi que, sur les côtes, les pluies sont plus fréquentes qu'à l'intérieur des continents ; que les montagnes voisines de la mer, telles que l'Himalaya et les Monts scandinaves, sont plus neigeuses que les autres ; qu'il en est encore ainsi, dans un même massif montagneux, pour le versant exposé aux vents humides, ainsi que cela se vérifie dans l'Himalaya, dans le Caucase et dans la Nouvelle-Zélande.

L'observation a révélé, en outre, un fait qui, de prime abord, paraît paradoxal. L'abondance des précipitations neigeuses augmente jusqu'à une certaine altitude, puis diminue au-dessus ; de sorte que dans chaque région, il existe une zone moyenne comprise entre les hautes et les basses altitudes et où les précipitations neigeuses atteignent un *minimum*. Ainsi, dans l'Himalaya, il neige en été, seulement dans les parties très élevées, et, en hiver, il neige surtout dans des parties beaucoup plus basses. Entre les deux, se trouve une région dépourvue de neige et s'étendant entre 3,400 et 4,900 mètr. d'altitude, qui est couverte de beaux pâturages dans lesquels paissent de nombreux troupeaux ; tel est le plateau de Pamir. Dans les Alpes orientales, la quantité des neiges annuelles diminue au-dessus de 1,500 mètres. Dans les Alpes centrales, le maximum est à 2,000 mètres. La hauteur des nuages

dans les Alpes est généralement comprise entre 2,000 et 2,400 mètres. Cependant, les cirrhus qui sont les plus élevés de tous les nuages peuvent atteindre l'altitude de 7,000 mètres.

Ces questions ont encore été peu étudiées et sont d'ailleurs relativement peu importantes au point de vue qui nous occupe. Ce que nous devons connaître, c'est le résultat de l'enneigement, c'est-à-dire l'épaisseur, la couche de neige qui existe, en un lieu donné, à la fin de l'hiver, avant le commencement de la fonte. Au Grimsel, à une altitude de 1,800 mètres, il tombe en moyenne 2^m,55 de neige par an ; au col de Julier, à 2,287 mètres, il en tombe 8^m,25. Mais ces épaisseurs sont très difficiles à évaluer d'une manière précise, car la neige fraîche peut, par suite du tassement, diminuer de plus de la moitié de son volume avant de fondre. Cette diminution de volume enlève à peu près toute valeur aux chiffres ci-dessus, parce qu'il est très probable que les mesures n'ont pas été faites dans les mêmes conditions de tassement. On peut évaluer l'épaisseur des neiges annuelles à l'aide du pluviomètre. Pour cela, il suffit de connaître la densité de la neige (0,08250). On obtient ainsi des chiffres bien supérieurs à ceux que fournissent les mesures directes.

Le maximum de chute de neige dans les Alpes ne coïncide pas avec le maximum de précipitation aqueuse. Il se produit plus haut et correspond probablement à la région des neiges persistantes et des bassins d'alimentation des glaciers. Au Grand Saint-Bernard et au Grimsel, il est tombé, en 1845, 17^m,50 de neige, qui, en avril 1846, étaient réduits à 2^m,30 de névé.

Il résulte de statistiques nombreuses qui ont été faites en Suisse, que, sur 100 parties (en poids) d'eau, il en tombe, à Genève, 6 sous forme de neige ; à Martigny, 11 ; à Davos, 45 ; au Simplon, 62, et au Saint-Bernard, 63. D'une manière générale, en Suisse, au-dessus de 2,000 mètres, il tombe 62 % de neige et seulement 38 % d'eau liquide. Dans les Alpes orientales, le pour cent de neige augmente du quadruple entre 350 et 1,000 mètres.

Dans la région neigeuse inférieure (voisine de la limite des neiges persistantes) et dans la région des névés et des bassins de réception des glaciers, l'augmentation annuelle de la couche de neige fraîche est de 10 à 20 mètres, qui produisent de 2^m,5 à 5 mètres de neige tassée et de 1^m,03 à 2^m,6 de névé. Plus haut, la sécheresse de l'air augmente et les précipitations diminuent. Cependant Dollfus-Ausset a enregistré, à une altitude de 3,333 mètres (col de Saint-Théodule), la chute, en un point, de 2^m,04 de neige tassée.

En résumé, dans les bassins de réception des glaciers, l'alimentation annuelle est d'au moins 2 mètres de neige tassée ou de 1 mètre de névé ; mais cette couche ne reste pas uniformément répartie sur la surface du sol : il y a accumulation dans les fonds. Dans les Alpes, le maximum de chute annuelle de neige a lieu, très probablement, dans la partie inférieure de la région des neiges persistantes, et là, plus de la moitié des précipitations (plus haut, presque la totalité), s'effectue sous forme de neige.

Exceptionnellement, de fines gouttes de pluie ont été observées à une altitude supérieure à 3,000 mètres. Ordinairement, il n'y tombe que de la neige en fines

aiguilles analogues à celles que l'on voit se former dans la plaine par les temps très froids.

B. — *Neige poudreuse*. — Elle couvre de vastes étendues. On la rencontre surtout au-dessus de 4,000 mètres. Elle ne « porte » pas : on y enfonce facilement. Très blanche, très mobile ; elle est le jouet des vents qui la soulèvent en nuages autour des hauts sommets (lorsque le Mont-Blanc est entouré d'un pareil nuage, on dit qu'il « fume sa pipe »). Ces tourmentes de neige forment des jetées et des sortes de dunes (gonfles) dans les endroits abrités. Lorsque la température vient à s'élever un peu, cette neige se colle aux rochers dans les endroits protégés, devient cohérente et finit par constituer des sortes de corniches en surplomb sur les escarpements. Ces corniches de neige sont naturellement très dangereuses, le défaut de point d'appui les faisant céder sous l'action de la moindre surcharge.

En été, il se forme, sur la neige poudreuse, des *croûtes de glace* (Hocheis) souvent assez solides pour « porter », c'est-à-dire supporter le poids d'un homme, sans se briser. Cette glace des grandes altitudes est due à l'action du soleil ou de la pluie. La fusion de la surface de la neige par l'action du soleil répétée pendant plusieurs jours et suivie, chaque jour, par le regel que provoque le refroidissement nocturne, finit par faire pénétrer de l'eau liquide jusqu'à une certaine profondeur. Pendant la nuit, cette eau, qui imbibe la neige, se regèle et donne lieu à la production d'une croûte de glace. Ce phénomène se manifeste fréquemment sur les pentes exposées au soleil.

On a remarqué aussi que les surfaces rocheuses des hautes altitudes se couvrent de glace, sans chute de pluie ni de neige, par l'action seule des variations de température sur la vapeur d'eau contenue dans l'air. Cette glace, par les fusions intermittentes auxquelles elle est exposée pendant les belles journées, donne de l'eau qui pénètre dans la neige, et il en résulte aussi des croûtes de glace. Au Mont-Rose, à l'altitude de 3,264 mètres où, semble-t-il, on ne devrait trouver que de la neige poudreuse, on a ainsi constaté l'existence de larges flaques de glace. Ces flaques de glace ont quelquefois une puissance très considérable. (De Saussure, au sommet du Mont-Blanc, a mesuré une épaisseur de glace de 50 mètres.) Dans la Bernina, au Piz-Rosegg, à 3,700 mètres d'altitude, on a trouvé des croûtes de 85 mètres, et à la Jungfrau, à 3,400 mètres d'altitude, une couche glacée épaisse de 90 mètres.

C. — *Névé*. — La neige poudreuse est précipitée dans les bassins les plus voisins. Elle s'y accumule en grande quantité et, avant de fondre, elle y subit plusieurs transformations.

D'abord, les aiguilles cristallines de neige se groupent en grains par fusion partielle ; peu à peu la neige devient de plus en plus grenue et de plus en plus lourde : elle se transforme en *névé* (en allemand « Firn ») ; vulgairement on l'appelle quelquefois « vieille neige ». Cette transformation de la neige en névé s'effectue d'ordinaire assez lentement ; mais lorsqu'il fait chaud, elle peut se produire en quelques heures. Il n'existe pas, dans les bassins d'alimentation, de limite précise entre la neige poudreuse et le névé que relie toutes

les transitions possibles. Cependant, dans l'ensemble, le névé se distingue très bien de la neige, non seulement par sa plus grande densité et sa structure grenue, mais aussi par sa couleur d'une blancheur moins éclatante. Il est généralement sali par des poussières météoriques, par les résidus de la fonte ; quelquefois par des insectes, des feuilles, etc., amenés par le vent. On y enfonce moins que dans la neige (au maximum de 0^m50). Il se laisse masser, pétrir en boules cohérentes, fond plus difficilement que la neige poudreuse qui présente une plus grande surface aux rayons solaires. En été, la neige fraîche fond vite et le névé reste souvent à une température supérieure à 0° sans entrer en fusion d'une manière bien apparente. Ce résultat est dû surtout à sa structure : les grains de névé, en effet, sont formés de glace transparente emprisonnant quelques bulles d'air, et tout le monde sait que la glace compacte fond moins vite que la glace écrasée ou pilée. Malgré cela, la surface du névé fond et regèle plusieurs fois durant la belle saison par suite des oscillations de la température au-dessus et au-dessous de 0°. Le névé peut être considéré comme une sorte de glace oolithique : les grains, une fois formés, servent de centres d'attraction moléculaire et leur volume va en augmentant progressivement. (Le phénomène de la formation de névé n'a pas lieu si on inonde la neige avec de l'eau et qu'on laisse fondre.) Par un temps chaud, le névé se présente sous la forme d'un agrégat meuble, grenu et renfermant des bulles d'air. Par un temps froid, (lorsqu'il est à une température inférieure à 0°), il devient au contraire très solide, très cohérent et l'on peut y tailler des marches comme dans la glace.

Charpentier distingue deux variétés de névé : 1° le *haut-névé* est formé de grains très fins ; 2° le *bas-névé* est constitué par des grains pisiformes ou même de la grosseur d'une noisette.

Champs de névé. — Ils ont généralement la forme d'un bassin s'abaissant vers l'issue de la vallée. On les traverse facilement ; leur pente est généralement uniforme. Ils couvrent des étendues très grandes, d'un aspect absolument monotone. Convexes en Scandinavie, ils sont concaves dans les Alpes, l'Himalaya, etc. Sur les bords, là où le névé passe insensiblement à la neige, on remarque souvent des fentes, des crevasses ou *rimayes*, dont nous reparlerons plus loin. D'autres fois la croûte de névé remonte sur les flancs rocheux, en déterminant des parties écailleuses (*Firnkehlen*) bien connues des alpinistes.

A la surface des névés, on observe souvent des sillons (*Firnfurchen*) nombreux, réguliers et dirigés dans le sens de la plus grande pente. Ils ont généralement environ 0^m30 de profondeur et 0^m50 de largeur et sont éloignés les uns des autres de 1 à 3 mètres. Leur direction (suivant la ligne de la plus grande pente) est liée à leur origine, qui n'est autre que le ruissellement de l'eau de fusion. Le matin, en été, la partie superficielle du névé fond, mais les parties sous-jacentes sont d'habitude trop gelées pour que l'eau résultant de cette fonte soit absorbée ; elle coule donc sur la partie gelée et y détermine de faibles sillons ; si la température va en augmentant, la surface d'écoulement se dégèle partiellement et l'eau imbibé le névé. Chaque sillon s'aprofondit de lui-même par suite des fusions intermit-

tentes et répétées que provoque la chaleur solaire, car les poussières météoriques s'accumulant de préférence dans les dépressions et étant toujours de couleur beaucoup plus foncée que celle de la neige, favorisent l'absorption de la chaleur et déterminent dans les sillons une fusion plus active que dans les parties avoisinantes moins salies. En outre, le vent en apportant un air relativement chaud et humide, modèle la surface du névé; il y forme une série de *surfaces concaves* séparées par de petites crêtes. Souvent les actions météoriques forment ainsi, par fusion, des trous de 20 à 30 mètres dans le voisinage des rochers saillants.

Ni la couleur, ni le modelé du névé ne dépendent donc de la région où il s'alimente.

En pratiquant des ouvertures à l'intérieur du névé ou en examinant les cavités naturelles qui peuvent s'y produire, on remarque qu'il présente une *stratification* très nette. On a observé ainsi jusqu'à 60 couches, probablement annuelles, superposées. Elles proviennent des alternatives entre les périodes d'alimentation et les périodes de fusion; pendant ces dernières, des poussières météoriques s'accumulent à la surface; lorsqu'une nouvelle couche de neige vient s'ajouter aux précédentes, elle se trouve donc séparée de celles-ci par une mince bande de neige sale. A la partie inférieure du champ de névé, on aperçoit une série de ces bandes grisâtres qui viennent affleurer; les plus profondes se montrent à la partie la plus basse du bassin, et les autres successivement au-dessus. Ces affleurements sont dus à l'inégalité de la fonte qui s'opère plus activement là où l'altitude est moindre et qui a

pour résultat l'amincissement du névé à son extrémité.

Transformation du névé. — Si l'on expose de la neige à une température un peu élevée, elle se réduit au tiers ou au quart de son volume primitif, mais n'abandonne pas d'eau : elle « avale » son eau ; celle-ci n'en découle que lorsque la neige en est entièrement saturée. Il en est de même pour le névé. Pendant l'été, ses parties superficielles fondent, et l'eau de fusion, au lieu de couler à sa surface, s'infiltré dans les parties profondes et va saturer d'abord les couches les plus inférieures. Quand la température baisse, la nuit, ou l'hiver, le névé imbibé gèle et se transforme en *glace bulleuse*, tandis que la partie supérieure reste à l'état de névé. La chaleur parvient difficilement à l'intérieur du névé parce qu'elle est utilisée, dès la surface, pour la fusion ; mais le froid pénètre facilement jusque dans les couches profondes ; la glace bulleuse se forme donc d'abord vers le bas et gagne ensuite progressivement en épaisseur vers le haut à mesure que la saturation du névé et le regel se produisent. La pression des strates supérieures favorise la transformation du névé profond. Cette pression est considérable ; elle varie entre 15 et 30 kilogrammes par centimètre carré. On sait que la pression abaisse la température de fusion de la glace ; il en résulte qu'il subsiste beaucoup d'eau liquide dans les pores de la glace bulleuse et que, dans les couches profondes, l'air en est peu à peu expulsé. A l'extrémité du champ de névé, dans le voisinage du glacier, la pression diminue par suite de l'intensité de la fusion qui amène une diminution notable dans

l'épaisseur de la couche de névé. Cet abaissement de la pression a pour conséquence que la partie inférieure du névé, presque liquide, passe à l'état de glace bulleuse. La formation de glace bulleuse prend donc une grande activité à la partie inférieure du champ de névé.

Ainsi, par suite : 1° de l'imbibition d'eau ; 2° de la pression ; 3° du regel répété ; le névé devient de plus en plus dense et se transforme en glace bulleuse.

Glace bulleuse. (Firneis ou névé à grains cimentés.)

— La glace bulleuse est plus dure que le névé, mais moins compacte que la glace ordinaire. Elle contient des bulles d'air très fines et distribuées irrégulièrement et ne présente pas de réseau de fentes capillaires ; dans la cassure, on remarque des grains cimentés par une glace trouble qui fond plus facilement que les grains. Cette glace a une teinte d'un blanc grisâtre, ou légèrement bleuâtre, lorsqu'elle est en grandes masses. De loin, elle ressemble au névé ; elle offre encore une stratification nette. Plus on descend vers la vallée, plus elle devient abondante. Enfin à la limite des névés (Firnlinie), la transformation en glace bulleuse est totale. La glace bulleuse est plus imperméable que le névé ; elle n'absorbe pas son eau de fusion, qui forme à sa surface une bouillie de neige et d'eau laquelle, pendant la nuit, se transforme à son tour en glace bulleuse. Ces modifications superficielles se produisent surtout à la limite (variable avec les années) du névé et de la glace bulleuse.

Cette glace bulleuse (Firneis), constituant des couches épaisses et profondes, ne doit pas être confondue avec les croûtes de glace (Hocheis) qui se forment à

la surface de la neige et dont nous avons parlé plus haut.

II. GLACE DU GLACIER. — En continuant à descendre, on arrive à la glace du glacier. Il n'y a pas de délimitation tranchée entre la glace bulleuse et la glace du glacier. La transformation de la première est purement mécanique ; à mesure qu'elle descend, la glace bulleuse devient de plus en plus dense. On peut même, à ce sujet, formuler la loi suivante : *Plus un glacier est long, plus la glace est dense à son extrémité.* En même temps que la descente se fait, les traces du grain du névé disparaissent complètement ; la glace devient transparente et les bulles d'air sont de plus en plus rares. En observant avec soin une de ces bulles d'air pendant des heures entières, on voit que, sous l'influence de la fusion, il se forme à sa partie inférieure une petite goutte d'eau. La bulle s'élève peu à peu dans la masse glacée et la goutte d'eau semble la suivre dans son déplacement. En réalité, l'eau ne la suit pas ; elle regèle en arrière, c'est-à-dire au-dessous de la bulle, et elle est remplacée par une autre goutte d'eau venant d'en haut. Ces gouttes, successivement regelées, forment par leur superposition une strie, une trace capillaire, qui indique le passage de la bulle d'air. Ces traces donnent à certaines parties de la glace une apparence fibreuse analogue à la structure dite stylolithique de certains calcaires.

Il se produit aussi, par suite de l'élévation de température, un réseau de fentes capillaires qui délimitent dans la glace des fragments angulaires, constituant ce qu'on appelle le *grain du glacier*. Le grain est absolu-

ment caractéristique de la glace du glacier ; il n'existe pas dans la glace bulleuse ; les fragments polyédriques qui le constituent, se touchent, sans aucune interposition de ciment, comme le font les cristaux des roches holocristallines, telles que le granit. (Les grains de névé, au contraire, on se le rappelle, sont réunis par un ciment.) Le grain du glacier n'a aucun rapport avec le grain du névé. Il n'y a pas de passage entre eux, et l'un ne produit pas l'autre. On suppose que la structure spéciale, appelée grain du glacier, est due à la pression et surtout au mouvement du glacier. Ce qui semblerait le prouver, c'est que de la neige tombée directement des pentes environnantes, dans les crevasses d'un glacier, s'y transforme en glace de glacier et que le grain ne tarde pas à s'y produire. La pression, le mouvement, l'infiltration, le temps, sont probablement autant de facteurs de la production du grain de glacier. Mais ces questions ont encore été peu étudiées. De nouvelles recherches sont nécessaires.

La quantité d'air contenue dans la glace est donnée par sa densité. Ainsi le névé, dont la densité est 0,628, contient 30,2 % d'air en volume ; la glace bulleuse, dont la densité est 0,871, contient 4,2 % d'air en volume ; la glace de glacier supérieure (pauvre en bulles), dont la densité est 0,897, contient 1,4 % d'air en volume ; la glace de glacier inférieure, dont la densité est 0,909, ou même dans les glaciers groënlandais 0,986, ne contient pas d'air.

La densité de la glace pure, à 0°, est 0,91800 ; à — 10°, 0,91912 ; à — 20°, 0,92125.

La glace du glacier est d'un bleu tirant un peu sur le vert, mais très peu : ce bleu est moins foncé que

celui du ciel. Il est facile de se rendre compte de la nature de cette teinte particulière dans les grottes des glaciers ; mais ce n'est qu'en profondeur que la glace présente cette belle teinte bleue ; à l'extérieur, elle a une teinte blanchâtre due à la présence de l'air dans les fentes capillaires qui proviennent de la fusion.

Cette glace est transparente, mais la lumière n'y pénètre pas aussi profondément que dans l'eau. D'ailleurs, elle n'est pas absolument pure. Agassiz et Escher ont trouvé, dans un décimètre cubé de glace transparente, 2^{sr},5 de matières étrangères consistant surtout en une fine poussière siliceuse, tombée avec la neige ou déposée par l'eau de fusion.

STRUCTURES DIVERSES DE LA GLACE DU GLACIER. — Les propriétés et particularités diverses que présente la glace des glaciers ont été étudiées par une foule d'observateurs, notamment par Sonklar, Bertin, Grad, Dupré, Müller, Klocke, Hagenbach, Hugi, Agassiz, Forel, Forbes, Schlagintweit, Tyndall, Sèvé, Heim, etc.

Nous nous occuperons successivement :

- a. Du grain du glacier ;
- b. De l'infiltrabilité ;
- c. De la stratification ;
- d. Des bandes extérieures ;
- e. De la structure lamellaire ;
- f. Des bandes lactées.

a. — *Grain du glacier.* — Si l'on compare un bloc de glace de glacier, choisi d'apparence homogène, à un bloc de glace ordinaire, de glace de rivière, par exemple, on constate qu'ils ne sont pas identiques ; il y a

entre eux des différences importantes. En effet : la fusion de la glace ordinaire se fait tout autour du bloc, par couches corticales successives ; le reste demeure transparent, sans altération. Dans le bloc de glace de glacier, au contraire, la fusion produit une série de *fissures capillaires* de plus en plus nettes, isolant des polyèdres réguliers et inégaux qui finissent par se dissocier, puis chacun d'eux se met à fondre séparément. Ces polyèdres constituent le *grain du glacier*. On peut les comparer aux cristaux de calcite qui, par leur réunion, forment le marbre. Ils sont visibles à la surface des glaciers en été et dans les grottes de glacier sur les parois desquelles on remarque un fin réseau de lignes. Examinés au microscope polarisant, chacun de ces polyèdres se révèle comme un cristal optiquement autonome, on peut les distinguer à n'importe quelle température ; mais, à l'œil nu, on ne peut les voir qu'à une température assez élevée pour provoquer un commencement de fusion. Le glacier en est entièrement formé ; ils s'emboîtent les uns dans les autres et sont souvent limités par des surfaces courbes. L'absence de ciment communique, à cet ensemble de polyèdres juxtaposés, une certaine flexibilité analogue à celle que l'on remarque dans les « grès flexibles » (Itacolumites) du Brésil.

Le grain augmente de dimension en descendant : on dit « qu'il se nourrit ». Vers le haut du glacier, il a à peu près la grosseur d'une noisette ; vers le bas, il a les dimensions d'un œuf ou même davantage ; on en a vu de 0^m,10 de diamètre. Cependant, si telle en gros est la distribution de ces éléments polyédriques, on trouve souvent associés dans les parties basses du

glacier des grains de grosseur variable ; ainsi, près de l'extrémité, des grains de grande dimension sont fréquemment mélangés à de plus petits.

Les surfaces des grains fraîchement séparés sont souvent striées et chagrinées ; elles ont une apparence stylolithiques. Si l'on fait fondre ces grains de façon à faire évaporer (et non couler) l'eau, il se produit des stries appelées *stries de fusion* ou *stries de Forel* (elles ont été étudiées par M. le Prof. Forel), qui sont toutes parallèles à un même plan. En outre, il existe dans un certain plan à l'intérieur du grain, des lamelles liquides dues à une fusion interne ; elles ont un éclat nacré et peuvent produire le phénomène de la réflexion totale. Ce sont les *figures de fusion de Tyndall* qui, dans chaque grain, se produisent perpendiculairement à l'axe optique, et qui, en profil, ont une apparence linéaire ; elles ne sont autres choses que les stries de Forel vues de face. Le clivage se produit parallèlement à ces figures. Au centre du grain, se trouve un noyau lenticulaire. C'est un espace vide : lorsque la glace fond, elle diminue de volume ; de cette contraction résulte probablement la formation de ce vide à l'intérieur du grain, lorsqu'il est en train de fondre. En examinant à la lumière polarisée des coupes faites dans chacun des polyèdres, on reconnaît que ce sont des cristaux à un seul axe, hexagonaux. Une coupe parallèle aux figures de Tyndall, montre le phénomène de la croix noire et des auréoles colorées entourant cette croix. Les figures de Tyndall sont donc perpendiculaires à l'axe optique, comme nous l'avons dit.

On a pu constater ainsi, à l'aide du microscope polarisant, que les divers grains sont *diversement orientés* ;

leurs axes sont inclinés les uns sur les autres d'une manière quelconque. Toute autre est la constitution de la glace de rivière, elle est aussi formée d'individus cristallins ; mais leurs axes sont tous perpendiculaires à la surface, c'est-à-dire *parallèles entre eux*.

Comme nous le verrons bientôt, la glace du glacier chemine dans la vallée, qui la contient, et se moule sur toutes ses sinuosités. Comment se fait-il que dans le cours de toutes ces déformations, non seulement le grain ne disparaisse pas, mais encore s'accroisse ? Ce phénomène est une conséquence du regel. Supposons qu'une série rectiligne de grains soit obligée de se courber par suite des pressions inégales qu'elle reçoit sur deux faces opposées. Dans la partie concave de cette série, les grains sont soumis à une pression forte, qui provoque la fusion et l'expulsion de l'eau liquide vers la partie convexe soumise, au contraire, à une distension. Les grains vont donc diminuer de volume, ou même, pour certains d'entre eux, disparaître complètement dans la partie concave et s'accroître, « se nourrir », dans la partie convexe. On s'explique ainsi la conservation de l'état cristallin dans la glace et la plasticité qui lui permet de s'adapter aux changements, souvent brusques et considérables qui se produisent dans la forme de la vallée. Un autre phénomène, sur lequel nous reviendrons plus tard, semble aussi du reste intervenir, ainsi que l'a montré le professeur Hagenbach, dans l'accroissement du grain du glacier, et permet d'expliquer ce fait par des lois physiques très simples.

b. — Infiltrabilité. — On appelle ainsi la facilité plus

ou moins grande avec laquelle la glace se laisse pénétrer par les liquides. Elle a été étudiée par Agassiz et divers autres naturalistes au moyen de liquides diversement colorés répandus sur la glace. On a constaté ainsi que les deux sortes de glace que l'on trouve dans un glacier, la glace blanche à bulles d'air et la glace sans bulles formant des « bandes bleues », sont inégalement infiltrables. L'infiltrabilité est plus grande dans la glace bleue, où le grain est plus développé que dans la glace blanche, où cette structure est moins développé. Les liquides ne pénètrent pas dans les cristaux, mais dans les interstices qui les séparent, ils trouvent notamment un passage plus facile le long des lignes de contact, de trois grains. On a aussi remarqué que les couches profondes du glacier sont moins infiltrables que la surface et qu'il existe, dans la glace des glaciers, un vaste réseau de capillaires.

L'infiltrabilité varie suivant la température, la pression et l'état de la glace. Il résulte des récentes recherches de M. Forel, qu'on en a notablement exagéré la portée et les effets.

c. — STRATIFICATION. — On retrouve souvent dans la glace la stratification du névé, mais elle y est moins nette ; elle est encore indiquée par des bandes sales ou par des couches de glace dont la transformation est plus ou moins avancée. On la voit parfois nettement dans les fentes, dans les crevasses, dans les grottes ; elle traverse tout le glacier, et apparaît souvent très tourmentée, disloquée par suite de la production des crevasses qu'occasionne la progression du glacier. Quelquefois même elle peut disparaître complètement,

comme on a pu le constater au Groenland. L'intersection de ces bandes sales avec la surface du glacier forme des *chevrons* caractéristiques.

d. — Bandes de boue. — Il ne faut pas confondre ces chevrons qui pénètrent dans l'intérieur de la glace avec les bandes boueuses, *essentiellement superficielles*, qui sont très développées dans beaucoup de glaciers (en particulier aux glaciers du Géant et du Tacul). Ces bandes sont d'abord droites, dans les parties voisines du champ de névé, puis de plus en plus cintrées à mesure qu'elles descendent. La partie concave est tournée du côté de l'amont. On en compte par exemple au glacier du Géant de trente à quarante sur une longueur de 216 mètres. Elles sont nombreuses aussi aux glaciers du Rhône, d'Arolla, de Ferpècle, etc.

Elles sont formées de sable et de poussières diverses incrustés dans la glace et séparées les unes des autres par des bourrelets de glace. En remontant la suite de ces bandes, on arrive toujours à une *chute* du glacier; c'est là qu'elles prennent naissance. En effet, au-dessus de la chute, les bandes disparaissent; de plus, on ne les rencontre jamais sur les glaciers qui n'ont pas de chute. Voici comment on conçoit leur origine : dans la chute, la glace, au lieu de couler lentement d'une manière continue, glisse brusquement, par sautes, se rompt et forme des gradins, dont certaines parties, mieux orientées, fondent plus activement. Les impuretés se concentrent dans les creux, dans les angles ainsi produits, et forment plus bas des bandes boueuses séparées par des bourrelets qui ne représentent autre chose que les gradins plus ou moins forte-

ment atténués. Le mouvement du glacier, plus accentué vers l'axe que sur les bords, a pour effet de les cintrer. Certains glaciers présentent des bourrelets non accompagnés de bandes sales; cela tient à une chute sans fusion suffisante.

e. — Structure lamellaire ou rubanée. — Cette disposition particulière est due à l'existence de lamelles de glace non bulleuses dans de la glace bulleuse. Ces lamelles sont lenticulaires et peuvent avoir une largeur variant de quelques centimètres à plusieurs mètres. Leur caractère essentiel est d'être bleues et pures, tandis que la glace environnante est blanchâtre et trouble. Elles sont plus ou moins abondantes et se produisent irrégulièrement, suivant les glaciers ou les parties d'un même glacier; on remarque qu'elles sont plus prononcées vers l'extrémité inférieure du glacier. La production de ces lamelles est un phénomène ordinaire et général. A la surface du glacier, elles se traduisent par des côtes et des sillons qui deviennent elles aussi, à la longue, des bandes sales souvent confondues avec les bandes boueuses décrites plus haut. Les bandes bleues (ogives) qu'elles forment, sont visibles dans les crevasses. Elles ont été étudiées par Forbes, Agassiz, Tyndall et Schlagintweit, etc. Sur les bords, elles se montrent doucement inclinées vers le milieu du glacier; mais au milieu, elles sont verticales et dirigées perpendiculairement à l'axe du glacier. Leur forme rappelle celle de l'avant d'un bateau.

On les distingue souvent déjà sous le névé, où elles sont verticales. Elles coupent la stratification d'une manière quelconque et n'ont de rapports d'aucune

sorte avec celle-ci. D'après Forbes, elles sont dues à la compression résultant des rétrécissements, des étranglements de la vallée. Elles sont perpendiculaires à la direction de la pression maximum; on les rencontre dans les glaciers régénérés, et surtout là où le lit du glacier se resserre. Plus le glacier est tranquille et plus il s'étend à son aise, moins les lamelles sont nettes et mieux on voit la stratification. Plus, au contraire, le glacier est tourmenté, moins on distingue la stratification et plus apparaît la structure lamellaire.

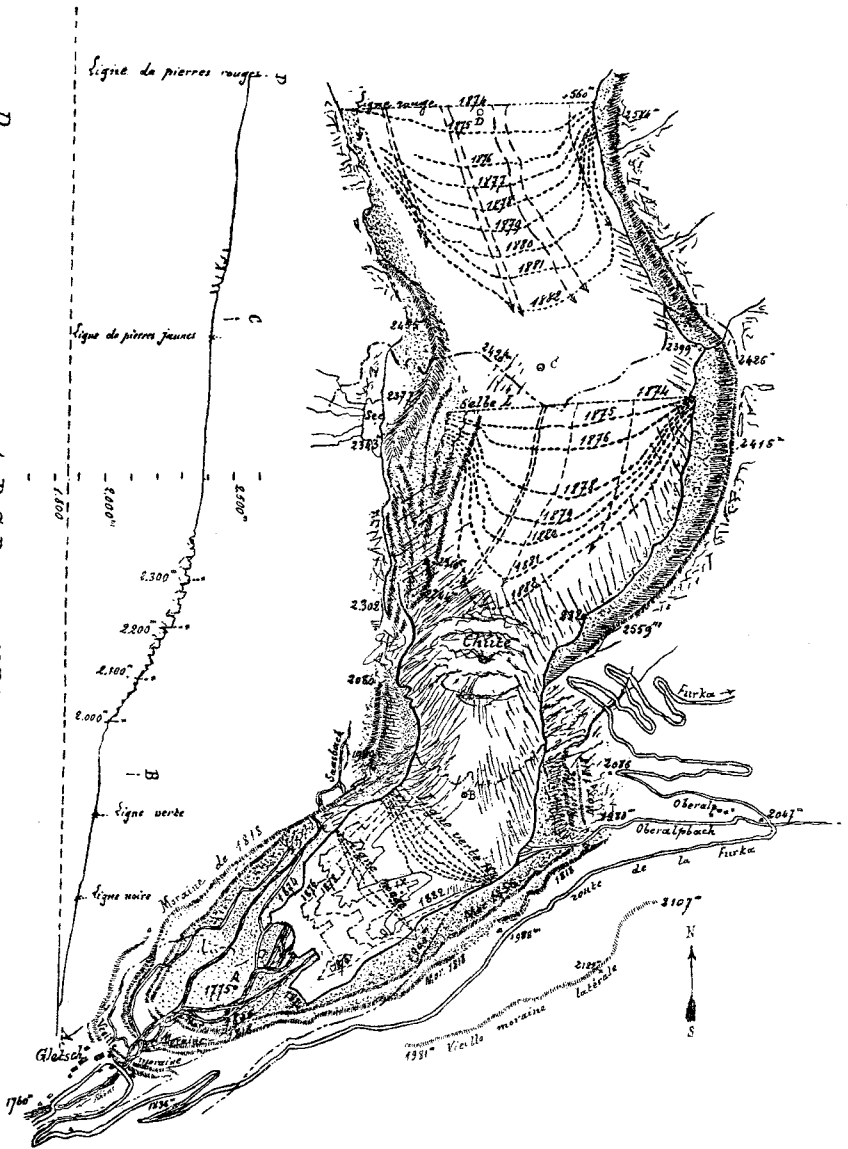
Il est facile de conclure, de toutes ces particularités, qu'il faut voir dans la structure lamellaire un phénomène dû à des actions dynamiques et en tous points comparables à la schistosité des roches.

f.— BANDES LACTÉES.— On appelle ainsi des lamelles bulleuses blanches, sans boue ni sable, très visibles dans l'ensemble bleuâtre de la glace. Elles sont ordinairement longues et peu épaisses, et disparaissent le plus souvent, à 8 ou 10 mètres de profondeur. Plus résistantes à la fusion que la glace qui les environne, elles forment des côtes saillantes à la surface du glacier. On ne les trouve qu'au pied des chutes des glaciers, et elles ne tardent pas à disparaître à quelque distance de ces cassures. Leur origine est très simple : lorsqu'il neige, les crevasses transversales se remplissent de neige; cette neige, comprimée par suite du mouvement du glacier, se transforme, par regel, en une glace distincte de la glace environnante et qui forme les bandes lactées.





Nous avons essayé, dans ce qui précède, de donner une idée de la façon dont se constituent les appareils glaciaires; nous avons examiné quelles sont les conditions favorables à leur développement et quels en sont les principaux éléments. Là ne se bornera pas notre étude; il nous reste à nous rendre compte de la nature du mouvement qui anime ces masses de glace, à rechercher comment ce mouvement modifie la structure des matériaux glaciaires; enfin, à remonter aux causes de ces puissantes descentes de glace et aux agents qui en entretiennent l'activité. L'ablation ou fusion des glaciers devra également attirer notre attention, ainsi que divers autres phénomènes qui s'y rattachent. Nous aurons à envisager les appareils glaciaires dans le rôle qu'ils jouent comme modificateurs du relief terrestre, et comme *agents de déblayage* et de transport. Il conviendra aussi d'étudier les vestiges qu'ils laissent après eux lorsqu'ils se retirent, les oscillations auxquels ils sont soumis, et, enfin, de dire quelques mots sur les glaciers, aujourd'hui disparus, qui ont couvert, tour à tour, la plus grande partie de l'Europe et plusieurs autres régions du globe. Telles seront les questions que nous aurons à traiter dans un prochain article. (A suivre.)

La planche ci-jointe empruntée au classique *Traité de glaciologie*, de M. Heim, et représentant un des glaciers les mieux connus de la Suisse, doit remplir un double but. Par la netteté avec laquelle s'y trouvent réalisés un grand nombre des phénomènes que nous décrivons dans ces articles, le glacier du Rhône cons-

PROFIL EN LONG PAR A-B-C-D en 1874.



 *Moraines.*

-  1874 Bords du glacier pendant les années anciennes
-  1878 Lignes de pierres faites en 1874, et leur progression
-  Courbes horizontales
-  Direction du mouvement du glacier

Plan du glacier du Rhône
 et résultats des études du bureau topo-
 graphique fédéral suisse
 (d'après une figure publiée par
 A. Reim.)

titue un type de glacier alpin, et la figure que nous en donnons est destinée à remplacer les vignettes plus ou moins théoriques et inexactes que l'on se plaît souvent à intercaler dans les résumés didactiques du genre du nôtre. Le lecteur voudra bien se reporter à la planche pour y retrouver sous forme d'exemple la plupart des faits dont il sera question dans le texte. En outre, nous avons cru devoir mettre sous les yeux de nos confrères de la Société des Touristes, ce plan (du reste considérablement réduit et simplifié), avec les indications techniques qu'il contient, afin de mettre davantage en lumière le degré de perfection qu'ont atteint les observations glaciaires chez nos voisins. La nécessité d'appliquer à nos glaciers du Dauphiné une semblable méthode n'en ressortira que mieux.

DOCUMENTS CONCERNANT LES GLACIERS DES ALPES FRANÇAISES

Résumé des renseignements relatifs aux Alpes françaises, publiés par M. Forel, dans ses études sur les variations périodiques des glaciers¹, et réunis par M. ALAMELLE, professeur à l'École Vaucanson.

Les travaux classiques de Rendu, Agassiz, Tyndall, Forbes, etc., sur les glaciers du Mont-Blanc sont assez

¹ Jahrbuch des Schweitzer Alpenclub.

connus pour que nous soyons dispensé d'en parler ici. Nous nous contenterons d'indiquer ici les observations qui ont été faites sur ces glaciers pendant ces dernières années. Pour une raison tout opposée et non moins impérative, nous n'en dirons pas davantage sur les glaciers des bassins de l'Isère et de la Durance. Les lignes qui suivent résument à peu près tout ce que l'on sait actuellement de précis sur leur compte¹. Espérons que les membres des sociétés alpines du Dauphiné s'efforceront de combler cette lacune et tiendront à honneur de ne pas se laisser devancer dans cette étude !

A. — GLACIERS DU MONT-BLANC.

En 1889, date à laquelle s'arrêtent ces documents, tous les glaciers du Mont-Blanc étaient dans une période de crue, aussi bien les grands glaciers de premier ordre que les petits glaciers de second ordre (glaciers des *Pèlerins*, de *Blaitière*, du *Nantblanc*, etc.).

1° *Glacier du Tour*. — Il est en crue depuis 1884. Il s'avance d'une manière relativement rapide dans la vallée, malgré le peu d'épaisseur de sa langue terminale; son activité se manifeste par les nombreuses avalanches de glace qui s'en détachent à l'extrémité infé-

¹ Il serait très désirable que des personnes de bonne volonté se livrent à des recherches bibliographiques et cherchent à réunir les documents épars dans les nombreuses publications de nature diverse qui ont été faites sur nos Alpes, en vue d'en tirer des renseignements sur le passé des glaciers du Dauphiné.

rieure. Du 13 octobre 1887 au 7 juillet 1888, il s'est allongé de 31 mètres ; au 23 novembre 1889, il avait encore gagné 10 mètres de longueur. Malgré ces allongements, il lui reste encore beaucoup à faire pour arriver aux superbes moraines latérales qu'il a déposées au commencement du siècle sur la rive droite du vallon.

2° *Glacier de l'Argentière*. — Il est en crue depuis 1883 :

Du 14 octobre 1884 au 18 octobre 1885 : allongement, 15 mètres.

Du 18 octobre 1885 au 10 juin 1886 : allongement, 17 mètres.

Du 10 juin 1886 au 4 novembre 1886 : allongement, 54^m7.

Du 12 octobre 1887 au 26 octobre 1888 : allongement, 12 mètres.

Du 26 octobre 1888 au 20 juin 1889 : allongement, 32^m5.

En même temps qu'il s'allonge, il s'épaissit aussi d'une manière très sensible. De nombreuses avalanches se succèdent d'heure en heure dans les régions supérieures.

3° *Glacier des Bois ou Mer de glace*. — De 1884 à 1888, le front du glacier est resté à peu près stationnaire. Il est situé au fond d'une gorge inaccessible, occupée par le torrent l'*Arveyron*, et bordée de parois infranchissables de rochers.

Si on en croit un ancien guide, *Alexandre Tournier*, né au village des Bois, en 1819, le glacier a eu en 1825

un maximum d'allongement qui a menacé le village et laissé en place la moraine la plus avancée. Puis le glacier a reculé pendant 4 ou 6 ans et présenté, en 1835, une nouvelle crue qui a formé la seconde moraine. La crue de 1852 a produit la troisième moraine qui est en arrière des précédentes. Dans toutes ces crues, le grand rocher de la rive gauche, qui repousse à droite la langue terminale, a été dominé par le glacier, qui se déversait par dessus et le balayait de ses avalanches de glace. A la partie inférieure de ce rocher, il y avait formation d'un glacier remanié, mais jamais, dans ce siècle, le rocher n'a été enseveli sous une calotte continue de glace.

De juin 1888 à juin 1889, on a constaté que le glacier s'est notablement allongé, élargi et épaissi ; le front s'est éboulé en formant un talus au-devant de la grande muraille du glacier.

4° *Glacier des Bossons*. — Il est en crue depuis 1876.

Du 13 octobre 1884 au 24 octobre 1885 : allongement, 109 mètres.

Du 24 octobre 1885 au 28 octobre 1886 : allongement, 43^m7.

A cette époque, le glacier était plus beau qu'on ne l'avait vu depuis les cinquante dernières années ; ses pyramides de glace étaient splendides ; il recouvrait les anciennes moraines en plusieurs points. L'observation suivante prouve la vitesse considérable qu'avait prise l'écoulement du glacier : les tenanciers du chalet des Bossons avaient commencé, dans les premiers jours de mai 1886, à creuser une grotte dans la glace, un peu au-dessus du chemin tracé sur la moraine pour la tra-

versée du glacier, à un kilomètre environ au-dessus de l'extrémité; mais ces industriels, pour des raisons de commodité, ont abandonné leur œuvre et ont commencé une deuxième grotte dans un point plus élevé. M. Payot a retrouvé, le 28 octobre, les traces de la première grotte. Il a constaté qu'elles avaient descendu, en six mois, de 57 mètres, ce qui correspond à une vitesse d'écoulement de 32 centimètres par jour environ. Cette vitesse est relativement énorme, car il s'agit ici du bord même du glacier et non de l'axe.

Depuis 1886 jusqu'en décembre 1889, la position du front du glacier n'a guère changé. Il y a donc actuellement un moment d'arrêt. La crue va-t-elle reprendre de plus belle, ou bien la décrue va-t-elle commencer?

Le glacier de *Taconnaz* suit d'assez près les allures du glacier des Bossons, dont il n'est, du reste, qu'un bras d'écoulement séparé par la montagne de la Côte. Il est actuellement en voie d'allongement.

M. *Tairraz*, de Chamonix, prend chaque année, depuis 1887, des vues photographiques du front des grands glaciers du Mont-Blanc. Ces photographies ont une importance scientifique considérable. Il serait à désirer que tous les amis des Alpes, qui sont en position de le faire, suivent l'exemple de M. *Tairraz*. Dans la préparation de ces documents, il faut avoir soin de garder toujours la même échelle et, autant que possible, le même point de pose.

M. *Durier* a publié en photogravure, dans l'*Annuaire du Club-Alpin français*, les planches photographiques des glaciers du Tour et d'Argentière, levées, en 1888, par M. *Tairraz*.

NEIGE ET GLACIERS

Par **W. KILIAN,**

Chargé du cours de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble.



GRENOBLE

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE F. ALLIER PÈRE ET FILS
Grande-Rue, 8, cour de Chaumes

—
1892

H - 2076



NEIGE ET GLACIERS

*Notes prises au cours¹ par M. Alamelle, professeur
à l'école Vaucanson. (2^e article.)*

MOUVEMENT DES GLACIERS.

Une des particularités les plus remarquables des appareils glaciaires que nous avons décrits dans

¹ Nous tenons à rappeler que la plus grande partie des notions exposées dans ce cours est empruntée au *Traité classique de glaciologie* du professeur Alb. Heim.

notre précédent article, est sans contredit leur mobilité. Bien qu'échappant à un examen rapide et superficiel, le mouvement des glaciers a, dès les temps les plus reculés, vivement frappé les observateurs et fait l'objet de leurs écrits. On comprend, en effet, à quel point devaient exciter la curiosité, ces masses en apparence rigides et immobiles qui tantôt s'avancent dans les vallées d'un mouvement certain, mais invisible, tantôt reculent vers les parties hautes des massifs montagneux et semblent se retirer devant les progrès de la végétation pour venir s'étendre ensuite dans de nouvelles crues sur les espaces qu'elles ont quelque temps abandonnés.

Les documents se sont multipliés sur cette lente, mais sûre et régulière progression des masses de glace ; après avoir constaté la réalité de cette mobilité, on en a étudié les lois et recherché les causes. Nous allons essayer de résumer à nos lecteurs les principaux résultats de ces recherches.

Il y a lieu tout d'abord d'établir une distinction entre la marche en avant et le recul du glacier. Ce dernier, en effet, le retrait, n'est pas dû à un déplacement de la glace, mais à l'ablation, à la fusion, dont l'intensité fait disparaître, à certaines époques, la partie terminale du glacier ; il n'a pas son origine dans un mouvement propre des matériaux.

Il est démontré en revanche que la glace des glaciers est animée d'un mouvement *dans le sens de la pente*. Des objets abandonnés à la partie supérieure de certains glaciers ont été retrouvés, quelques années plus tard, beaucoup plus bas et les blocs de pierre qui souvent sont épars sur la glace de l'extrémité inférieure

proviennent, pour la plupart, des crêtes qui entourent le bassin de réception du glacier ; ils ont été portés là où on les trouve par le déplacement même de la glace, comme il est facile de s'en assurer.

C'est de ce mouvement de progression du glacier, le seul qui existe réellement, que nous allons nous occuper ; le mouvement de recul n'est en effet qu'une apparence qui ne se manifeste que lorsque la fusion est assez grande pour annuler la marche progressive de la glace à mesure qu'elle se produit.

Historique. — On a remarqué depuis des siècles que les blocs épars sur les glaciers progressaient vers la partie inférieure. Mais les premiers documents sérieux sur ce sujet ont été recueillis, en 1705, par Scheuchzer, puis par de Saussure. En 1830, Hugi, de Soleure, mesura la vitesse de ce mouvement : ce savant ayant établi, en 1827, une hutte sur la moraine médiane du glacier inférieur de l'Aar, retrouva trois ans après cette construction bien en aval du point où elle avait été construite ; elle était descendue d'une certaine longueur (environ 100 mètres) qu'il put aisément déterminer. En 1840, Agassiz et ses compagnons commencèrent l'étude du glacier de l'Aar ; de 1842 à 1846, Wild, professeur au Polytechnicum de Zurich, dressa sous la direction d'Agassiz une carte au dix-millième de ce même glacier et entreprit des mesures méthodiques pour en étudier le mouvement. Ce fut dans le même but également qu'en 1842, Forbes mit en observation la Mer de glace.

Mais le premier observateur qui ait reconnu et for-

mulé les lois essentielles du mouvement des glaciers fut l'évêque d'Annecy, Rendu. Il publia, en 1841, dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Savoie*, un ouvrage de très grande valeur intitulé « *Théorie des glaciers de la Savoie* »¹. Ce prélat, qui avait pressenti le principe de la conservation de l'énergie, compara très judicieusement la Mer de glace à un fleuve. Il avait remarqué également que, dans les glaciers, le mouvement, plus rapide au milieu, se ralentit sur les bords par suite du frottement de la glace contre les parois rocheuses.

En juillet 1841, Escher de la Linth eut l'idée de planter, sur le glacier d'Aletsch, une série de pieux dont les déplacements devaient le renseigner sur la mobilité de la glace ; mais cette expérience ne réussit pas. De 1842 à 1850, Agassiz, Wild, Desor et Forbes publièrent les résultats de leurs études sur le glacier de l'Aar et sur la Mer de glace et comparèrent, comme l'avait fait M^{sr}. Rendu, la mobilité du glacier à celle d'un cours d'eau.

En 1857, Tyndall étudia la Mer de glace, puis Schlagintweit (1847-1848) les glaciers des Alpes orientales. De 1868 à 1870, nous trouvons les observations nombreuses de Sévé sur les glaciers de la Norvège et en 1869, il faut signaler les travaux de Grad et Dupré qui firent des remarques nouvelles sur le glacier d'Aletsch.

Depuis cette époque, les observations de ce genre

¹ Une traduction anglaise de ce mémoire ne contribua pas peu à répandre le goût des études glaciaires.

se multiplièrent et se généralisèrent. Les travaux faits avec le plus de méthode sont ceux qui ont été exécutés en commun par le Club Alpin suisse et le Bureau topographique fédéral au glacier du Rhône. Ils se sont prolongés de 1874 à 1884, et c'est alors que se créa la *Commission suisse des glaciers* composée de membres du Bureau central du Club Alpin suisse et de la Société helvétique des sciences naturelles. Des savants de premier ordre comme Albert Heim, Forel et d'autres encore contribuèrent de leur côté à élucider le problème complexe du mouvement des glaciers et en firent le sujet d'importantes publications.

De toutes ces observations, il résulte que l'on peut distinguer, dans le mouvement des glaciers, deux modes de translation se manifestant simultanément, savoir :

1° Un *glissement*. — Les parties périphériques se déplacent par rapport au lit rocheux et entraînent vers le bas les fragments de roche englobés dans la glace ;

2° Une *coulée*. — Les molécules de la glace se déplacent les unes par rapport aux autres, comme celles d'un liquide. Il faut donc considérer le glacier comme un système fluide, et non comme un système rigide.

Vitesse du mouvement. — Dans les Alpes, elle varie suivant le glacier, la partie du glacier considérée, l'année et la saison. Elle oscille entre quelques millimètres et 300 mètres par an. On prend généralement pour vitesse moyenne la vitesse de translation de la glace *au milieu* du glacier.

Le glacier inférieur de l'Aar possède une vitesse moyenne annuelle comprise entre 50 et 77 mètres, ce qui correspond à un parcours de 14 à 21 centimètres par jour. Le glacier des Bossons progresse par jour en moyenne de 1^m,323; la Mer de glace a une vitesse moyenne annuelle de 80 à 250 mètres; celle du glacier de Talèfre est environ de 131 mètres. Le glacier de Lodalbrae (Norwège) parcourt de 0^m,102 à 0^m,654 par jour. Au Groënland, le mouvement est de 10 à 100 fois plus grand que pour les glaciers alpins. Certains glaciers groënlandais parcourent 6,000 mètres par an, soit 14 millimètres par minute. Dans l'Himalaya on a mesuré des vitesses diurnes comprises entre 2 mètres et 3^m,7.

En résumé, le milieu du glacier est animé d'un mouvement de descente qui atteint, en moyenne, 0^m,1 à 0^m,4 par jour, soit 40 mètres à 160 mètres par an. Sa vitesse est donc comparable à celle de la petite aiguille d'une montre ordinaire. Elle n'est pas appréciable à l'œil; cependant en plantant un pieu sur un glacier et en le visant avec un théodolithe placé en dehors du glacier, il est facile de constater au bout de quelques heures un déplacement notable du pieu et de la glace qui le porte.

On a calculé qu'une molécule de glace met pour parcourir le glacier de l'Aar, du confluent des deux branches à l'extrémité du glacier (c'est-à-dire une longueur de 8,300 mètres), environ 130 ans. Une particule de neige de la Jungfrau mettrait, jusqu'à l'extrémité du glacier d'Aletsch, 450 ans, c'est-à-dire qu'un flocon de neige qui serait tombé sur le sommet de cette montagne à la fin du Moyen-Age, sous le règne de

Charles VII, serait aujourd'hui sur le point d'atteindre de nouveau la mer, son lieu de départ.

Il faut en moyenne, dans les Alpes, à une molécule d'eau pour arriver de la limite inférieure des névés au bout du glacier (pour les glaciers de premier ordre) de 60 à 100 ans.

Augmentation de vitesse des bords vers la partie médiane. Variations de la vitesse dans le profil transversal du glacier. — Agassiz eut l'idée de planter des pieux en ligne droite à travers un glacier. Il commença son expérience en 1841, sur le glacier de l'Aar, au voisinage du pavillon Dollfus, et ne tarda pas à remarquer que la ligne de piquets s'incurvait tout en progressant, les pieux du milieu ayant descendu plus vite que ceux des bords. De la statistique dressée par ce savant et continuée pendant plusieurs années, il résulte que la vitesse des bords est à la vitesse du milieu comme 3 est à 7, du côté gauche, et comme 2 est à 9 du côté droit. Des études dans le même sens ont été faites dans divers glaciers et permettent de conclure qu'en moyenne la vitesse du bord est à celle du milieu comme 1 est à 10.

Ce rapport varie énormément dans le même glacier. A certains endroits, dans les anses, en aval des promontoires rocheux formés par les bords, il y a comme dans les cours d'eau ce qu'on appelle des « points morts » où la glace est stagnante. La glace mouvante se détache alors de la glace immobile en occasionnant des fissures. Dans les glaciers très larges, la vitesse augmente d'abord rapidement, des bords au milieu,

puis reste constante sur une zone médiane plus ou ou moins étendue. Plus le glacier est large, plus cette zone l'est aussi. Dans les glaciers suspendus, la différence entre la vitesse des bords et celle des parties médianes est relativement faible. Ces deux vitesses sont entre elles comme 6 est à 7 ou bien comme 3 est à 4. Leur rapport varie d'ailleurs avec les saisons ; il est fonction de la vitesse générale du glacier. Remarquons cependant que l'écart observé entre les deux vitesses est plus grand en été que dans les autres saisons.

L'augmentation de vitesse des bords vers le milieu se fait graduellement, d'une façon continue, sans saccades ; ce mouvement ne peut donc être comparé à celui d'une bouillie de plâtre où l'on voit se dessiner des bandes se déplaçant plus ou moins vite les unes par rapport aux autres, mais à l'intérieur de chacune desquelles les particules sont animées d'une égale vitesse. Heim a nettement mis ce fait en évidence en alignant sur le glacier des séries de pierres de couleurs différentes se touchant les unes les autres, de manière à obtenir des lignes continues, l'une bleue, une autre rouge, etc. Les déformations que subissent ces lignes au bout d'un certain temps renseignent sur les modifications de la vitesse dans les différents points du glacier.

Différence de vitesse dans le profil en long.— Agassiz ayant marqué de signes ineffaçables et faciles à reconnaître divers blocs de la moraine médiane d'un glacier eut l'idée de mesurer à divers moments les intervalles

qui les séparaient. Il put ainsi se rendre compte des principales variations de la vitesse suivant l'axe du glacier et constata que, d'une manière générale, dans une vallée à pente à peu près constante, la vitesse diminue à la fois vers l'extrémité inférieure et vers l'extrémité supérieure (bassin d'alimentation) du glacier. Entre les deux extrémités, à peu près vers la région moyenne, on observe donc un maximum de vitesse. On s'explique assez bien ce fait en considérant que dans la partie inférieure du glacier le frottement est beaucoup plus considérable par rapport à la masse de glace.

A cette loi, il y a cependant des exceptions; mais elles sont faciles à expliquer : dans la Mer de glace par exemple la vitesse augmente vers l'extrémité; cela est dû au resserrement très grand de son lit à cet endroit. On a remarqué aussi que les chutes ou cascades de glace accroissent localement la vitesse des glaciers. Cette règle peut être modifiée par l'inégalité de la pente, par l'existence de glaciers affluents et par les variations de largeur du glacier. Dans le glacier du Rhône la vitesse va en augmentant jusqu'à la chute; en dessous de ce point elle commence à diminuer. Le maximum de la vitesse coïncide donc avec l'emplacement de cette chute; c'est là un fait général. Toutefois dans les glaciers du Groënland la vitesse s'accroît constamment jusqu'à la mer. Cette exception à la loi de la variation des vitesses dans le profil en long, n'est cependant qu'apparente; elle confirme la règle mentionnée plus haut, lorsque l'on assimile les glaciers du Groënland à des glaciers à chute dans lesquels la partie inférieure à la cascade aurait été supprimée

par le fait de la précipitation dans la mer de l'extrémité de l'appareil glaciaire.

On a constaté également que les crues de glacier accélèrent le mouvement de descente de la glace. Or, comme il arrive que les différentes parties d'un même glacier n'entrent pas en crue simultanément, la vitesse ne sera donc pas, dans ce cas, pareillement accélérée dans toutes les portions du fleuve de glace.

On le voit : Tous les résultats des mensurations précédentes conduisent à assimiler la coulée du glacier à celle d'un liquide.

Lorsqu'un glacier s'accroît, sa vitesse augmente, et inversement lorsqu'il diminue sa vitesse diminue aussi. Dans les grands glaciers, toutes les parties ne s'accroissent et ne diminuent pas en même temps ; de sorte qu'on peut constater une augmentation de vitesse en opérant en un point où le glacier est en crue, comme par exemple au voisinage du névé, pendant qu'en d'autres points du glacier, où la crue ne s'est pas encore manifestée, la vitesse reste stationnaire ou même diminue. On a souvent l'occasion d'observer ces différences quantitatives entre les diverses parties d'un même glacier.

Mouvements latéraux. — Des mesures précises et nombreuses ont démontré qu'en tous les points du parcours d'un glacier le produit de la vitesse par la section transversale du thalweg est un nombre constant ou, en d'autres termes, que la vitesse d'un glacier croît en raison inverse de la section transversale du glacier.

Cette loi générale rend compte de l'augmentation de vitesse que nous avons signalée dans les étranglements, et de sa diminution dans les parties où la vallée s'élargit et notamment aux deux extrémités du glacier, (surtout à l'extrémité inférieure).

Dans les points où le glacier s'élargit, on constate un mouvement des parties médianes *vers les bords*. Il est facile de mettre en évidence ce mouvement latéral en plantant les piquets en ligne droite, transversalement au glacier *au-dessous* d'un étranglement de la vallée. On voit alors les piquets s'avancer lentement, puis se disposer en éventail en s'écartant de plus en plus de l'axe du glacier. Des piquets plantés *au-dessus* de l'étranglement se rapprocheront au contraire de plus en plus de l'axe.

D'après des études suivies faites par Dollfus et Desor, en 1845, près du pavillon qu'ils avaient fait construire sur le glacier de l'Aar, le mouvement général de la glace peut être décomposé en :

1° Une composante *longitudinale* que ces auteurs évaluèrent à 18^{mm} par jour ;

2° Une composante *transversale* évaluée à 10^{mm} par jour ;

3° Une composante *verticale* (exhaussement ou affaissement) d'environ 6^{mm} par jour.

Ces trois composantes, dont le mouvement du glacier est la résultante, ont pu être constatées partout. Leur action est particulièrement évidente lorsque le glacier sort d'une gorge pour arriver dans une vallée élargie ou encore lorsque la pente du substratum rocheux vient à diminuer. Dans les glaciers dont la vitesse

s'accroît vers l'extrémité, on constate l'existence d'un déplacement dirigé *des bords vers le milieu*.

Sur le glacier du Rhône les piquets conservent leurs distances respectives sur de longs parcours ; mais à certains endroits, au-dessus de la chute par exemple, se manifeste un fort mouvement latéral (25^m par an), qui accumule sur les bords du glacier des débris morainiques de la façon dont un cours d'eau abandonne, dans des conditions analogues, les bois de flottage qu'il charrie.

Nous devons ajouter d'ailleurs que cette question des mouvements latéraux n'est pas encore complètement élucidée.

Mouvement en profondeur. — Le mouvement de la glace dans la profondeur du glacier est difficile à observer. Aussi n'est-il connu que très imparfaitement. Un résultat paraît cependant acquis : la vitesse diminue en même temps que la profondeur augmente. Forbes, dans une crevasse du glacier des Bois, a constaté, à la surface, une vitesse de $\frac{8}{5}$ plus forte que celle des parties profondes. Les expériences de Martins, de Tyndall, de Sévé conduisent au même résultat. Une ingénieuse observation d'Agassiz aurait fait complètement la lumière sur cette question si elle avait réussi. Cet illustre naturaliste avait scié un bâton en morceaux et l'avait enfoncé verticalement jusqu'au fond d'un glacier. Les fragments auraient dû être retrouvés à des distances variables suivant la vitesse de translation de la glace aux diverses profondeurs. Malheureusement ces débris n'ont pas été rencontrés par les fouilles pratiquées à cet effet.

Migration du centre. — On appelle ainsi le déplacement, par rapport à l'axe de la vallée, du point où la vitesse est maximum. La vitesse maxima ne coïncide, en effet, pas toujours avec l'axe du glacier (Agassiz). En 1837, Tyndall a fait ressortir les relations de ce déplacement avec la forme de la vallée. *Lorsque la vallée décrit un arc, la ligne de vitesse maxima se rapproche de la rive concave.* Là où la courbure change de sens, la vitesse maxima est sur l'axe. En reliant par un trait continu les points de vitesse maxima, on obtient une ligne tortueuse qui représente le lieu géométrique de tous les points de vitesse maxima ; elle est harmonique à la ligne médiane de la vallée, mais les concavités et les convexités en sont plus accentuées. Le lieu géométrique des vitesses maxima dans les cours d'eau a tout à fait la même allure : ils corrodent aussi leurs rives concaves et déposent des alluvions sur leurs rives convexes.

Heim a formulé les lois qui règlent la forme de cette courbe.

Rapport entre le mouvement et la pente du sol. — La pente de substratum n'a pas, sur la rapidité du mouvement, l'influence qu'on serait tenté de lui attribuer de prime abord. Il est vrai de dire d'une manière générale, que, lorsque la pente augmente, la vitesse s'accroît aussi et inversement. Mais il n'est pas rare de rencontrer des points, très localisés il est vrai, où la glace *progresses en sens contraire de la pente* ; ceci a lieu principalement au voisinage des chutes de glacier.

Ce mouvement local et ascensionnel de la glace est dû évidemment à la pression des masses de neige accumulées en amont dans le bassin de réception. Les facteurs de la vitesse d'un glacier en un point déterminé sont donc : 1^o la forme et la dimension du profil transversal ; 2^o la masse plus ou moins grande des neiges accumulées dans le bassin de réception ; 3^o la différence de niveau entre les parties extrêmes du glacier, bien plus que la pente du glacier au point considéré.

L'ablation dans la partie inférieure favorise aussi la vitesse en lubrifiant la roche sous-jacente. Elle peut faire mouvoir le glacier sur des pentes où il resterait sans cela immobile.

Les dimensions du glacier exercent une influence prépondérante sur la vitesse. Lorsque le volume du glacier est très grand par rapport à la surface de frottement, la vitesse devient considérable quelle que soit la pente. Ainsi, au Groënland, cette vitesse est relativement grande quoique la pente soit très faible ; la cause de ce phénomène doit être attribuée aux énormes masses de glace accumulées dans l'intérieur des terres groënlandaises.

On, peut se faire une idée juste du volume d'un glacier en évaluant la surface de la section transversale en divers points ; il en résulte que plus cette surface est grande, plus le frottement est faible par rapport à un même volume de glace, et plus aussi la vitesse est grande. La vitesse augmente, toutes choses égales d'ailleurs, avec la *concentration* de la section transversale, c'est-à-dire que plus la surface du profil est

grande par rapport à son contour (et par suite plus le frottement de la glace sur les parois rocheuses est petit) plus le mouvement de la glace s'accroît. Cela ressort très nettement des chiffres suivants : le glacier du Géant, au-dessus de son confluent avec le glacier de Léchaud, a une largeur de 1000^m et une vitesse de 0^m,323 par jour. Le glacier du Léchaud a une largeur de 750^m et une vitesse de 0^m,241 par jour. Réunis, ces deux glaciers augmentent naturellement leur épaisseur ; la largeur, au-dessous du confluent, au lieu d'être égale à la somme des deux largeurs précédentes, n'en est que la moitié (875^m) ; mais, la vitesse est dans cette partie du glacier de 0^m,5 par jour, c'est-à-dire à peu près deux fois plus grande que la vitesse particulière de chacun des deux glaciers.

Le rapport que l'on vient d'indiquer entre la surface du profil transversal et la vitesse rend bien compte de la production des *rapides* de glace dans les gorges (par exemple au glacier de Gorner) et de la stagnation dans les lieux où le glacier s'étale.

Variation de la vitesse avec la saison. — Longtemps on a cru que les glaciers étaient immobiles en hiver ; de Saussure et Forbes ne tardèrent pas à reconnaître qu'ils se ralentissent beaucoup en cette saison, mais que leur mouvement n'en est pas moins encore sensible. Dans la Mer de glace, le maximum de vitesse se produit en juillet, et le minimum en décembre. Le rapport entre la vitesse maximum et la vitesse minimum est de $\frac{100}{24}$. Dans le glacier de Grindelwald, le

maximum a lieu en mars, et le minimum aussi en décembre. Le rapport entre les deux vitesses extrêmes est $\frac{100}{25} = 4$. Dans le glacier de l'Aar, le maximum se produit en mai, et le minimum en janvier ; leur rapport est égal à $\frac{100}{36}$. Dans les glaciers du Groënland le rapport entre le maximum et le minimum est le même que dans le glacier de Grindelwald, c'est-à-dire $\frac{100}{25}$. Il se produit d'ailleurs, en outre, pendant chaque saison, des variations irrégulières. La vitesse moyenne est généralement atteinte en automne ; elle recommence généralement à s'accroître dès le mois de décembre ou de janvier.

Ces variations sont surtout accentuées dans les petits glaciers. Plus un glacier est puissant, plus sa pente est grande, moins son mouvement varie avec les saisons. Remarquons aussi que l'influence des saisons est plus sensible sous les latitudes élevées à cause de la rigueur relative de l'hiver.

Nous remarquerons aussi que les résultats indiqués ne représentent qu'une moyenne et qu'il faut s'attendre à trouver des exceptions assez nombreuses aux règles énoncées.

On appelle « phlegme » du glacier la lenteur avec laquelle les effets de la température se répercutent sur ses allures. Ainsi, lorsqu'une période de beaux jours succède brusquement à une période de froid, l'augmentation de vitesse qui en résulte ne se fait sentir qu'environ un mois après l'élévation de la température.

On n'a jamais observé aucune *variation diurne* dans le mouvement des glaciers. Les patientes observations de M. Heim ont établi, en outre, qu'ils se meuvent

d'une manière parfaitement continue, sans saccades ni mouvement rétrograde. Cette lente régularité fait dire aux montagnards suisses, dans leur langage pittoresque, que « le glacier croit comme une plante ».

La vitesse varie non seulement suivant les saisons, mais aussi *suivant les années et par périodes multi-annuelles*. Les différences annuelles sont plus fortes dans la partie médiane que sur les bords. Nous aurons à examiner, dans un autre article, quelles sont les causes et les lois de ces *variations périodiques* des glaciers. Elles ne se produisent pas uniformément ni nécessairement dans le même sens dans les divers glaciers d'un même massif et *à fortiori* dans les glaciers des divers massifs montagneux. Chaque appareil glaciaire possède donc son individualité propre plus ou moins indépendante de celle des glaciers voisins.

Mouvement du névé. — Les crevasses rendent facile l'observation des mouvements qui peuvent se produire dans les névés. D'une manière générale, la vitesse du névé est moindre que celle du glacier, quoique sa pente soit plus forte. Il est probable que, pour bien connaître ce mouvement, il faudrait le considérer dans deux régions distinctes du champ de névé :

1° Dans la partie supérieure, où le mouvement est presque vertical ;

2° La partie inférieure, c'est-à-dire dans le bassin, où le mouvement est presque horizontal.

Mouvement d'ensemble. — L'examen du lit des glaciers prouve que l'ensemble de la glace avance « en

bloc », par un mouvement de *glissement*. La roche sous-jacente est, en effet, *polie, striée*; les saillies qu'elle présente sont *arrondies*. Ces stries ne peuvent être produites que par le glissement d'un corps dur sur un autre corps moins résistant; ce sont, en effet, les particules minérales et les fragments de roche mêlés à la glace du fond du glacier qui accomplissent ce travail de burinage et de polissage sous l'effet de la pression des masses supérieures de glace et par suite d'un glissement d'ensemble sur le fond du lit rocheux.

On peut dire par conséquent, que le glacier *coule* et *glisse* en même temps. Le glissement peut devenir presque nul sur les bords en certains points; cependant on a constaté que la glace des parties marginales y avance en moyenne de 20 à 30 mètres par an.

Comparaison du mouvement des glaciers avec celui des fleuves. — Les résultats qui viennent d'être signalés dans cette rapide analyse du mouvement des glaciers nous mènent à voir dans la glace une substance *ductile* qui s'adapte entièrement à son *substratum* et dont les molécules se déplacent les unes par rapport aux autres. Pour rendre plus frappante encore cette analogie entre le glacier et un fleuve, il suffira de rappeler que les résultats des mensurations conduisent à assimiler la coulée du glacier à celle d'un liquide; il est en effet acquis aujourd'hui à la science que :

1^o Le mouvement de la glace est plus rapide au milieu que sur les bords ;

2^o L'accélération du mouvement des bords vers le milieu est continue sans être constante; elle augmente rapidement en partant des bords, puis plus lentement

vers la partie médiane ; elle finit par devenir nulle et la vitesse reste constante sur une zone médiane, dont la largeur est en rapport avec celle du glacier ;

3° Sur le bord du glacier, derrière des promontoires rocheux, il se produit fréquemment des parties *stagnantes* de la glace où le mouvement est nul ;

4° Les différences de mouvement du bord au milieu sont d'autant plus grandes que le mouvement du glacier est plus rapide ;

5° Dans les parties élargies, apparaissent des mouvements de translation transversale *du milieu vers le bord*, et là où le lit du glacier se rétrécit, des mouvements dirigés des bords *vers le milieu* ;

6° Lorsque le mouvement décroît vers le bas du glacier, on observe souvent des mouvements *composants* dirigés vers les bords ; lorsque la vitesse augmente vers le bas, apparaissent, au contraire, des composantes dirigées *vers le milieu* ;

7° Lorsque la vallée glaciaire est tortueuse, le mouvement est plus rapide dans la moitié convexe du glacier que dans la moitié concave, et le lieu géométrique des mouvements maxima est une courbe harmonique de la ligne médiane du glacier, à sinuosités plus accentuées ;

8° Le mouvement s'accroît avec la pente ; toutes choses égales d'ailleurs, il s'accélère également avec la concentration du profil transversal ; il diminue avec l'augmentation de la surface de frottement ;

9° Lorsque deux glaciers confluent, le nouveau glacier qui en résulte possède un courant unique ;

10° La pente de la surface extérieure du glacier diminue avec l'augmentation de la section transversale,

elle diminue dans les parties élargies du lit glaciaire et s'accroît dans les parties étroites qui peuvent être à juste titre comparées à des « rapides » ;

11° Au pied des chutes ou cascades de glaciers, on voit se produire des *vagues de glace* (bourrelets) qui s'infléchissent, s'atténuent en s'éloignant, et finissent par disparaître à une certaine distance de la chute ;

12° Lorsqu'un obstacle (rocher, etc.) s'oppose à la progression de la glace, on voit se former en amont et sur les côtés de l'obstacle des saillies ou renflements de la surface et des bourrelets, tandis qu'en aval il se produit un creux (promontoire de Trélaporte dans la Mer de glace, Nunataker du Groënland). Enfin, lorsque deux glaciers se rencontrent, il se forme une cavité à leur point de réunion, immédiatement au-dessous de l'obstacle qui les sépare ; et un peu plus bas on voit prendre naissance une sorte de crête et une moraine médiane.

Le mouvement de la glace dans les glaciers est donc comparable à celui d'un liquide, et on peut dire avec M. de Lapparent qu'un glacier se comporte comme un fleuve imparfait, dont l'analogie avec les eaux courantes croît à mesure que la température s'élève.

Mais à quelle sorte de liquide peut-il être assimilé ? Nous avons vu que la glace du glacier pouvait être comparée à une masse ductile dont les particules internes se déplacent les unes par rapport aux autres. On voit fréquemment, du reste, les petits glaciers suspendus affecter l'apparence de *larve*, renflée vers le bas, forme caractéristique des liquides épais.

Or, on distingue des liquides *complètement fluides*, tels que l'eau, etc., dans lesquels la résistance qu'opposent les particules au déplacement est infiniment petite par rapport à leur poids ; et des liquides *épais, visqueux* ou *pâteux*, tels que les sirops, etc., dans lesquels cette cohésion n'est pas négligeable par rapport au poids des molécules. Parmi ces derniers, il peut se présenter plusieurs cas suivant la valeur des trois facteurs suivants : poids de la molécule, cohésion, frottement des molécules dans l'intérieur de la masse.

1^o Lorsque la cohésion est plus forte que le frottement intérieur des molécules les unes contre les autres, le corps considéré possède une consistance visqueuse, il s'étire en filaments lorsqu'on le soumet à une traction ; les matières de ce genre sont dites *filantes*.

2^o La cohésion intérieure est plus faible que le frottement ; dans ce cas, qui comprend des matières épaisses comme la boue, la traction provoque une simple rupture sans qu'il se produise de filaments, ces matières *ne filent pas*, elles sont visqueuses, mais cassantes à la traction.

C'est avec les corps de cette dernière catégorie que peut être le plus justement comparée la glace des glaciers. Mais il importe de ne pas oublier qu'*elle ne possède ces propriétés que lorsqu'elle se trouve dans certaines conditions de température et de pression*, et grâce à des phénomènes spéciaux tels que la fonte et le regel.

La glace des glaciers, en effet, n'a pas les propriétés d'un liquide fluide. Sa lenteur d'écoulement le prouve

surabondamment : sur le glacier de l'Aar, au pavillon de Dollfus, elle progresse avec une vitesse de 0^m,2 par jour, alors que si elle était remplacée par de l'eau liquide, abandonnée sur une pente de même inclinaison, la vitesse d'écoulement serait de 200 mètres par seconde, c'est-à-dire environ cent millions de fois plus forte. Elle n'a pas non plus les propriétés d'un liquide filant, car, lorsqu'on exerce sur elle une *traction* suffisante, ses molécules se séparent de suite sans former de filaments intermédiaires entre les deux fragments. Elle rentre donc dans la catégorie des bouillies cassantes.

Nous avons vu que sous l'influence de la *pression*, les propriétés de la glace sont toutes différentes ; elle se montre alors éminemment *plastique*.

INFLUENCE DU MOUVEMENT SUR LA STRUCTURE.

Il est intéressant d'étudier de près l'influence que le mouvement peut exercer sur la structure d'une pareille bouillie. Le mouvement de la glace développe des forces de *traction* et des forces de *pression* dans différents sens, variant avec les pentes et avec la forme de la vallée considérée. Étant donné un glacier quelconque, on peut facilement tracer théoriquement le système des courbes de traction maxima et le système des courbes de pression maxima. Ces deux sortes de courbes ont la même forme, mais elles sont perpendiculaires l'une à l'autre. En outre, la pression due aux masses de neige agit surtout vers le haut du glacier ; et la traction, due à la pesanteur, se manifeste

surtout vers le bas. Dans une bouillie, non filante mais épaisse, la traction produit *des crevasses* qui sont perpendiculaires aux lignes de traction maxima ; et la pression fait naître la *structure schisteuse* ; la direction de la schistosité est perpendiculaire aux lignes de pression maxima, et, par conséquent, parallèle aux lignes de traction maxima. Ces phénomènes sont très nets dans les glissements, les éboulements et les coulées de vase. On constate que leur production est réglée mathématiquement.

Dans d'instructives expériences, Heim a reproduit expérimentalement ces phénomènes en faisant glisser, sur un plan incliné, de la vase provenant d'un éboulement. Il a distingué sur cette vase trois régions, différemment modifiées par le mouvement de descente :

1° Vers le haut (région d'origine ou « Abrissgebiet »), la vase présentait de nombreuses *crevasses* béantes, arquées, et disposées de façon que la convexité de l'arc soit dirigée vers le haut ; il en résultait une suite de *voussoirs*, séparés par les *crevasses* ;

2° Dans la région médiane (région de cheminement ou « Weggebiet »), on remarquait des *crevasses* marginales divergeant en éventail de la ligne médiane vers les bords ; des *bourrelets* (structure lamellaire) se montraient perpendiculaires aux *crevasses* et aux directions de pression maxima ;

3° Dans la partie inférieure (région de tassement, Ablagerungsgebiet), on constatait la présence de *crevasses* radiales et de *bourrelets* concentriques ; la traction se fait sentir, en effet, dans cette région, parallèlement au contour de la terminaison *étalée* de

la coulée, et la pression qu'exercent les masses d'amont, se fait suivant des directions rayonnantes.

Généralement, ces deux forces (traction et pression) croissent ou diminuent en même temps, de sorte que les crevasses et la structure lamellaire se produisent simultanément; sinon, suivant que la traction ou la pression domine, la schistosité ou les crevasses sont plus accentuées.

Nous allons voir que ce qui se passe dans les glaciers a la plus grande analogie avec ce qui se produit dans les coulées de boue.

Outre ces diverses sortes de fentes, il faut citer encore la présence constante d'une crevasse périphérique, séparant la coulée de son lit et correspondant à un *plan de glissement*.

CREVASSES DES NÉVÉS. — On remarque la présence de crevasses dans le bassin de réception. Elles sont peu nombreuses et irrégulières dans les *névés* du Groënland, qui sont très étendus, et dont le mouvement est relativement lent à cause de la faiblesse des pentes. Dans les Alpes, où les inclinaisons sont plus fortes, les *névés* sont, au contraire, beaucoup plus déchirés; les crevasses y sont plus larges que dans la glace, moins longues et souvent cachées par la neige. Elles ont jusqu'à 30 mètres de largeur, et de 5 à 80 mètres de profondeur. Leurs parois sont verdâtres au lieu d'être d'un beau bleu, comme celles qui s'ouvrent dans la glace, et l'on y voit apparaître nettement la stratification horizontale des masses de *névé*. Elles sont à peu près parallèles et découpent d'énormes blocs appelés

« *séracs* », dont la production est en rapport avec la forme plus ou moins régulière du substratum (chutes et autres irrégularités). Les séracs, de couleur blanchâtre, dépassent quelquefois de plusieurs mètres le niveau moyen du névé environnant. Il en résulte alors ces entassements chaotiques dont tout le monde a lu des descriptions et qui font l'admiration des touristes.

Généralement les crevasses du bassin de réception sont assez irrégulièrement disposées, sauf sur les points où le névé cesse de descendre presque verticalement, pour progresser presque horizontalement. Ces crevasses, qui délimitent le bassin d'alimentation de la neige des pentes qui séparent le névé proprement de la neige fine, ont reçu un nom particulier ; on les appelle des « *Rimayes* » (*Bergschrund*). L'origine de ces rimayes doit être attribuée à un glissement du névé, qui se sépare de son substratum, presque vertical, pour couler lentement dans le bassin. Situées au pied d'un escarpement, elles mettent souvent le roc à nu. Dans ce dernier cas, on y distingue une lèvre rocheuse et une lèvre en névé. La lèvre en névé est souvent abaissée par rapport à l'autre par une dénivellation ; quelquefois on remarque plusieurs étages de ces rimayes.

Les rimayes causent la plupart des accidents, dont le récit remplit si tristement l'histoire des glaciers. Il n'est pas rare en effet qu'elles soient dérobées à la vue par un « *pont de neige* ». Cette neige, tombée surtout en hiver, se durcit au printemps ; en été, le pont qu'elle forme présente une résistance qui varie suivant les jours et suivant les heures de la journée. Il peut donc se faire que, là où une ou plusieurs personnes

ont déjà passé sans accidents, un effondrement subit se produise et précipite dans la crevasse un voyageur qui se croyait en pleine sécurité, parce qu'il suivait un « sentier battu ». Cet exemple suffit pour justifier l'emploi habituel des cordes reliant les uns aux autres les touristes qui parcourent la surface d'un névé.

CREVASSES DU GLACIER PROPREMENT DIT. — Il se produit sur le glacier des crevasses marginales, des crevasses médianes ou transversales, et enfin des fentes longitudinales. Toutes ces crevasses sont régulières et présentent partout les mêmes caractères. Elles débent d'abord en une fente fine, qui s'élargit soit par saccades, soit d'une façon insensible. Elles ne décrivent que rarement des zigzags comme les fissures des névés, et se produisent avec fracas et en grand nombre. C'est ainsi qu'en sept heures et demie, Agassiz eut l'occasion de voir s'ouvrir huit crevasses sur une longueur de 100 mètres. On attribuait autrefois leur formation à une contraction nocturne de la glace déterminée par un abaissement de température ; mais il a fallu abandonner cette explication lorsqu'on a reconnu qu'elles prennent naissance plutôt le jour que la nuit.

Les crevasses s'élargissent avec le temps ; elles se produisent toujours aux *mêmes endroits du glacier* (et non sur *les mêmes points de la glace* qui progresse et se referme au contraire en descendant). Elles sont déterminées surtout par les inégalités du lit du glacier : plus le glacier est important, plus elles sont régulières et rares ; et inversement, plus le glacier est

petit, plus elles se montrent irrégulières et en grand nombre. On se rend aisément compte de ce fait en observant des glaciers en décroissance ; il est, du reste bien connu que les glaciers en décrue deviennent de plus en plus difficiles à passer en raison de la présence des crevasses qui s'y multiplient d'une façon très frappante. Les glaciers de la Suisse, par exemple, sont aujourd'hui plus difficiles à passer qu'autrefois, parce qu'ils ont diminué d'importance, et sont en même temps devenus plus crevassés. Les différences que nous venons de signaler entre les grands glaciers et les petits glaciers sont de même ordre que celles qui distinguent les fleuves des torrents ; ces derniers, ont, en effet, toujours beaucoup plus de vagues.

Ce phénomène se ramène à une loi du mouvement des liquides épais : plus la masse est grande, plus elle *coule* et moins elle se déchire. C'est un effet de la pression que le liquide exerce sur lui-même par son propre poids.

Les crevasses s'élargissent avec le temps parce que leurs bords s'arrondissent et s'émoussent. Elles s'enfoncent généralement perpendiculairement à la surface du glacier et se rétrécissent en profondeur. Celle-ci varie généralement entre 20 et 50 mètres ; cependant, elle peut dépasser de beaucoup ce chiffre ; c'est ainsi qu'Agassiz a mesuré, dans le glacier de l'Aar, une crevasse de 260 mètres de profondeur.

Leur largeur oscille entre 2 et 20 mètres ; rarement elle dépasse 20 mètres. Elles sont vides d'eau et leurs parois se font remarquer, comme nous l'avons dit, par la couleur bleue de la glace. Elles ne cessent de se

produire aux mêmes points du glacier, comme aussi elles ne cessent de disparaître vers l'aval.

a. *Crevasses marginales*. — Elles sont inclinées à 45° environ sur le bord; elles s'atténuent et disparaissent vers le milieu du glacier et en profondeur; elles sont perpendiculaires aux courbes de traction maxima. La traction est due, dans ce cas, à la différence de vitesse qui se manifeste entre les parties médianes du glacier et les bords, comme il est facile de le mettre en lumière par une expérience très simple: on sait qu'une ligne droite formée de piquets plantés en travers du glacier, ne tarde pas à s'incurver; sa longueur a donc augmenté. C'est ainsi qu'une ligne de pierres rouges, placées, en 1874, en travers du glacier du Rhône, avait, lorsqu'elle était droite, 1,035 mètres de longueur; en 1878, elle avait atteint, en s'incurvant, 1,380 mètres; et en 1882, elle mesurait 2,073 mètres. Ces indications permettent de déduire aisément la force de traction sur les divers points de la section transversale du glacier. On a constaté ainsi qu'elle doit être presque nulle au milieu, tandis qu'elle devient plus ou moins considérable vers les bords où elle arrive à son maximum.

M. Heim a indiqué une méthode assez ingénieuse pour calculer la valeur de cette traction. Elle consiste à disposer sur le glacier un cercle de pierres; par suite de l'inégalité de la vitesse dans les divers points de la circonférence, le cercle ne tarde pas à se déformer et devient une ellipse dont il est facile de mesurer les axes.

Les crevasses marginales sont surtout fréquentes

près des saillies du bord, près des contours où elles sont particulièrement abondantes du côté externe (convexe) du glacier. Rarement (glacier du Rhône, partie supérieure) elles arrivent à se rencontrer et se croisent alors au milieu du glacier.

Il peut arriver qu'elles se remplissent d'une neige, qui se transforme plus tard en glace blanchâtre. Celle-ci forme alors les bandes blanchâtres dont nous avons déjà parlé et qui sont croisées, dans les parties d'aval, par d'autres crevasses marginales. Enfin ces bandes blanchâtres elles-mêmes s'effacent à leur tour pendant le cours de la descente, et il ne reste alors plus aucune trace des anciennes crevasses marginales.

b. *Crevasses médianes ou transversales.* — Les crevasses médianes sont à peu près perpendiculaires aux bords du glacier. Elles croisent donc en direction les crevasses marginales ; mais ce n'est que très rarement qu'elles traversent toute la largeur du glacier ; elles s'atténuent ordinairement vers les bords. Quelquefois elles atteignent en profondeur le fond du glacier. On peut dire d'une manière générale qu'elles sont plus importantes que toutes les autres crevasses. Elles se produisent aux endroits où la pente du glacier *augmente* brusquement, surtout près des chutes où elles atteignent des proportions considérables. Aussi les glaciers qui coulent en pente douce en sont-ils dépourvus.

Ces crevasses se referment dès que la pente qui a occasionné leur formation s'atténue ou vient à disparaître.

On trouve de belles crevasses transversales dans les glaciers du Rhône, de Trient, d'Arolla, de Gorner, de

Grindelwald, etc., dans ceux de Norvège, de l'Himalaya, de la Nouvelle-Zélande, etc.

c. *Crevasses longitudinales*. — Elles sont dirigées à peu près suivant l'axe de la vallée. Cependant elles s'étalent toujours plus ou moins en éventail et finissent par passer aux crevasses marginales. Ces fentes caractéristiques se produisent surtout à l'extrémité du glacier. En ce point la vallée s'élargit généralement et la pente diminue; la glace se meut alors vers les bords, elle s'étale; il en résulte une force de distension, de traction périphérique qui la fait se disloquer dans le sens de l'axe de la vallée. Cependant, il est à noter, que même lorsque la vallée ne s'élargit pas, on voit se produire à l'extrémité du glacier des crevasses longitudinales; la raison en est que, dans cette région, la fusion est plus intense que partout ailleurs et que la glace, ayant diminué de volume, trouve un espace plus grand à occuper, d'où résulte également une distension.

Ces crevasses sont encore occasionnées par les saillies longitudinales du sol que recouvre la glace. —

Contrairement aux précédentes, elles ne se ferment pas, elles sont persistantes, vont même en s'élargissant avec le temps, le vent plus ou moins chaud qui circule constamment dans leur ouverture contribuant à faire fondre la glace de leurs bords. Ce courant d'air est produit par le torrent qui circule sous la glace.

Il paraît difficile tout d'abord de s'expliquer la persistance des crevasses longitudinales situées à l'extrémité du glacier. La difficulté disparaît si l'on remarque qu'à mesure qu'elles se détruisent dans

leur partie inférieure, elles se régénèrent par leur partie supérieure, en amont, où la glace continue à arriver par suite de la poussée des couches supérieures.

d. *Crevasses de fond ou Grundspalten.* — On a décrit sous ce nom des crevasses qui affecteraient seulement les parties de la glace voisines du lit du glacier. On ne les a jamais observées directement et leur existence paraît douteuse. La pression et le regel semblent en rendre la présence impossible ou, du moins, très éphémère. Nous laisserons donc leur étude de côté.

STRUCTURE RUBANÉE OU SCHISTOSITÉ. — La schistosité est due à une cause opposée à celle qui produit les crevasses, elle est produite par la *pression*.

On distingue :

1^o *La schistosité marginale*; la direction des bandes est, dans ce cas, perpendiculaire à celle des crevasses marginales; ces bandes s'effacent vers le milieu du glacier;

2^o *La schistosité transversale*; elle se produit là où il y a pression longitudinale, où il y a refoulement suivant l'axe, comme, par exemple, au pied des chutes et dans les endroits où la pente *diminue* brusquement. C'est également dans ces parties du glacier que s'observent fréquemment des *bourrelets* comparables aux vagues si fréquentes dans les cours d'eau, au pied des cascades;

3^o *La schistosité longitudinale* est due aux *pressions latérales* qui se manifestent aux endroits où le lit se rétrécit et notamment dans la partie de la vallée

voisine du bassin de réception, ainsi qu'au confluent de deux glaciers (Glacier du Talèfre) ;

4^o Enfin la *schistosité locale*, due à des obstacles tels que les saillies du fond ou des bords de la vallée ; ou encore aux courbes décrites par l'axe du glacier.

A l'extrémité du glacier, la combinaison des diverses directions qu'affecte la schistosité produit une structure *en écailles* toute particulière.

La schistosité, avons-nous dit, se traduit par des bandes bleues tranchant nettement sur la glace blanchâtre. Il est facile de se rendre compte de la formation de ces bandes bleues par l'effet de la pression ; en effet, celle-ci, variant à chaque instant, est accompagnée de fusions et de regels alternatifs qui provoquent peu à peu l'expulsion des bulles d'air, c'est-à-dire la transformation de la glace bulleuse blanche en *glace bleue* privée d'air.

L'analyse des conditions dans lesquelles se présentent les crevasses et la schistosité permet donc de dire que la glace des glaciers, soumise à une force *de traction*, se montre rigide et cassante, tandis qu'elle devient plastique sous l'action de la *pression*.

FUSION DES GLACIERS.

La fusion de la glace se produit dans toutes les parties du glacier, mais d'une manière différente suivant les points considérés. Dans le bassin d'alimentation, l'eau de fusion ne s'écoule pas à la surface ; elle s'infiltre dans la neige poreuse, en expulse une certaine quantité d'air et la transforme en névé. Dans le glacier

proprement dit, au contraire, la fusion augmentant et la perméabilité diminuant, il se produit à la fois un ruissellement sur la surface libre de la glace et un écoulement à sa partie inférieure. Ces eaux vont former, à l'extrémité de l'appareil glaciaire, un ruisseau, un vrai *torrent de fusion*.

Dans l'étude de la fusion des glaciers, nous aurons donc à distinguer :

1^o La fusion superficielle *de haut en bas*, due aux rayons solaires, à la réverbération des parois rocheuses, aux vents chauds, à la pluie, etc. ;

2^o La fusion *de bas en haut*, produite par l'eau circulant entre le sol et le glacier, et par la pression des couches superficielles ;

3^o Enfin, la fusion *intérieure*, déterminée par l'air et par l'eau qui circulent, soit dans les crevasses, soit dans les fentes capillaires, soit encore dans les grottes glaciaires, par les filets d'eau qui jaillissent des flancs du glacier ou de son fond, et, en dernier lieu, par la chaleur terrestre ;

4^o Enfin, lorsqu'il arrive, comme dans les régions polaires, que l'extrémité du glacier rencontre un bassin maritime ou lacustre, la glace fond au contact de l'eau et l'on assiste au *phénomène des glaces flottantes*.

LA FUSION SUPERFICIELLE OU ABLATION se produit à la surface du glacier. On peut l'évaluer en enfonçant des pieux dans la glace jusqu'à un trait servant de repère ; au bout d'un certain temps, on mesure la distance du trait de repère à la surface de la glace. Ce chiffre donne la valeur de l'ablation au point considéré. On

peut aussi avoir la mesure de l'ablation en creusant des trous dans la glace et en déterminant leur diminution de profondeur dans un temps donné; ou encore par le relief qu'acquière au-dessus de la glace environnante les surfaces glaciaires protégées par des corps mauvais conducteurs de la chaleur.

L'ablation des névés n'a pas été sérieusement mesurée; mais il est certain qu'elle subit des variations considérables suivant les années. A la limite inférieure des névés, sa valeur annuelle est à peu près de 2^m à 2^m,50. Dans le glacier de l'Aar inférieur, l'ablation moyenne est de 3^m à 3^m,50 par an. On peut dire d'une façon spéciale que l'ablation annuelle, dans les névés, est en moyenne de 1^m; vers le milieu du glacier, elle est de 2^m à 2^m,50; et à l'extrémité inférieure du glacier, de 3^m à 3^m,50. Partout, d'ailleurs, elle peut varier avec les années.

L'ablation diurne varie beaucoup également. Elle oscille entre 0^m,0354 et 0^m,075, et devient surtout intense en juillet, en août et en septembre. Elle ne se fait pas sentir dès le début de l'été, car avant que la chaleur estivale puisse attaquer la glace, il est évidemment nécessaire que la neige de l'hiver qui la recouvre soit entièrement fondue, ce qui demande un temps toujours assez long, la chaleur latente de fusion de la neige étant considérable. L'ablation est donc nulle dans le corps du glacier pendant l'hiver et même pendant une certaine partie de la belle saison. Elle est nulle encore pendant la nuit, à moins de vent chaud ou de pluie chaude.

L'influence de l'*exposition* sur la fusion superficielle est très grande. Dans les parties exposées au Midi, l'ablation est maximum; elle est minimum dans les

régions du glacier qui regardent le Nord. Sur les bords, la fonte est généralement plus grande que vers le milieu, à cause de la proximité des parois rocheuses et de la réverbération qu'elles occasionnent. Lorsque une paroi rocheuse est bien exposée au Midi l'ablation par réverbération produit parfois, dans la glace, une pente brusque inclinée vers le rocher.

Ainsi l'ablation subit des variations considérables et peut même s'annuler :

- 1° Suivant les heures de la journée ;
- 2° Suivant les climats ;
- 3° Suivant les saisons ;
- 4° Suivant les années ;
- 5° Sous l'influence de diverses conditions locales, parmi lesquelles l'exposition entre en première ligne.

L'influence des corps étrangers reposant sur la glace est très différente et produit même des résultats opposés, suivant la nature, le volume et la disposition de ces matériaux. Nous les diviserons en trois groupes :

a. *Masses de débris ou moraines.* — Ce sont des amas de fragments rocheux accumulés à la surface des glaciers. Leur présence retarde l'ablation de 1 mètre environ par an, c'est-à-dire que, si, au milieu du glacier, l'ablation est de 3 mètres par exemple, elle ne sera que de 2 mètres sur les points où la glace porte des moraines. Il résulte de cette différence dans la rapidité de la fusion des formations coniques dont la pente peut atteindre de 20 à 30°. Ces cônes augmentent de hauteur vers le bas du glacier ; ils sont formés

surtout de glace, les décombres n'étant que superficiels, et prennent la forme de *vallums*.

Les moraines, protégeant ainsi la glace contre la fusion, favorisent l'allongement du glacier; aussi les glaciers à moraines sont-ils ordinairement plus longs que les glaciers dont la surface est exempte de débris rocheux.

b. *Gros blocs isolés*. — Les gros blocs protègent encore plus efficacement la glace sousjacenté contre la fusion; ils provoquent ainsi la formation de colonnes de glace qu'ils surmontent et débordent de toutes parts, constituant ainsi ce qu'on appelle les « *tables de glaciers* ». On les trouve sur le névé aussi fréquemment que sur la glace. La partie du piédestal glaciaire qui est exposée au Midi fond moins lentement que le reste et le bloc ne tarde pas à s'incliner insensiblement dans la direction du soleil. Il finit même par tomber, mais on le voit bientôt donner lieu un peu plus bas à une nouvelle table. Le glissement du bloc se fait ordinairement de 1 à 3 fois par an, mais les grandes tables peuvent durer 2 ou 3 ans. Leur hauteur moyenne au-dessus du glacier est de 0^m,50 environ; on en a vu quelquefois atteignant jusqu'à 4 mètres d'élévation.

Les tables de glacier, toujours inclinées du côté du soleil, permettent de s'orienter pendant le brouillard.

Débris fins ou poussières. — Les poussières éparses sur la glace ont un effet contraire à celui des blocs, elles favorisent la fusion, surtout lorsqu'elles sont de couleur foncée, elles exercent, en effet, sur les rayons solaires une absorption qui, en raison de leur petit

volume, finit par les échauffer elles-mêmes et par provoquer autour d'elles la fusion de la glace. Lorsque l'on parcourt la surface d'un glacier on remarque en effet qu'elle est criblée d'une infinité de petits trous au fond desquels on trouve toujours un grain de sable ou une particule quelconque qui a servi de centre d'absorption à la chaleur solaire et déterminé une fusion locale de la glace.

Dans une glace paraissant pure, Agassiz a constaté, à 7 mètres de profondeur, l'existence de 2 grammes $1/2$ d'impuretés (grains fins) par kilogramme de glace. Ces impuretés ne tardent pas à être mises à nu par l'ablation et concentrées à la surface qui devient donc *sale*, ce qui détermine, comme nous venons de l'expliquer, une fonte plus rapide. Ces débris apparaissent et disparaissent donc alternativement. Ils favorisent la fusion et l'on découvre fréquemment des cadavres d'insectes ou de petits animaux ainsi enfouis au fond d'une sorte de puits dont ils ont eux-mêmes déterminé la formation.

Lorsque le nombre de ces particules est très grand, mais qu'il reste des espaces non saupoudrés de ces poussières, il arrive que les parties non recouvertes, fondant moins rapidement, restent en saillie (champignons de glace) et donnent lieu à de petits pitons de glace assez curieux.

Eaux d'ablation. — Au milieu du jour, en été, la surface du glacier est sillonnée par un très grand nombre de petits filets d'eau qui se réunissent quelquefois en des torrents de 2 à 3 mètres de largeur et de 0^m,50 de profondeur. Ces torrents n'atteignent jamais

l'extrémité du glacier : ils se précipitent dans les crevasses, forment des ruisseaux *intérieurs*, dans la masse même du glacier et se réunissent au fond.

En disparaissant ainsi dans les fentes, ils occasionnent ce qu'on appelle des « trous de cascades » ou « *moulins* ». Supposons une crevasse béante dans laquelle se précipite un torrent : en suivant le mouvement de descente du glacier, la crevasse tend à se fermer ; ses bords se rapprochent, en effet, mais la fente reste béante vers le milieu, où l'action de l'eau a occasionné une perte de substance par fusion ; elle finit donc par présenter en cet endroit une ouverture plus ou moins arrondie. Ces trous qui persistent longtemps après la disparition des crevasses sont connus sous le nom de « *moulins* ». Les moulins descendent avec le glacier, puis finissent par ne plus servir et par disparaître. Ils ont une profondeur qui varie entre 50 et 260 mètres (glacier inférieur de l'Aar). Comme les crevasses dont ils dérivent, ils se produisent toujours dans les mêmes points qui ont été, pour certains glaciers, indiqués sur les cartes suisses au 50 millième.

Changements annuels de forme dus à l'ablation. — En été l'action de l'ablation domine ; la surface de la glace est alors sale et irrégulière ; elle présente des sillons creusés par le ruissellement et des saillies produites par les moraines ; l'irrégularité de la surface est maximale en automne. L'hiver, avec ses neiges, nivelle tout, « il renouvelle les surfaces », de sorte qu'au printemps la surface du glacier se retrouve blanche et lisse ; les neiges hivernales ont rempli les anfractuosités et les eaux de fonte ont cimenté le tout.

Facteurs de l'ablation. — Nous avons déjà parlé des effets du *rayonnement solaire* très intense dans les parties supérieures de l'atmosphère où l'air est moins dense et moins brumeux et où la durée de l'insolation est beaucoup plus grande que dans la plaine; de ceux de *l'exposition* qui à elle seule peut faire varier l'ablation diurne de 2 à 25 centimètres; et de ceux de la *réverbération* des parois rocheuses qui continuent à émettre le soir, après le coucher du soleil, de la chaleur par rayonnement. Ces actions augmentent l'ablation sur les bords du glacier et tendent à accentuer la forme *bombée* si remarquable dans certains fleuves de glace.

Il nous reste à faire connaître l'influence de l'air plus ou moins chaud, plus ou moins humide et de la pluie. Remarquons d'abord que la surface du glacier ne peut jamais atteindre une température supérieure à 0°, même pendant les jours les plus chauds, tandis que, pendant la nuit par exemple, elle descend bien au-dessous de 0° par suite du rayonnement. (A 4000 mètres d'altitude, l'eau gèle même lorsque la température de l'air est de 6° centigrades. Or, l'air qui touche immédiatement le glacier et qui se trouve constamment refroidi, descend dans la vallée (on le sent quelquefois à 5 ou 10 kilomètres au-dessous de l'extrémité du glacier); il est naturellement remplacé par un courant d'air chaud qui circule en sens contraire. Or, ces vents chauds ont une grande action sur l'ablation; c'est ainsi que le « *Föhn* » des Alpes suisses, dont la température est ordinairement de 20 à 25°, fait fondre quatre fois plus de glace que le soleil, dans le même temps.

Ce n'est pas tout : la basse température de la surface glaciaire provoque la précipitation, sous forme de *rosée*, d'une grande partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air avec lequel elle est en contact. Il y a ainsi mise en liberté d'une grande quantité de chaleur (abandon de la chaleur latente de vaporisation) qui est employée à son tour à la fusion de la glace. On a calculé que la condensation de 1 gramme de rosée met en liberté assez de chaleur pour fondre environ 7 grammes de glace. C'est à cette formation de rosée qu'il faut attribuer le fait que l'air est particulièrement sec dans le voisinage des glaciers. Aussi les cadavres, y manquant d'humidité et de chaleur, n'y pourrissent-ils que difficilement. Le touriste lui-même ressent les effets de cette sécheresse de l'air ; il voit sa peau se gercer, la moiteur disparaît de son corps et sa sueur s'évapore rapidement.

L'action *de la pluie* sur la fusion des glaciers est facile à comprendre en raison de la température parfois relativement élevée des précipitations atmosphériques et doit entrer en ligne de compte dans cette énumération des facteurs de l'ablation ou fusion superficielle de la glace.

LA FONTE PAR LA PARTIE INFÉRIEURE qui donne lieu aux accidents si pittoresques connus sous le nom d'*arcades* et *portiques glaciaires*, est également produite par des causes complexes et notamment par l'*action de l'eau*. On voit en effet les torrents, souvent enflés par des pluies récentes, se déverser dans le glacier, à une température de 6 à 8° au-dessus de zéro ; ils pénètrent sous

la glace dans les fentes et crevasses qu'ils élargissent encore, circulent dans ces boyaux sous-glaciaires et y forment un véritable réseau, un système de canaux qui descend avec le glacier. L'air qui accompagne ces courants d'eau circule dans toutes ces cavités ; il s'opère un échange continu de courants d'air chaud et froid entre l'extérieur et l'intérieur du glacier, effleurant les parois des grottes sous-glaciaires et en accélérant la fusion. Les orifices extérieurs de ces cavités par lesquels se fait l'échange des courants d'air « *aspirent* » ou « *soufflent* » donc alternativement suivant le rapport de la température externe et de celle des torrents sous-glaciaires. L'hiver, la neige les obstrue, empêche la circulation de l'air et supprime en partie le phénomène de fusion qu'elle détermine.

Les grottes de glaciers subissent donc un notable élargissement par l'effet du passage de l'air chaud.

La grotte naturelle du glacier d'Arolla a été étudiée avec soin par M. Forel ; on en connaît beaucoup d'autres situées généralement dans la partie terminale du glacier [« Portes de Glaciers » (Gletscherthor)] et logeant la source du torrent glaciaire. Leur ouverture mesure parfois jusqu'à 20^m et 40^m de hauteur et précède un étroit tunnel dont les parois de glace azurée excitent l'enthousiasme des voyageurs. Il n'est pas rare de constater que la surface inférieure du glacier se présente sous la forme d'une série de voûtes surbaissées et que la glace ne repose sur le roc que par l'intermédiaire de piliers isolés. Les parois de ces anfractuosités montrent toutes les *surfaces concaves* (conchoïdales) caractéristiques que produit la fusion par l'air ; on y

remarque aussi un réseau de fentes capillaires qui dessinent les contours des grains du glacier. Ces portiques finissent parfois par s'écrouler, mais peu de semaines suffisent pour qu'une nouvelle grotte se reforme en arrière de celle qui vient de disparaître.

La fusion est provoquée également par des *sources* jaillissant du thalweg occupé par le glacier à une température de 1° à 2°. Dans certains glaciers de l'Asie centrale (Karakorum) on a même vu s'ouvrir, dans certains glaciers, des sources d'eau bouillante. Ces sortes de phénomènes donnent lieu à l'existence d'entonnoirs ou petits *cratères de fusion* très remarquables (on en a compté 26, en 1878, au glacier du Gorner).

La *chaleur du sol* influe certainement sur la fusion, car, dans la haute montagne, la température moyenne de la roche est toujours plus élevée que celle de l'air ; c'est ainsi que la température moyenne du sol est encore de 0° à l'altitude de 2800 à 2900 mètres, tandis que l'air atteint déjà cette moyenne à 1900 ou 2200 mètres. Lorsque le glacier est puissant, il empêche le rayonnement et maintient cette température relativement élevée de son substratum, il en résulte une fusion de la glace au contact de la roche.

Quoique des mesures précises à cet égard fassent encore défaut, il est certain que la température du sol provoque la fonte des glaciers de bas en haut et c'est même uniquement à cette cause que l'on doit attribuer la fusion hivernale de certains glaciers, s'opérant alors que l'ablation superficielle est nulle et que les courants d'air et d'eau ne circulent plus à l'intérieur du glacier.

FUSION INTERNE. — L'eau de fusion superficielle dont

la température est un peu supérieure à 0°, pénètre par les fentes capillaires, les crevasses, dans l'intérieur du glacier, y circule avec un bruit souvent perceptible à l'extérieur et finit par s'écouler à la partie inférieure du glacier. Cette eau, constamment remplacée par des infiltrations superficielles possédant une température supérieure à 0°, produit sur son trajet une fusion partielle de la glace; il en est de même pour l'air qui chemine dans les crevasses pendant les journées chaudes de l'année.

Enfin le frottement de la glace sur le fond, la *pression* exercée sur les couches inférieures par le poids des masses supérieures de la glace doivent nécessairement avoir pour conséquence une fusion partielle qui faciliterait même, d'après certains auteurs, ainsi que nous le verrons plus loin, le mouvement d'ensemble du glacier.

Torrents glaciaires. — Il est évident, d'après ce qui précède, que la fusion superficielle, la fusion interne et la fusion de la partie profonde sont nécessairement surtout accentuées à l'extrémité du glacier et doivent aboutir à une diminution du profil transversal. Toutes ces actions ont pour résultat, en dernière analyse, la formation d'un *torrent glaciaire* qui prend naissance à l'extrémité du glacier, sous une arcade de glace; il représente le résultat de la fusion des diverses parties de l'appareil glaciaire dont il donne la mesure par son débit.

Ce torrent glaciaire est généralement troublé par les résidus de la friction que le glacier exerce sur son lit

rocheux ; ce caractère le distingue des ruisseaux de fusion superficielle. La couleur laiteuse des eaux se manifeste surtout en été et quelquefois aussi en hiver.

D'après des mesures récentes, le débit de certains torrents alimentés par les glaciers, atteindrait en été 3^m,467 par seconde et s'élèverait même jusqu'à 5^m,33.

La température de l'eau à sa sortie du glacier est généralement légèrement supérieure à 0° et se montre assez constante ; elle semble déterminée par la chaleur du sol et être indépendante des variations de l'air extérieur. Néanmoins, elle s'élève rapidement au sortir de l'arcade glaciaire.

Le débit des torrents glaciaires varie :

Avec les heures de la journée,

Avec le climat,

Avec les saisons.

Il varie en outre par périodes irrégulières causées par des influences locales.

En général, il augmente pendant le jour, diminue et devient même quelquefois nul la nuit. Tel n'est cependant pas le cas des cours d'eau alimentés par des glaciers très importants ; c'est ainsi que l'Aar atteint son maximum à minuit. On peut dire d'une façon générale que plus un glacier est grand, moins les variations de débit du torrent auquel il donne naissance sont considérables et plus l'apparition de ces variations est *en retard* sur les phénomènes qui les ont fait naître.

Il en est de même pour les variations dues à des changements atmosphériques : leurs effets ne se font sentir immédiatement que pour les torrents sortant de

glaciers peu importants ; dans les grands glaciers on observe au contraire un certain *retard* dans ces manifestations.

Il n'est pas rare de voir se manifester périodiquement chez certains torrents glaciaires des *crues soudaines* qui semblent indépendantes de la température et des influences diurnes et se font remarquer par la pureté relative de l'eau qui les occasionne. M. Heim qui a étudié un exemple remarquable de crues subites de ce genre dans les montagnes du Tœdi, les attribue à l'existence, dans l'intérieur des glaciers, de réservoirs ou lacs qui, pour une cause quelconque arriveraient à se déverser au dehors en provoquant ainsi une brusque augmentation de débit du torrent glaciaire.

Les variations avec les saisons sont considérables également ; on peut dire que le débit des torrents glaciaires atteint son maximum en été et son minimum en hiver ; toutefois il est rare que ces cours d'eau cessent complètement de couler pendant la mauvaise saison lorsque le glacier qui les alimente est important. Seuls les glaciers suspendus et les petits glaciers ne donnent naissance à aucun torrent pendant l'hiver.

Il convient cependant de noter qu'avec l'hiver coïncide une décroissance considérable de nombreuses rivières alpines (Reuss en amont du lac des IV Cantons, Linth, Rhône dans le Valais, etc.) ainsi qu'une notable clarification des eaux qui influe, comme on sait, sur la couleur des lacs de montagne à cette époque.

Dans les régions arctiques, l'observation a montré que les torrents glaciaires ne tarissent pas en hiver ; on attribue cette persistance :

- a) A la sortie des eaux contenues dans les fentes capillaires de la glace ;
- b) A des sources sous-glaciaires ;
- c) A la fusion produite par le mouvement, le frottement et la pression dans les parties profondes du glacier ;
- d) A la chaleur du sol.

L'influence de l'ablation sur les *dimensions* comparées des névés et du glacier proprement dit est notable ; plus les agents de fusion se multiplient, plus le glacier est petit par rapport à son bassin d'alimentation et plus les conditions d'exposition et l'existence de moraines s'opposent à une ablation trop rapide, plus l'allongement de la languette glaciaire est considérable.

Il y aurait beaucoup à dire sur les *glaces flottantes* des régions polaires, sur les icebergs, qui ne sont autre chose que des blocs de glace détachés par la fonte, du front des grands glaciers arctiques dont l'extrémité baigne dans la mer ; il serait curieux notamment d'examiner leur rôle comme agents de transport, mais nous ne saurions aborder une étude de ce genre sans trop élargir le cadre de ces articles destinés surtout aux amis de la montagne.

L'étude rapide que nous venons de faire nous a révélé le rôle important que jouent, au point de vue climatérique, les appareils glaciaires. L'hiver accumule la neige et la glace, l'été en provoque la fusion. En hiver, la formation de la neige met en liberté une certaine quantité de chaleur qui est cédée à l'air

ambiant ; en été au contraire la fusion de cette même neige absorbe de la chaleur et atténue les effets de la saison.

Les glaciers se forment donc dans les grandes altitudes ou dans les régions polaires en mettant en liberté une certaine quantité de chaleur (chaleur latente) ; ils fondent à des altitudes moindres ou dans des latitudes plus basses en absorbant de la chaleur ; ils fournissent des cours d'eau qui atteignent leur débit maximum au moment même où les autres rivières se dessèchent.

On peut donc les considérer à juste titre comme des appareils destinés à tempérer les climats extrêmes et à atténuer les écarts climatériques.

THÉORIE DU MOUVEMENT DES GLACIERS.

Quelle est la cause qui détermine le mouvement dont nous venons d'étudier la nature et de décrire les particularités ?

Nombreuses sont les théories qu'on a tour à tour invoquées pour rendre compte de l'impulsion qui anime dans leur descente, vers les vallées, les particules de glace. Nous sommes obligé d'avouer que, quoique la discussion scientifique ait fait justice d'un certain nombre d'explications et en ait laissé subsister d'autres à peu près intactes, aucune d'entre ces dernières ne semble absolument satisfaisante, ni définitivement adoptée par le monde savant.

Quoi qu'il en soit à cet égard, le problème du mouvement des glaciers a depuis longtemps préoccupé

les naturalistes. M. Heim ne cite pas moins de quarante-sept auteurs qui se sont livrés à des recherches sur ce sujet, et il fait remarquer qu'il en omet beaucoup. Nous nous contenterons de mentionner Scheuchzer, qui fut l'auteur de la première théorie en 1705, et après lui, Altmann, Gruner, de Saussure, Bordier, J. de Charpentier, Rendu, Hugi, Élie de Beaumont, Desor, Forbes, Agassiz, Dollfuss-Ausset, Thomson, Tyndall (1857), Croll, Tresca, Helmholtz, Ch. Grad, Dupré, Moseley (1870), Heim, Forel, Falsan, Steens-trup, etc.

On trouvera l'exposé détaillé de ces théories dans des ouvrages de Mousson, Tyndall, Heim, Hübert¹, et notamment dans le récent ouvrage de M. Falsan sur la période glaciaire (Bibliothèque scientifique internationale). Nombre d'entre elles se font remarquer par une invraisemblance presque ridicule, aussi les laisserons-nous de côté et ne mentionnerons-nous ici que les hypothèses les plus sérieuses et les moins vivement contestées.

On a rapporté, avec raison, aux *propriétés physiques de la glace* tous les phénomènes glaciaires.

Avant d'aborder l'examen des hypothèses relatives au mouvement des glaciers, il nous semble donc indispensable de rappeler quelques-unes de ces propriétés.

L'eau se dilate en passant de l'état liquide à l'état solide. Cette exception à la loi générale des change-

¹ *Les Glaciers*, Paris, 1867.

ments de volume qui accompagnent les changements d'état des corps, explique un grand nombre des faits relatifs aux mouvements des glaciers. Elle permet de comprendre en particulier comment la *pression favorise la fusion de la glace* et fait descendre le point de fusion au-dessous de 0°. Une augmentation de pression d'une atmosphère détermine un abaissement du point de fusion de $\frac{75}{10.000}$ de degré. La fusion ainsi produite s'arrête lorsque la pression diminue, et l'eau *regèle* immédiatement. On sait que ce *regel* (ou *regélation*) a été constaté pour la première fois par Faraday, en 1850.

D'après Joule, la traction entraîne le *gel*, c'est-à-dire un phénomène contraire à celui que produit la pression: On connaît le phénomène du *regel* qui se produit lorsque l'on met en contact deux morceaux de glace légèrement humides; aussi n'insisterons-nous pas sur cette intéressante propriété.

Cependant la pression, quoique favorisant le *regel*, n'est pas une condition essentielle de ce phénomène. Il se produit au simple contact, à la condition que la température ambiante ne soit pas inférieure à 0° et que les fragments de glace ne soient pas secs, mais l'*orientation cristallographique* joue aussi un certain rôle dans le *regel*.

Dureté. — La glace est d'autant plus dure qu'elle est plus froide. Exposée aux plus grands froids, sa dureté est égale à celle du verre; à la température de — 50°, on a peine à l'attaquer à la lime. Il est bien connu par exemple que lorsque la température atteint — 20° à 15°, on ne peut pas patiner, parce que la glace est trop dure; entre — 10° à 0° elle peut être rapée; à — 2°, la glace devient relativement tendre et flexible,

sous l'action de forces agissant lentement ; mais au choc, elle éclate en esquilles. Mathews, Bianconi, Steenstrup et Pfaff ont constaté l'augmentation de plasticité de la glace dans le voisinage de 0°.

Le Coefficient de dilatation linéaire de la glace entre — 1 et — 27° est égal à 0,00005136, c'est-à-dire qu'une barre de glace de 1^m de longueur à — 10°, aura une longueur de 1^m,00005136 à — 9°.

Résistance à la traction. — A 0°, elle est de 7 à 8 kilogrammes par centimètre carré, c'est-à-dire qu'une baguette de glace d'une section égale à 1 centimètre carré, se cassera si on lui fait supporter suivant son axe un poids supérieur à 8 kilogrammes.

Résistance à la pression. — Elle est de 21^{kg},71 par centimètre carré ; ce qui signifie qu'une colonne de glace de 216 mètres écraserait sa propre base par son poids.

Température à l'intérieur des glaciers. — La plus grande partie du glacier est constamment à 0°. Pendant l'été, quand le glacier est exposé aux rayons solaires ou à des vents chauds, la glace fond en partie et absorbe, en changeant d'état, l'excès de chaleur qui est ainsi impuissant à élever au-dessus de 0° la température de l'ensemble du glacier. En hiver, la congélation de l'eau liquide met en liberté la chaleur latente de fusion laquelle, étant donnée l'énorme chaleur spécifique de la glace, empêche la température de celle-ci de s'abaisser au-dessous de 0° d'une manière bien sensible.

Il est donc très difficile d'établir directement par des mesures thermométriques la profondeur à laquelle les actions extérieures cessent de se faire sentir. Cepen-

dant la température intérieure du glacier a fait, au point de vue théorique, l'objet des études de M. Forel. Nous renverrons nos lecteurs aux mémoires publiés par le savant glaciologiste suisse ; pour cet auteur il doit exister dans chaque glacier :

a) Une couche superficielle de température variable ;

b) Une couche profonde à température constante qui varie avec le point du glacier étudié (0° dans la partie inférieure du glacier ; — 1, — 2, etc., dans les parties situées plus en amont).

A l'extrémité du glacier, la température se trouve généralement vers la fin de l'été, voisine de 0° . Cependant MM. Forel et Hagenbach ont observé au glacier d'Arolla une température de $-0^{\circ},03$. Ils attribuent ce fait à l'abaissement du point de fusion de la glace causé par la pression des couches supérieures.

Les facteurs du mouvement des glaciers sont très nombreux. Beaucoup d'auteurs ont tour à tour exagéré le rôle de certains d'entre eux et plusieurs n'en ont considéré qu'un seul à l'exclusion des autres. Nous aurons à mettre au point le rôle de tous ces facteurs.

On peut grouper les diverses théories proposées en deux catégories, à savoir :

I. Théories du mouvement par coulée ;

II. Théorie du mouvement de glissement d'ensemble sur le substratum.

On peut aussi distinguer, à un autre point de vue :

A. Les théories admettant d'autres forces que la pesanteur ;

B. Les théories attribuant le mouvement à la pesanteur, non seulement comme force directrice, mais comme cause fondamentale. Nous les appellerons *théories de gravitation*.

A. — THÉORIES ADMETTANT D'AUTRES FORCES
QUE LA PESANTEUR.

a. *Théorie attribuant le mouvement des glaciers à la dilatation que subit l'eau d'infiltration lorsqu'elle gèle.* — Scheuchzer de Zurich a développé cette hypothèse dès 1705, dans un ouvrage intitulé : « *Itinera alpina* », tome IV, page 287. Elle a été admise par J. de Charpentier et Agassiz. Son principe est le suivant : pendant la belle saison, les crevasses se remplissent d'eau qui ne tarde pas à se solidifier quand viennent les froids. Le glacier se nourrit ainsi par *intussusception* ; il en résulte une *expansion* de la glace qui se manifeste surtout dans le sens où il y a le moins de résistance, c'est-à-dire vers l'extrémité inférieure.

Il y a beaucoup d'objections à faire à cette explication qui ne concorde pas avec le résultat des observations, elle est abandonnée aujourd'hui. Cette théorie est notamment en contradiction avec les lois du mouvement des glaciers, nous avons vu en effet que ce mouvement est plus rapide le jour que la nuit, et l'été que l'hiver. C'est évidemment le contraire qui devrait avoir lieu si la marche de la glace était due à une dila-

tation provenant de la congélation des eaux d'infiltration.

b. *Explication par la croissance du grain du glacier.*
— Cette théorie a été admise par Hugi, Élie de Beaumont, Bertin, Dupré, Ch. Grad et Forel ; ce dernier l'a longuement développée dans des études intitulées le « *Grain du glacier* » et publiées dans les « *Archives des Sciences naturelles de Genève* ».

Pour ces auteurs, il y aurait formation nouvelle et incessante de glace « *Neubildung von Eis* » par suite de l'accroissement du grain du glacier. Cet accroissement du grain, au lieu de se produire aux dépens des grains voisins comme nous l'avons expliqué, se ferait aux dépens des eaux d'infiltration qui se congèleraient autour des grains préexistants. Ainsi la rosée, la pluie, la neige et l'eau de fonte « *nourrirait* » le grain et provoqueraient l'expansion du glacier. L'accroissement du grain serait par conséquent le facteur principal du mouvement. Cette théorie a été appelée « *théorie thermique* » (Forel), parce qu'elle explique la constance de la température du glacier aux environs de 0° qui aurait son origine dans la chaleur mise en liberté par l'eau d'infiltration lorsqu'elle vient à se congeler.

M. Forel a du reste reproduit artificiellement le grain du glacier en versant de l'eau liquide à 0° sur de la neige à — 6°.

Il a été ainsi amené à distinguer, au point de vue spécial de l'accroissement du grain, trois régions dans un glacier :

1° *Région du Névé* (enfance du glacier), partie où le grain ne peut se former par suite de l'insuffisance

de l'eau de fusion, absorbée tout entière par la transformation de la neige en glace. La température en profondeur est inférieure à 0° ;

2° *Le glacier « adolescent »*, où le grain se forme activement sous l'influence d'une quantité convenable d'eau d'infiltration ;

3° *Le glacier sénile*, qui correspond à la partie inférieure du glacier et où la fusion produit une quantité d'eau dépassant celle qui est nécessaire pour élever à 0° la température de la glace. Formation de torrents sous-glaciaires.

Voici les principales objections à opposer à cette hypothèse :

1° Les glaciers dans lesquels les eaux d'infiltration sont en quantité minime ou même souvent nulle, comme les glaciers du Groënland, par exemple, devraient être, suivant l'hypothèse thermique, ceux où la vitesse est minimum. Or, en réalité, c'est le contraire qui a lieu, le mouvement des glaciers du Groënland dépasse de beaucoup celui de tous les autres glaciers ;

2° Comment accorder avec cette hypothèse les systèmes de crevasses dans une masse qui, au lieu de couler, se dilaterait ? La direction même des crevasses ne pourrait du reste être raisonnablement expliquée ;

3° La dilatation devrait se faire surtout vers la surface (de bas en haut) où la résistance est minimum. Il n'en est rien cependant. Les glaciers progressent, alors même que leur épaisseur diminue ;

4° Les lois du mouvement des glaciers deviennent tout à fait incompréhensibles. Le mouvement devrait être, par exemple, beaucoup plus indépendant de la pente et du profil, etc. ;

5° L'augmentation de volume dû à l'accroissement du grain tel que le conçoit M. Forel serait tellement considérable, d'après les calculs de M. Heim, que la fusion serait impuissante à le compenser, et que tous les glaciers se trouveraient en voie d'extension, ce qui est encore en contradiction avec les observations les plus élémentaires.

Nous admettrons donc que l'accroissement du grain ne peut être considéré comme le facteur principal du mouvement du grain du glacier, et que le grain s'accroît non par infiltration, mais aux dépens de ses voisins (Hagenbach) et par soudure (Heim), ainsi qu'il a été exposé plus haut.

Toutes les théories qui cherchent à expliquer l'accroissement du glacier par congélation de l'eau d'imbibition arrivant en contact avec la masse centrale refroidie, tombent du reste devant le fait maintenant dûment constaté de l'imperméabilité de la glace saine du glacier.

c. Théorie des dilatations et des contractions alternatives par les variations de température. — Cette hypothèse a été adoptée par Canon Moseley et Walter R. Browne (1882). Pour la faire comprendre, supposons un fragment de glace placé sur un plan incliné : s'il se dilate, il ne se dilatera pas également dans tous les sens ; sous l'action de la pesanteur, la dilatation sera maxima vers le bas et minima vers le haut où elle agira comme force antagoniste. Il en résultera en dernière analyse un déplacement dans le sens de la pente. De même, si le morceau de glace se contracte, la contraction sera maxima vers le haut et minima

vers le bas où la pesanteur agira maintenant comme force antagoniste, et l'effet de la contraction s'ajoutera, en fin de compte, à celui de la dilatation pour faire descendre la glace.

Objections principales : 1° En hiver, le mouvement devrait être beaucoup plus fort qu'en été, puisque c'est en hiver que l'écart entre la température diurne et la température nocturne est le plus considérable. C'est le contraire qui se produit ;

2° De même, les bords du glacier devraient progresser plus vite que la partie centrale où la température est plus constante, ce qui est encore en contradiction avec les faits.

Cette théorie fait intervenir la pesanteur, mais comme force accessoire seulement, et s'écarte ainsi des théories de gravitation que nous allons maintenant examiner.

B. — THÉORIES DE GRAVITATION.

De 1751 à 1760 l'explication du mouvement des glaciers par la pesanteur avait été proposée par Altmann et Gruner ; elle fut reprise plus tard et modifiée par De Saussure et par d'autres. On admet d'abord la théorie du *glissement* en bloc du glacier sur son lit lubrifié par la fonte, puis on arriva aux hypothèses suivantes :

a. *Fusion momentanée de l'ensemble du glacier.* — Moseley a calculé, d'après des expériences ingénieuses, que le poids de la glace est 35 fois trop petit pour triompher de la résistance moléculaire (cohésion). Pour mettre ce fait en évidence, le savant anglais plaçait un petit cylindre de glace dans deux demi-cylindres de

bois et mesurait la force qu'il fallait employer pour séparer les deux demi-cylindres. Cette démonstration, pas plus que le fait qu'elle sert à démontrer, ne permet de tirer aucune conclusion qui puisse s'appliquer à ce qui se passe dans les glaciers, parce que l'effet des *actions lentes*, telles que celles qui agissent dans la nature sur la glace, est tout différent de celui des actions violentes. Il est donc impossible de comparer entre eux ces deux sortes de phénomènes, et Moseley est tombé dans l'erreur assez répandue qui consiste à donner une forme mathématique à des raisonnements qui pèchent par les prémisses. Se basant sur le raisonnement précédent, Croll conclut qu'afin que le glacier pût progresser sous l'action de la pesanteur, il fallait qu'à certains moments de la journée, lorsque les rayons solaires le chauffaient, il arrivât à être liquide dans son ensemble ; à tous les autres moments, il devait forcément rester immobile ; de là la nécessité d'admettre une *fusion momentanée* de la glace.

Il est inutile de remarquer que cette théorie n'explique aucune des particularités que nous avons décrites. En outre, nous avons vu que l'action thermique des rayons solaires ne peut guère s'exercer qu'à la surface et que, par conséquent, elle est incapable de provoquer la fusion d'une épaisseur de glace suffisante pour produire un mouvement d'ensemble dans la masse glaciaire.

Au lieu d'attribuer la progression de la glace à une liquéfaction momentanée par insolation, Thomson la fit dériver de la pression exercée par la glace elle-même et indiqua ainsi, dès 1849, *un des facteurs les plus importants* du mouvement des glaciers.

La pression produit la liquéfaction de la glace, mais cette liquéfaction absorbe de la chaleur (chaleur latente de fusion), elle abaisse donc la température ambiante et provoque le *regel*. La pression qui s'exerce en différents points du glacier et qui a pour conséquence la structure rubannée (voir plus haut), produit donc des *liquéfactions momentanées* suivies de *regel*; en outre, de certaines quantités d'eau sont expulsées en même temps que la densité de la glace augmente; il se produit donc une diminution de volume; ce que la glace perd en volume, elle le gagne en densité.

On voit combien cette théorie est en opposition avec la théorie de la dilatation.

b. *Alternatives de pression et de regel*. — C'est la théorie de Tyndall. Elle est essentiellement basée sur l'expérience suivante :

On introduit des fragments irréguliers de glace à la température de 0° dans un cylindre où peut se mouvoir un piston (actionné par une presse hydraulique) à l'aide duquel on les comprime fortement. On voit alors les fragments se souder et former un cylindre de glace compacte. Ces modifications n'ont pu se produire que par la fusion partielle de la glace sous l'action de la pression, fusion qui a permis à l'eau de se mouler sur le vase (cylindre) qui la contient; l'interruption de la pression a été suivie d'une nouvelle solidification (*regel*) qui a permis au cylindre de glace de se constituer.

La glace peut donc, sous l'influence de la pression, prendre n'importe quelle forme : par suite d'un mouvement moléculaire, la masse se fragmente, puis les débris se ressoudent par le phénomène de *regel*.

Pour Tyndall, la vallée du glacier représenterait le cylindre de l'expérience précédente et les neiges, ainsi que les névés, joueraient, par leur poids, le rôle de la presse hydraulique.

Cette propriété de la glace suffit à expliquer presque tous les phénomènes du mouvement des glaciers : l'accroissement du grain, la densité croissante de la glace vers le bas, la structure rubannée, etc. (voir les explications relatives à ces questions).

On voit que, dans les conditions de l'expérience précédente, la glace est un corps parfaitement plastique ; or la glace n'est ainsi plastique que sous l'action de forces agissant d'une façon lente et continue. Si on la soumet, au contraire, à des forces agissant brusquement, elle se montre cassante. De plus elle ne possède cette plasticité qu'au voisinage de 0° , condition toujours réalisée dans les glaciers ¹.

Il est nécessaire maintenant de mettre en lumière les rapports entre la plasticité de la glace et l'existence du grain du glacier.

Production artificielle du grain. — Sous l'influence de la pression et du regel, on a réussi à produire artificiellement le grain du glacier (Expériences d'Helmholtz, de Tresca, de Heim). Il suffit pour cela de comprimer dans un moule en forme de tronc de cône de gros fragments de glace de rivière qu'on oblige à sortir par la petite base du tronc du cône. La glace ainsi laminée devient opaque et blanche et se montre

¹ La glace n'est pas le seul corps devenant plastique par pression. Daubrée et Tresca ont prouvé que beaucoup de métaux et de roches se comportent également comme des corps plastiques sous l'effet de forces lentes et continues.

composée de *grains* analogues à ceux que nous avons décrits dans les glaciers ; de plus cette glace grenue est de beaucoup plus susceptible d'être déformée que la glace compacte. *Le grain, une fois produit, augmente donc les propriétés plastiques de la glace.*

Le grain a pu être obtenu sous l'influence de pressions comprises entre 1 et 2 atmosphères. Or, l'on sait que dans les glaciers la pression peut atteindre jusqu'à 50 atmosphères pour les assises inférieures.

En résumé, on voit que dans le mouvement des glaciers, la pesanteur est la force agissante, et que le mouvement de coulée se produit suivant les lois du mouvement des liquides épais, grâce au phénomène du regel. De plus à l'intérieur de la glace, il se produit une série de mouvements moléculaires autour du grain du glacier. Il faut donc considérer le grain comme l'*unité mécanique* du mouvement du glacier, comme la molécule d'eau est celle du fleuve. Les grains sont plus ou moins solidement cimentés par de l'eau, tantôt liquide, tantôt solide, et peuvent ainsi se déplacer les uns par rapport aux autres et se souder, s'ils ont la même orientation. Des expériences ingénieuses ont montré en effet à M. Heim que les grains de même orientation se soudent d'une façon complète ; dans le cas où l'orientation est différente, la soudure n'est au contraire qu'imparfaite. Pendant le mouvement du glacier, les grains se déplacent les uns par rapport aux autres, de façon que deux grains voisins puissent se confondre en un seul lorsque leur orientation optique arrive à coïncider, donnant naissance ainsi à un seul gros grain là où il y avait plusieurs fragments de petite taille.

— Il est intéressant de remarquer que ce phénomène a son analogue dans les mouvements moléculaires qui se produisent au sein des roches sédimentaires des géologues soumises à des pressions intenses ; cette recristallisation est connue sous le nom de *dynamométamorphisme*.

Il est donc facile de s'expliquer pourquoi le glacier est *plastique par pression* et *cassant par traction*, et pourquoi aussi on trouve à l'extrémité du glacier un mélange de gros et de petits grains.

THÉORIE MIXTE. — Nous avons vu que, d'après Grad, Dupré et Forel, le mouvement du glacier devrait être attribué surtout à l'accroissement du grain *par infiltration*. Cependant après des expériences qui lui montrèrent qu'on s'était à tort exagéré l'infiltrabilité de la glace, le professeur Forel a dû abandonner sa première manière de voir. Heim accorde bien une certaine valeur à ce facteur, mais donne le principal rôle à la pesanteur et aux lois de mouvements des liquides épais.

D'après ce dernier auteur, le mouvement des glaciers serait donc provoqué par :

1° Une fusion intérieure partielle, due à la pression et occasionnant aussi la structure rubannée ;

2° La plasticité de la glace (sans production de cassures) au voisinage du point de fusion ;

3° L'alternance continue de petits mouvements moléculaires : (dislocations, déplacements et regel partiel sur les contours des grains du glacier) ;

4° Un glissement sur le substratum incliné et lubrifié par une couche d'eau. Ce glissement est également

occasionné par la pesanteur; on a pu le reproduire artificiellement.

Telles sont, en résumé, les principales théories émises successivement sur les causes du mouvement des glaciers.

Nous avons vu quelle était l'explication aujourd'hui le plus universellement admise; elle a concilié la théorie du *glissement* jadis préconisée par De Saussure avec la théorie *par écoulement*, déjà ébauchée par Rendu, et fait jouer à la régélation un rôle important. M. Falsan pense qu'il convient d'ajouter à ces facteurs du mouvement les effets de la dilatation et de la chaleur solaire. Néanmoins, cette théorie mixte sera probablement modifiée encore par les recherches futures et ne doit être considérée, dans sa forme actuelle, que comme éminemment provisoire.

(A suivre.)



Enquête méthodique sur les glaciers du Dauphiné

Projet adopté par le Bureau de la *Société des Touristes
du Dauphiné*, sur la proposition de

MM. W. KILIAN et J. COLLET,

Professeurs à la Faculté des Sciences de Grenoble.

Le rôle de l'alpinisme ne saurait se borner à l'exploration purement pittoresque et topographique des massifs montagneux; l'exemple donné par les clubs alpins suisse et austro-allemand, en mettant en pleine lumière la multiplicité des questions qui se rattachent aux choses de la montagne, a démontré notamment de quelle utilité pouvait être l'activité des Sociétés alpines

au point de vue scientifique et même social¹. Les travaux entrepris par les membres de ces Sociétés ont fourni en particulier à la science des renseignements d'une haute utilité sur la marche des divers phénomènes naturels dans les régions montagneuses.

De son côté, la Société des Touristes du Dauphiné se préoccupe depuis plusieurs années déjà² de contribuer pour sa part à l'étude scientifique et méthodique des phénomènes glaciaires dans les Alpes françaises. Un projet d'enquête a été mis à l'étude; voici le programme qui a été proposé à ce sujet par MM. Kilian et Collet et adopté définitivement par le Bureau.

La Société des Touristes du Dauphiné adresse à ses membres et à toutes les personnes de bonne volonté un appel, en vue d'obtenir des documents sur la question des glaciers et de les centraliser au siège de la Société. Ces documents seront résumés chaque année dans l'*Annuaire*, et feront l'objet d'une chronique régulière. De plus, ils resteront déposés au Bureau de la Société, et seront destinés à servir de base à la publication d'une série de monographies des glaciers du Dauphiné.

Les noms des touristes, guides, porteurs qui auront fourni des observations, accompagneront ces renseignements et figureront dans la chronique.

¹ Voir plus bas, par exemple, l'analyse de l'*Annuaire* du Club alpin austro-allemand où se trouve une intéressante étude sur la petite industrie dans les Alpes orientales et sur les moyens de la favoriser.

² V. *Annuaire* de la S. T. D., tome VIII (1882), p. 24 (Chronique).

Une commission est constituée pour diriger les explorations et veiller à la publication des documents mentionnés plus haut.

Un questionnaire imprimé sera remis aux guides et porteurs placés sous le patronage de la S. T. D.

Des instructions ont été également rédigées pour les membres de la Société qui voudront contribuer à l'étude des glaciers (une partie de ces instructions a été publiée dans l'*Annuaire* de 1890, au commencement de l'article « Neiges et Glaciers » de M. W. Kilian).

Il serait désirable que chacune des personnes disposées à participer à cette enquête se chargeât de la surveillance et de l'étude spéciale d'un glacier ou d'un groupe de glaciers déterminé¹.

On ne saurait, en outre, trop encourager les touristes à faciliter aux guides qu'ils emploieront, les observations ayant trait aux phénomènes glaciaires.

NOTA. — Outre les ouvrages classiques de Rendu, Tyndall, Agassiz, Dollfus-Ausset, etc., on consultera utilement les ouvrages suivants dans lesquels se trouvent exposés les progrès récents de la Glaciologie :

Heim. — Gletscherkunde, Stuttgart, Engelhorn, 1885.

Falsan et Chantre. — Monographie des anciens glaciers de la portion moyenne du Bassin du Rhône. Paris, Masson, 1880.

Falsan. — La période glaciaire. Paris, Alcan, 1889.

Forel. — Études glaciaires. (Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève.)

Forel. — Variations périodiques des Glaciers des Alpes. (Onze rapports dans l'*Écho des Alpes*, puis dans l'*Annuaire* du C. A. S.)

¹ Ces personnes sont priées de se faire connaître le plus tôt possible au Bureau de la Société.

Les mémoires de MM. Penk, Finsterwalder et Richter dans les publications géographiques et alpines d'Autriche et d'Allemagne, ceux de M. Hagenbach en Suisse, etc.

On pourra lire aussi l'article consacré à l'époque glaciaire dans les Alpes dauphinoises, par M. Ernest Chabrand (*Ann. S. T. D.*, t. XIII, 1887), et les publications récentes du prince Roland Bonaparte (*Annuaire* du Club Alpin Français).

PROGRAMME DES OBSERVATIONS A FAIRE.

On a essayé de constituer, dans ce qui suit, un programme un peu complet et en quelque sorte idéal des observations à entreprendre sur les glaciers du Dauphiné. Il est peu probable qu'il soit répondu à tous les *desiderata* que nous exprimons ici, mais il se trouve, dans l'énumération ci-jointe, un certain nombre de questions auxquelles les touristes les moins familiers avec les procédés de la science peuvent répondre aisément, et des observations qu'il est dans le pouvoir de chacun d'effectuer facilement. Nous tenons essentiellement à faire ressortir combien sont *précieux* pour la réalisation du programme d'ensemble, les renseignements isolés, souvent insignifiants en apparence, que sont à même de fournir tous ceux qui visitent nos régions alpines. Que la variété et le nombre des questions posées n'effraient donc personne ; que chacun se dise qu'en contribuant, selon ses moyens, à répondre à une ou à plusieurs des questions de notre programme, il aura fait œuvre utile et fourni des matériaux souvent très importants pour la solution des questions théoriques.

1^o Établir une *liste* aussi complète que possible des

glaciers du Dauphiné (et des Basses-Alpes), en ayant soin de distinguer les simples névés des glaciers ; pour ces derniers, indiquer si on a affaire à un glacier suspendu ou à un glacier encaissé, à un glacier de 1^{er} ordre ou à un glacier de 2^e ordre, etc. (Voir, au sujet de ces diverses notions, les articles « Neiges et Glaciers », dans l'*Annuaire* de la S. T. D.). — Donner le *nom* exact (ou les diverses dénominations usitées) pour chaque glacier ;

2^o Indiquer l'*altitude* des diverses parties et notamment de la partie terminale du glacier.

Mentionner la *température* moyenne et les températures extrêmes de l'air aux deux extrémités du glacier ;

3^o Étudier particulièrement, pour chaque glacier :

a) Le *bassin d'alimentation*, ses névés, l'enneigement annuel, les variations d'épaisseur du névé.

b) Le *glacier proprement dit*, ses accidents (crevasses, chutes, fissures, séracs) et leurs rapports avec le lit du glacier, la pente, la vitesse d'écoulement, etc.

c) Les *moraines* de diverses catégories, leurs variations.

d) La *fusion (ablation)* considérée dans les diverses parties du glacier et surtout à son extrémité inférieure. Ses variations. Grottes de glace, etc.

e) Les *torrents sous-glaciaires*, variations de leur débit (diurne, annuelle, multiannuelle, séculaire). Moulins de glaciers ;

4^o Observer la *marche* du glacier, sa *vitesse* d'écoulement, les rapports de cette vitesse avec la pente, la forme du glacier, ses variations (dans les divers points et dans le temps) ;

5° Indiquer les *variations* des glaciers à l'époque actuelle, les modifications annuelles ou périodiques de chaque partie du glacier. Ses oscillations dans des périodes plus ou moins longues ;

6° *Action du glacier* sur le relief (usure de son lit et des roches encaissantes, déblaiement des vallées) ; formation de moraines frontales et barrages. Lacs glaciaires ;

7° Étude de l'*ancienne extension des glaciers*, anciennes moraines, roches et cailloux striés et polis, leur provenance, marmites de géants, etc. Transport et *colonies de plantes alpines*.

Il serait désirable que les résultats de ces observations soient reportés sur des cartes topographiques ou sur des plans.

8° L'étude qui paraît la plus intéressante serait celle *des variations* des glaciers. On pourrait répartir cette étude entre les membres de bonne volonté de la Société, en chargeant chaque membre de la surveillance d'un glacier. Les questions qui seraient à poser seraient les suivantes :

1° Rechercher dans les documents anciens et dans les souvenirs des montagnards, l'histoire ancienne de chaque glacier. Quelles ont été les époques de crue et de décrue, de maximum et de minimum. Peut-être pour quelques glaciers, pourrait-on remonter ainsi jusqu'au siècle dernier. En tout cas, sera-t-il possible de refaire l'histoire de beaucoup de glaciers pendant ce siècle ?

2° Établir des *repères* devant le front et sur les bords de ces glaciers, et faire mesurer chaque année la distance entre ces repères et le bord du glacier, de manière

à constater l'état de crue ou de décrue actuelle. Les conditions sont différentes dans chaque glacier, aussi ne peut-on guère donner de méthode générale ; c'est à l'observateur à étudier le terrain et à choisir dans chaque cas les procédés les plus pratiques.

D'autre part, voici les questions que M. Forel pose à ses correspondants dans les Alpes (voir *Jahrbuch der Schweizer Alpenclub*, t. XVIII, p. 252) :

« Pour le passé : indiquer pour chaque glacier à
« quelle époque a commencé la période actuelle de
« raccourcissement ou d'allongement.

« Pour le présent : indiquer quels sont les glaciers
« qui, actuellement, sont en période d'allongement,
« lesquels sont en période de raccourcissement, les-
« quels sont stationnaires.

« Pour l'avenir : noter chaque année, pour chaque
« glacier, s'il s'allonge, s'il se raccourcit ou s'il reste
« stationnaire.

« Il serait en outre désirable, pour autant que ce
« sera possible :

« a) D'avoir en chiffres la valeur de ces variations.

« b) De rapporter chaque année à des repères inva-
« riables la position du front du glacier.

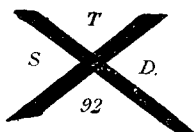
« c) De lever le plan du front des glaciers qui sont à
« la fin d'une période, qui, après s'être allongés, com-
« mencent à diminuer, ou qui, après s'être fort rac-
« courcis, commencent à s'allonger de nouveau.

« d) D'avoir des observations sur l'épaisseur relative
« du glacier, en divers points de sa longueur.

« e) De photographier, chaque année, le front des
« glaciers.

« f) D'avoir des renseignements sur l'épaisseur
« relative des névés qui se trouvent au - dessus des
« glaciers. »

— Comme *repères*, nous proposons des *pieux* plantés sur le glacier en lignes droites repérées sur les rochers du bord ou des *blocs* de pierre portant, peinte à la couleur verte, la figure suivante :



9° Enfin on s'inspirera des récentes instructions du professeur Forel (*Annuaire* du C. A. S., t. XXVI, 1890-1891, p. 351) pour l'établissement de *nivomètres* destinés à apprécier les variations de l'enneigement de nos montagnes. Cette installation serait relativement peu coûteuse ;

10° Les Touristes qui sont en mesure de prendre des vues photographiques des glaciers du Dauphiné, sont *instamment priés* d'en faire parvenir un exemplaire à la Société. Ces photographies seront conservées comme documents, et pourront être un jour très précieuses pour se rendre compte des modifications incessantes que subissent les appareils glaciaires de nos montagnes.

Instructions relatives à l'étude des glaciers

*A l'usage des Guides et Porteurs
de la Société des Touristes du Dauphiné.*

Les guides sont priés de répondre, dans les limites du possible, à la fin de chaque campagne, au questionnaire suivant :

1° Pour chaque glacier, indiquer :

- a) Le *nom* ou les *noms* sous lesquels il est connu ;
- b) Le lieu où il se trouve;

2° Donner une description sommaire du glacier et de ses alentours ; forme du glacier (allongé, encaissé, large, étalé sur un plateau, dans une vallée, etc.);

3° État de la neige (dure, poussiéreuse, molle), des névés, de la glace, en divers points ; leur épaisseur.

4° Point où se termine le glacier dans la vallée, sources, grottes de glacier ; changements d'une année à l'autre ;

5° Quantité de neige dans le bassin supérieur (Bassin d'alimentation), Rimayes (Bergschrund). Comparer avec les années précédentes.

5 bis. Crevasses (mesurer leur largeur et leur profondeur), chutes (cascades de glacier), séracs, bandes bleues et blanches, bandes boueuses.

Indiquer la direction des bandes et des crevasses (un croquis si possible).

6° Pente du glacier (1° inclinaison de la surface de la glace ; 2° pente générale du lit du glacier) ;

7° Marche du glacier¹ en divers points (notamment à l'extrémité), et en diverses saisons et années ;

8° Moraines diverses (frontales, latérales, médianes), barrages, anciennes moraines. En indiquer la disposition aussi exactement que possible. (Y en a-t-il *au milieu*, sur les *côtés*, au *bout* du glacier ?)

9° Y a-t-il des lacs dans le voisinage du glacier ? Leur situation exacte ; description.

10° Y a-t-il des torrents dans le glacier ou à sa surface ?

11° Changements constatés dans l'état du glacier.

Rechercher les souvenirs anciens sur l'extension des glaciers. Ne recueillir que des renseignements *dignes de confiance* et autorisés ;

12° Indiquer les périodes de gonflement, d'allongement ou d'accroissement, et les périodes de raccourcissement.

ÉTUDE DE LA MARCHÉ DES GLACIERS. PROCÉDÉ D'OPÉRATION.

(*Ces études seront faites par des personnes désignées à cet effet.*)

1° Extrémité ou *front* du glacier (fig. 1). — Quand la neige de l'hiver a fondu, marquer sur les blocs voisins de l'extrémité du glacier (r, r, r, r, r) et sur le rocher à droite et à gauche (R, R de la fig. 1) *en couleur verte* plusieurs repères (conformes au modèle ci-joint²) *en alignement* sur le front du glacier.

¹ Voir à ce sujet, plus bas, les instructions détaillées.

² Ces repères doivent avoir la forme suivante: une croix de

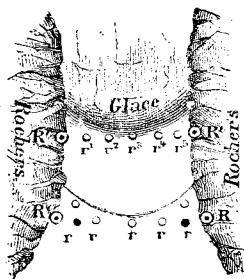


Fig. 1.

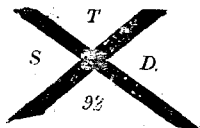
A la fin de l'été, faire la même opération pour le point où se termine la glace à ce moment. (R', R', r¹, r², r³, r⁴, r⁵ de la fig. 1.)

Évaluer la distance des deux lignes de repères. (R, R, r, r... et R', R', r¹, r², r³... de la fig. 1.)

Recommencer chaque année.

2^e Partie moyenne du glacier. — Quand le glacier est découvert, placer sur le rocher, de chaque côté du glacier (A, B et A', B', fig. 2 et 3), des repères en couleur verte, et, en alignement avec ces derniers, placer en

Saint-André peinte à la couleur verte ; dans les intervalles des branches, on placera les initiales S. T. D., et un chiffre indiquant l'année où a été posé le repère (92 pour 1892, 93 pour 1893, 94 pour 1894, etc...).



ligne droite sur le glacier des pieux ou des blocs portant des repères (1, 2, 3, 4, 5, fig. 2.)

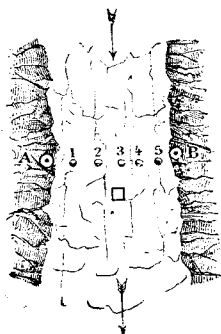


Fig. 2.

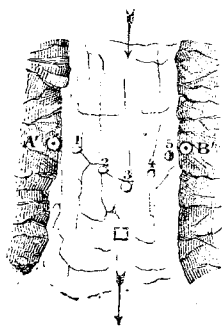


Fig. 3.

Revenir à la fin de la saison et noter la position qu'ont prise les blocs ou les pieux (1, 2, 3, 4, 5, fig. 3.)

Recommencer chaque année au commencement et à la fin de l'été.

MÉTHODE D'OBSERVATIONS DES VARIATIONS GLACIAIRES (APPENDICE),

D'après M. Forel.

Le clubiste ou le montagnard qui, muni simplement d'un mètre ou d'une chaîne graduée, veut observer utilement les glaciers, devra se rappeler que les diverses dimensions d'un glacier varient dans le même sens, et qu'il suffit par conséquent d'observer l'une d'elles; celle qui varie dans les plus grandes proportions et qui doit, par cela même, être observée de préférence, c'est

la longueur. Que l'on mesure donc la position du front du glacier chaque année, ou du moins le plus fréquemment possible.

Pour n'avoir pas à tenir compte des différences qui peuvent résulter de la fusion estivale, il est préférable de faire les mensurations des années successives dans le même mois, et, si possible, dans la même semaine de l'année; quelques jours de différence n'ont du reste, le plus souvent, pas une grande importance.

Si le glacier est en état de raccourcissement, on établit devant le front du glacier deux ou trois repères, à quelques mètres de la glace. Les meilleurs repères sont de gros blocs de pierre, bien évidents, bien reconnaissables, sur lesquels on peint à la couleur à l'huile, ou on grave à la pointe, quelques signes caractéristiques, comme, par exemple, les initiales du club, ou celles de l'observateur, avec le chiffre de l'année.

Là où il n'y a pas de blocs convenables, on peut faire un repère excellent en élevant une colonne de pierres sèches, un « Steinmännli. » Puis on mesure la distance entre le repère et le front du glacier, et on la note sur un croquis de la localité.

Si le glacier est en état d'allongement, l'expérience est un peu plus difficile; en effet, si la progression est rapide, le glacier pourrait bien bousculer le repère établi trop près de son front, et la seconde mensuration serait impossible. En présence donc d'un glacier qui s'allonge, ou dont les allures sont inconnues, il sera prudent d'établir pour chaque point intéressant qu'on désire mesurer, deux ou plusieurs repères alignés à des distances diverses du glacier, à 10^m, à 50^m, à 100^m du front du glacier. On mesurera soigneuse-

ment l'intervalle qui sépare les repères, et en vérifiant ultérieurement ces distances, on constatera si les repères ont été déplacés ou non, et quels sont ceux dont la position peut servir de base.

Dans certains cas où le glacier n'est pas abordable, on peut apprécier sa position en cherchant des alignements tangents à son front, et en les marquant par des repères sur la roche ou le terrain accessibles.

DOCUMENTS CONCERNANT LES GLACIERS DES ALPES FRANÇAISES

d'après des travaux récents

RÉUNIS

PAR M. ALAMELLE

Professeur à l'École Vaucanson.

Les glaciologistes ne sont pas restés inactifs cette année et nous avons à signaler outre l'annuelle et excellente chronique de M. le professeur Forel une série d'observations recueillies par le prince Roland Bonaparte, qui se propose de publier chaque année un rapport sur les variations des glaciers français. Nous joignons à ces documents quelques faits intéressants communiqués par M. F. Arnaud, de Barcelonnette (Basses-Alpes), en réponse à l'appel adressé l'an dernier aux alpinistes de notre région par M. le professeur Kilian, dans son article « *Neige et Glaciers*¹ ». Qu'il

¹ *Annuaire de la Société des Touristes du Dauphiné*, 1890, tome XVI, pp. 169 et suiv.

nous soit permis d'espérer que l'exemple donné par M. Arnaud sera rapidement suivi d'autres contributions à l'étude méthodique des phénomènes glaciaires et des questions qui s'y rattachent.

I. — *Résumé des renseignements relatifs aux Alpes françaises, publiés par M. Forel, dans ses études sur les variations périodiques des glaciers. (Suite.)*

A. — GLACIERS DU MONT-BLANC.

M. Tairraz a continué de prendre des photographies des divers glaciers de la vallée de l'Arve; il a ajouté à sa collection une vue du glacier de Bionnassay.

1^o *Glacier du Tour.* — Il continue à s'accroître (*photogr. Tairraz*).

2^o *Glacier de l'Argentière.* — Il continue aussi à s'accroître (*photogr. Tairraz*).

3^o *Glacier des bois ou Mer de glace.* — Les changements de son front sont considérables; le glacier s'allonge et s'épaissit dans sa partie terminale (*photogr. Tairraz*). Par rapport à un repère inscrit sur le rocher des Mottes (rive gauche du glacier) en 1886, en ligne droite du front du glacier, il y a un allongement de 74^m, au 15 octobre 1890.

Note rétrospective. — D'après Auguste Simon, guide à la Frasse, près Chamonix, né en 1826, le glacier des Bois aurait eu son maximum en 1841.

4^o *Glacier des Bossons.* — Il continue à s'accroître. Cela est évident sur les photographies Tairraz, où l'on voit les gros blocs situés devant le front du glacier roulés et bousculés depuis l'année dernière; M. Forel

l'a vérifié lui-même sur place, le 5 septembre 1890. M. Payot évalue à une vingtaine de mètres l'allongement du 20 mai 1889 au 15 octobre 1890 ; une mesure plus exacte est impossible, tous les repères de M. Payot ayant été recouverts ou déplacés par l'allongement du glacier. D'après ses alignements et repères, M. Tairraz estime que, sur le profil du Pavillon de la Grotte, le glacier s'est épaissi de 7^m environ entre octobre 1889 et mai 1890.

Le glacier de Taconnaz continue à s'allonger (*photogr. Tairraz*).

B. — GLACIERS DU DAUPHINÉ.

Le glacier Blanc s'est beaucoup avancé depuis 1888 ; la chute de glaces descend en 1890 vers le glacier *Noir*, quoique ces deux glaciers soient encore loin d'être réunis comme autrefois.

En résumé, l'état de choses décrit l'année dernière, continue sans grands changements. Tous les glaciers du Mont-Blanc continuent à être en crue. Le glacier *Blanc* (vallée de la Durance, massif du Pelvoux), signalé l'année dernière comme étant en décrue, est actuellement en crue.

II. — *Renseignements publiés par le prince Roland Bonaparte sur les glaciers des Alpes françaises.* — (*Annuaire du Club Alpin Français*, 17^e volume, 1890-1891) *Comptes rendus, Ac. des Sciences*, 4 avril 1892).

En gros, on peut dire que le mouvement général de

recul des glaciers du Dauphiné a commencé il y a vingt ou vingt-cinq ans et qu'en outre nous nous trouvons au début d'une nouvelle période d'avancement. (Gaspard père, 21 septembre 1890).

Glacier du Mont-de-Lans. — Les deux branches du glacier qui se trouvent près du Jandri et de la Roche-Mantel reculent ou sont stationnaires. Les trois branches qui tombent au Nord sur la vallée de la Romanche avancent, mais elles rencontrent un à-pic au pied duquel elles viennent se briser. Les morceaux ne se ressoudent pas. (Roderon, le 17 octobre 1890).

Roderon a fait un croquis du front du glacier le 17 octobre 1890.

Glacier de la Selle. — Il y a une vingtaine d'années, ce glacier arrivait jusqu'en un point situé à 300^m en amont de la cote 2234. (Carte de France au 100.000, feuille xxiv-29, Valbonnais.) Cette distance de 300^m a été mesurée par nous le 20 septembre 1890, sur les indications de Ch. Roderon. Le 23 septembre, Gaspard père nous confirmait le fait à Saint-Christophe-en-Oisans. Il se rappelle parfaitement avoir vu le glacier à l'endroit indiqué par Roderon. Comme actuellement le front du glacier se trouve au-dessous de la cabane de la Selle, on peut en déduire que le glacier a reculé à peu près de 1,200^m dans sa période actuelle de décrue.

Sur le flanc gauche de la vallée, on voit deux petits glaciers ayant fortement reculé ; autrefois ils se fondaient dans celui de la Selle et formaient un gros renflement dans la vallée. Le flanc droit du glacier, vu son exposition, fond plus vite que le gauche. (Roderon, 20 septembre 1890).

Croquis du front du glacier fait par l'auteur le 20 septembre 1890 ; trois photographies ; marques rouges faites sur les rochers, le même jour.

Glacier du Plaret. — Ce glacier, dont le front est très étendu, recule depuis dix ans environ. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Croquis du front du glacier, et marques rouges faites sur les rochers par M. Roderon, le 26 septembre 1890.

Glacier du Rateau. — On peut le considérer comme stationnaire. Il est très crevassé. Gaspard père dit qu'il avancera bientôt.

Ce glacier qui, il y a quelques années, était pour ainsi dire isolé, sera bientôt ressoudé avec celui de la Meije, grâce aux chutes nombreuses et volumineuses provenant de la branche du glacier qui descend entre les deux arêtes des Enfetchores.

Trois longues lignes de moraines longent la rive gauche du glacier du Rateau. La 1^{re}, qui est la plus grande, est gazonnée dans presque toute sa longueur ; la 2^{me} n'est gazonnée qu'en partie ; quant à la 3^{me}, elle ne l'est pas du tout. Ces trois moraines doivent indiquer trois phases de l'activité du glacier.

Croquis du front du glacier, et marques rouges faites sur les rochers par Roderon, le 27 septembre 1890.

Glacier des Étançons. — Il avance depuis deux ans au moins. La branche est de ce glacier, qui, il y a cinq ou six ans, se terminait au-dessus d'une barre de rochers, s'est mise à avancer et couvre complètement ces rochers. Cette branche du glacier forme une pente continue ; pas de chute de séracs ; cette branche, qui descend du Pavé, paraît avancer très rapidement. (Roderon, 21 septembre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faites sur les rochers par Roderon, le 27 septembre 1890.

Branche ouest du même glacier.— Elle avance, comme la branche est, depuis deux ou trois ans. On remarque de grands changements dans sa partie basse. Les crevasses deviennent de jour en jour plus nombreuses et plus grandes. Le front du glacier se trouve actuellement au-dessus d'un à-pic de rochers. De nombreuses avalanches, formées par les séracs qui s'écroulent ont lieu en cet endroit. Ces débris, formés de morceaux de glace de toutes dimensions, se ressoudent dans le petit cirque que domine la paroi de rochers dont il vient d'être question. Le petit glacier qui résulte de ce travail de ressoudage augmente d'épaisseur de jour en jour. Le même phénomène se produit au-dessous du glacier de la Meije. Les chutes de glace sont assez fréquentes, il y en a qui sont très volumineuses. Le 27 septembre 1890, Roderon en observa une dizaine en fort peu de temps.

Le *petit glacier* qui se ressoude au-dessous de l'à-pic de rochers *ne tardera pas à atteindre le glacier supérieur et à faire corps avec lui.* Dans une course de montagne, il fallut, à Gaspard et aux alpinistes qui l'accompagnaient, deux heures pour sortir de cet amoncellement de blocs de glace. (Roderon et Gaspard père, 21 septembre 1890.)

Pas de croquis, ni de marques rouges à cause des avalanches.

Glacier Carré.— Il n'a pas bougé depuis que Gaspard père le connaît, c'est-à-dire depuis 1877. Étant donné la forme de son bassin, il est plus que probable que

tout mouvement lui est impossible. (Gaspard père, 21 septembre 1890.)

Glacier de la Meije. — Il avance depuis cinq ou six ans, et plus vite que celui des Étançons. Il y a quelques années, il se terminait au-dessus d'un à-pic de rochers de 50 mètres. Actuellement, grâce au mouvement en avant du glacier supérieur, de nombreuses chutes de séracs ont lieu à cet endroit, et les blocs ainsi détachés ont formé par leur amas un nouveau glacier qui, plus tard, en augmentant de volume, se ressoudera avec le glacier supérieur. Ce glacier reformé avance très rapidement et augmente d'épaisseur.

Un petit lac, que l'on voyait il y a encore peu de temps, à une trentaine de mètres de sa base, a été entièrement recouvert par la glace.

Il y a trente ans, le glacier de la Meije descendait beaucoup plus bas ; à cette époque, on en extrayait de la glace pour la transporter à Marseille. On allait charger les traîneaux à côté des chalets de Chalp-Vachère. Le glacier descendait jusqu'à l'étranglement qui est formé par des rochers à cet endroit. Aujourd'hui, malgré son avancement, le glacier est encore à 500 mètres environ de ce point. (Roderon, le 23 septembre 1890.)

Croquis du front du glacier fait par Roderon, le 30 septembre 1890.

Glacier du Tabuchet. — Il se termine au-dessus d'un grand à-pic rocheux. Les chutes de blocs de glace y sont fréquentes, cependant le glacier ne se reforme pas au-dessous. Le glacier avance et se gonfle dans sa partie supérieure. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Il a été impossible de faire des marques rouges sur les rochers, à cause des nombreuses chutes de séracs.

Croquis du front du glacier fait par Roderon, 1^{er} octobre 1890.

Glacier de l'Homme. — Ce glacier avance et se gonfle dans sa partie supérieure. (Roderon, 15 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faites sur les rochers par Roderon, le 15 octobre 1890.

Glacier du Pavé. — Il recule probablement. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Glacier du Clot des Cavales. — D'après Roderon, ce glacier n'avance pas ; mais il ne peut dire s'il est stationnaire ou s'il recule. — Gaspard père prétend qu'il se gonfle et que de nombreuses crevasses sont en train de se former.

Croquis du front du glacier et marques rouges faites sur les rochers par Roderon, le 2 octobre 1890.

Glacier de la Grande-Ruine. — Il recule encore. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Glacier de la Plate des Agneaux. — Ce glacier recule. Le front est recouvert d'une épaisse moraine, au pied de laquelle se trouve une petite flaque d'eau. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faites sur les rochers par Roderon, le 2 octobre 1890.

Glacier de Tombe-Murée. — Ce glacier, qui a son origine près du col Émile-Pic, avance lentement depuis un an au moins.

Glacier d'Arsine. — Il est stationnaire ou bien recule légèrement. (Roderon, 2 octobre 1890.)

Glacier du Casset. — Il avance. (Gaspard père, 26 septembre 1890 ; — Roderon, 4 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faites sur les rochers par Roderon, le 4 octobre 1890.

Glacier de Monestier. — Il avance, mais bien lentement. (Roderon, 6 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faites par Roderon, le 6 octobre 1890.

Glacier de Séguret-Foran. — Il recule. Il y a peu de temps encore son front venait plonger dans le lac de l'Eychauda. Actuellement, il est à une grande distance en arrière. (Roderon, 9 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faits par Roderon, le 9 octobre 1890.

Glacier Blanc. — Il avance depuis cinq ou six ans. Son mouvement est très rapide. Il est presque dans la vallée. Gaspard a remarqué qu'un certain bloc de rocher, qu'il connaissait bien, avait été complètement recouvert par la glace. Depuis un an, il aurait avancé de 100^m. (Gaspard, 21 septembre 1890.)

Le glacier Blanc a fait, en 1890, un grand mouvement en avant. En 1889, il se terminait, au-dessus d'un à-pic rocheux, par de nombreuses aiguilles de glace. Cette année (1890) il se termine par une grande coulée presque compacte, qui descend au-dessous de l'à-pic qui était à découvert en 1889. Cette coulée est assez épaisse, elle touche les deux parois du couloir par lequel elle s'écoule.

Sur le front du glacier, il existe deux petites grottes. En avant du front, on voit un couloir rempli de morceaux de glace, provenant des nombreux séracs qui s'écroulent à chaque instant. Ces débris se ressoudent et forment une masse de glace qui va continuellement en augmentant d'épaisseur et de longueur. Si ce mouvement continue, le front de la coulée ne tardera pas à atteindre le Pré de Madame Carle.

Croquis du front du glacier et marques rouges faits par Roderon, le 11 octobre 1890.

Glacier de la Bonne-Pierre. — Ce glacier recule fortement. (Roderon, 23 septembre 1890.) Il se gonfle fortement dans sa partie supérieure. (Gaspard père, 26 septembre 1890.)

Glacier Noir. — Il recule encore. Son front était, il y a douze ans, près du Pré de Madame Carle; actuellement, il a fortement reculé et se trouve presque à la base des rochers du Pelvoux. On voit deux grottes sur le front du glacier. D'après Gaspard, ce glacier se gonflerait dans sa partie supérieure. (Gaspard, 26 septembre 1890; — Roderon, 11 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges faits par Roderon, le 11 octobre 1890.

Glacier-sans-Nom. — Le glacier, situé entre le Pelvoux et le pic Salvador-Guillemain, a fait cette année (1890) une grande chute. Ses débris forment un vaste cône de déjection dans la vallée de la Celse-Nière; à plusieurs endroits, il forme des arches au-dessus du torrent. A sa base, ce cône a un diamètre de 500^m et autant de hauteur. Il est formé par des blocs de grandes dimensions. (Roderon, 13 octobre 1890.)

Glacier du Sélé. — Il recule encore. Il se gonfle cependant dans sa partie supérieure; le col du Sélé et celui de l'Aile-Froide sont devenus presque impraticables. (Gaspard, 26 septembre 1890.)

Sur le flanc droit du glacier il existe une coulée de glace de 170^m de large. Elle est formée par les débris, tombant très fréquemment d'un petit glacier situé au-dessus du Sélé. (Roderon, 13 octobre 1890.)

Croquis et marques rouges faits par Roderon, le 13 octobre 1890.

Glacier de la Pilatte. — Il recule. (Roderon, 23 septembre 1890.) Il se crevasse fortement près du col du Says. Il avancera très probablement bientôt. (Gaspard père, 21 septembre 1890.)

Glacier du Chardon. — Il recule depuis dix ans environ. Il atteignait alors les rochers fixes, que l'on voit actuellement bien au-dessous de son front actuel. (Roderon, 20 septembre 1890.)

Croquis du front du glacier fait par l'auteur, le 20 septembre 1890. Marques rouges faites sur des rochers situés sur le flanc gauche du glacier, même date.

Glacier de la Muande. — Il recule encore. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Glacier du Vallon des Étages. — Idem.

Glacier des Sellettes. — Ce glacier avance depuis un an environ. (Roderon, 23 septembre 1890.)

Glacier d'Olan. — Il avance. (Gaspard père, 26 septembre 1890.)

Glacier d'Entre-Pierroux. — Il recule suivant les uns et avance selon les autres. (Roderon, 23 septembre 1890 ; — Gaspard, 26 septembre 1890.)

Glacier de la Mariande. — Ce glacier avance depuis un an. Son mouvement de progression est rapide. Il se crevasse dans sa partie supérieure. (Gaspard père, 21 septembre 1890.)

Actuellement, le rocher vient se briser contre une crête rocheuse, au pied de laquelle les blocs de glace se ressoudent. En deux endroits le rocher constitué forme des cônes qui bientôt atteindront le glacier supérieur. (Roderon, 20 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier fait par Roderon, le 20 octobre 1890.

Glacier du Pierroux. — Ce glacier, situé au Sud de St-Christophe-en-Oisans et visible de ce village, recule depuis quinze ou vingt ans. Les escarpements rocheux qu'on voit actuellement de St-Christophe étaient alors invisibles. Depuis deux ans il recule moins vite. (Roderon, 20 septembre 1890.)

Ce glacier gonfle dans sa partie supérieure. (Gaspard père, 21 septembre 1890.)

Glacier du Vallon de Lanchâtra. — Il recule. Sa branche ouest a beaucoup plus reculé que sa branche est. Les deux branches se touchent encore au fond de la vallée. Au-dessous de leur point de jonction, la branche est, qui descend plus bas que la branche ouest, est recouverte de pierres et d'énormes blocs granitiques. Au bout de cette traînée de débris, la glace apparaît de nouveau en laissant apercevoir une jolie grotte. (Roderon, 18 octobre 1890.)

Croquis du front du glacier et marques rouges sur les rochers faits par Roderon, le 18 octobre 1890.

RÉSUMÉ. — Les 30 glaciers du Dauphiné sur lesquels nous ¹ avons des renseignements se subdivisent, au point de vue de leurs variations, de la façon suivante :

14 avancent ;

14 reculent ;

2 sont stationnaires.

Il est à remarquer, toutefois, que Gaspard père a

¹ C'est-à-dire le prince Roland Bonaparte.

observé un gonflement notable à la partie supérieure de plusieurs glaciers dont le mouvement de progression n'a pas encore commencé par en bas.

Dans une note insérée, le 4 avril 1892, dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, le même auteur rapporte les résultats de nouvelles observations sur 16 glaciers du massif du Pelvoux, spécialement mis en observation et étudiés par lui. Nous en extrayons ce qui suit :

En 1890, 6 glaciers avançaient, 8 reculaient, 2 étaient stationnaires ;

En 1891, 6 avançaient, 5 reculaient et 5 étaient stationnaires.

Glaciers ayant avancé.

1. Glacier du Rateau. — Avancement de 13^m en 371 jours ;

2. Glacier des Etançons, branche est. — Avancement de 5 à 6^m en 347 jours ;

3. Glacier de l'Homme. — Avancement de 23^m en 360 jours ;

4. Glacier du Casset. — Avancement de 39^m en 372 jours ;

5. Glacier du Monestier. — Avancement de 12^m en 371 jours ;

6. Glacier Blanc. — Avancement de 41^m en 370 jours.

Glaciers ayant reculé.

1. Glacier de la Selle. — Recul de 11^m en 360 jours ;

2. Glacier de Seguret-Foran. — Recul de 8^m en 372 jours ;

3. Glacier Noir. — Recul de 10^m en 369 jours ;
4. Glacier du Chardon. — Recul de 10^m en 345 jours ;
5. Glacier du Vallon de Lanchâtra. — Branche ouest, recul de 14^m en 338 jours ; branche est, recul de 8^m en 338 jours.

Glaciers stationnaires, c'est-à-dire dont la position, par rapport aux repères, était la même aux époques ci-dessous.

1. Glacier du Plaret. — 26 (IX) 1890. — 10 (IX) 1891 ;
2. Glacier de la Meije. — 30 (IX) 1890. — 5 (X) 1891 ;
3. Glacier du Clot des Cavales. — 2 (X) 1890. — 7 (X) 1891 ;
4. Glacier de la Plate des Agneaux. — 2 (X) 1890. — 7 (X) 1891 ;
5. Glacier du Sélé. — 13 (X) 1890. — 13 (X) 1891.

« On voit donc que, de 1890 à 1891, trois glaciers
« ont cessé de reculer pour devenir stationnaires, ce
« qui montrerait que nous sommes à la fin de la
« période de recul général qui avait commencé il y a
« environ trente-cinq ans ; mais le début de la période
« d'avancement dans le massif du Pelvoux serait assez
« récent, car, d'après les renseignements que nous
« avons recueillis, les premiers glaciers qui se sont
« mis à avancer et que nous avons énumérés ci-dessus
« ont commencé leur mouvement il y a quelques
« années seulement.

« Aux mesures exactes que nous avons données, il
« convient d'ajouter les observations moins précises
« faites à notre demande par les guides du pays en
« 1891 ; elles portent sur 38 autres glaciers du Pelvoux
« et peuvent être résumées comme suit :

« 8 glaciers avancent ; 20 glaciers reculent ; 10 gla-
« ciers sont stationnaires. »

* * *

M. Kilian a reçu de M. Arnaud, notaire à Barcelonnette, l'intéressante lettre suivante, qu'il est heureux de communiquer à la *Société des Touristes*, tout en adressant publiquement à M. Arnaud ses félicitations pour son intelligente initiative :

« Barcelonnette, le 9 janvier 1892.

« Mon cher Monsieur Kilian,

« J'ai lu avec intérêt votre article des « *Neiges et*
« *Glaciers* ».

« Le paragraphe « *Altitude* » est très clair et m'a
« beaucoup appris sur les causes de refroidissement
« dues à l'altitude. Vous auriez pu ajouter, pour les
« vallées des pays de montagnes, la diminution des
« heures normales de soleil, à qui les montagnes de
« l'est, midi et ouest servent d'écran. Certains vil-
« lages n'ont en hiver que deux ou trois heures de
« soleil et Méolans, par exemple, en est privé pen-
« dant quarante-deux jours.

« Dans les avalanches de poussière, la cause qui les

« détermine le plus souvent est, en effet, le vent qui,
« tourbillonnant dans l'entonnoir supérieur, soulève
« la neige, met la masse en mouvement et se précipite
« avec elle.

« En voici un exemple effrayant : En février 1879,
« une jeune fille de la Barge, étant à Maljasset (1^{er} et 2^e
« hameau de Maurin), voulait rentrer chez elle à midi.
« Elle pria deux jeunes gens de l'accompagner, leur
« promettant de leur faire des beignets à l'arrivée. Les
« gens sages ne leur conseillaient pas de s'aventurer,
« car il ventait sur les cimes ; « les chamois, comme on
« dit ici, faisaient leur cuisine », et les crêtes fumaient.
« La jeune fille s'entêta et les jeunes gens, à qui elle
« fit honte de leurs hésitations, se décidèrent.

« Comme d'habitude, des gens des deux villages,
« distants d'un kilomètre environ, observaient leur
« marche. L'audacieux trio se hâtait, la tête tournée
« vers le Nord d'où ils craignaient l'avalanche de poussière.
« Elle partit du Midi, les roula et les enterra.
« Tous les spectateurs, armés de pelles et de perches
« accoururent à leur secours, en appelant à grands cris
« le reste des habitants des deux villages. Ils retirèrent
« la jeune fille qui, roulée dans l'eau du ruisseau
« d'Ubaye, ne fut pas complètement enterrée et put
« être dégagée de la neige que l'eau fondait en
« partie.

« Tout à coup, l'avalanche de poussière du Nord se
« précipite sur les travailleurs et les recouvre, ainsi
« que la jeune fille arrachée à la mort. Tous les efforts
« des deux villages ne purent sauver que trois des
« sinistrés : la jeune fille et six autres personnes
« trouvèrent la mort dans cette catastrophe.

« Et les anciens disaient que c'était folie de s'aventurer quand la montagne fumait.

« C'est surtout pour les avalanches de printemps qu'un bruit de voix seulement, le passage d'un homme ou d'un animal qui les coupe, la chute d'un bloc que le dégel arrache au flanc du rocher, surtout la chute d'une corniche de neige et quantité d'événements imprévus déterminent le sinistre quand la neige est lourde et mouillée (ce qu'on appelle ici *mata*) et prête à glisser, entraînée par son propre poids. Ce sont ces avalanches qu'on pourrait le mieux éviter, car toujours une imprudence est à l'origine des catastrophes d'avalanches de printemps.

« La neige de ces avalanches est un vrai mortier et il suffit d'une avalanche de 10^m de long pour engloutir un homme. Le docteur Cain, allant à Fours, escorté de quatre douaniers, voulut en traverser une de cette taille, par bravade, et pour voir. Elle partit : sur les cinq hommes roulés, deux étaient libres, un engagé jusque sous les aisselles, et les deux autres, enterrés, n'auraient pu se dégager seuls, quoique à peine recouverts, tellement ils étaient serrés. Il a fallu une grosse heure aux trois camarades pour les dégager.

.....

« Nous devons, aux premiers jours de février, lorsque la neige battra son plein, aller, avec le commandant d'artillerie de la région, à la batterie de Viraysse (2,760^m), où, à ma prière, on fait des observations barométriques et thermométriques journalières, sur la hauteur de neige tombée et les heures de soleil

« par jour. Ce sera intéressant d'avoir une année com-
« plète. Je l'aurai et vous la communiquerai. Jusqu'ici
« le résultat me surprend : ils n'ont que 2° ou 3° de
« froid de plus qu'ici. Ils n'ont pas atteint — 18° encore
« et ils ont 4 heures 1/2 de soleil au solstice d'hiver. —
« Neige tombée : 5 ou 6 mètres.

« *Post-Scriptum.* — Au printemps de 1879, les ava-
« lanches rasèrent dans la vallée 12,000 arbres vieux
« (chiffre officiel), y compris la forêt de la Tinette à
« Maurin, composée d'arbres de 200 ans (28 mai 1879).

« Les corniches de neige accumulées par le vent
« font presque toujours face au Midi. Il doit y avoir là
« une question de consolidation de la muraille par le
« dégel du jour, favorisé par l'exposition au soleil et le
« gel de la nuit.

« Signé : ARNAUD. »

L'excursion d'hiver annoncée dans cette lettre fut effectuée le 7 février 1892 par M. Arnaud, à Viraysse (2,760^m); notre confrère nous a promis communication des observations météorologiques et nivométriques qu'il a faites pendant cette course et qu'il a dû continuer cet hiver et ce printemps. Le thermomètre de la batterie de Viraysse marquait, d'après la relation de M. Arnaud ¹, au milieu du jour, le 7 février, 6° au-dessous de zéro dans un coin abrité, en plein Midi, et 11° au-dessous de zéro au nord et dans un lieu non protégé.

¹ *Journal de Barcelonnette.* 20 février 1892.

* * *

Il importe en outre de signaler aux alpinistes une étude de M. Forel, sur l'*Observation nivométrique des hauts névés des Alpes* (Annuaire du Club Alpin Suisse, 26^e année), ainsi que les travaux récents de M. Brückner, établissant la périodicité (35 ans environ), des périodes de froid et d'humidité, périodicité confirmée, pour ce qui a trait aux glaciers, par le beau mémoire de M. E. Richter, sur l'*Histoire des variations des glaciers alpins*.

On lira également avec intérêt une jolie étude de M. Finsterwalder sur l'action érosive des glaciers (Zeitschr. des deutschen-æsterr. Alpenvereins. t. XXII) et les rapports de MM. Seeland, Penk, etc., sur les observations glaciaires exécutées dans les Alpes orientales.

W. K.

Extrait de l'*Annuaire de la Société des Touristes du Dauphiné*,
Année 1891.

Grenoble. imp. Allier.

NEIGE ET GLACIERS

(3^{me} ARTICLE)

Extrait de l'*Annuaire de la Société des Touristes du Dauphiné*,
Année 1892.

NEIGE ET GLACIERS

(3^e Article)

Par **W. KILIAN,**

Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble.

*Notes prises au cours par M. ALAMELLE, professeur
à l'école Vaucanson.*

**Suivi d'un rapport sur les renseignements recueillis
en 1892-1893 par le Bureau de la Société des
Touristes du Dauphiné sur des variations des
Glaciers,**

Par **W. KILIAN.**

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DE LA SORBONNE
PARIS

GRENOBLE

IMPRIMERIE F. ALLIER PÈRE ET FILS
26, Cours Saint-André, 26

1893

MORAINES¹

(Ruines des Glaciers)

A la dégradation incessante des massifs montagneux contribuent principalement deux sortes de *processus* :

1^o La *désagrégation* consistant en une modification à la fois chimique et physique, due principalement à l'action des variations de température sur l'eau enfermée dans les innombrables fissures des roches. Les alternatives répétées de gel et de dégel, notamment, ayant pour conséquence de brusques changements de volume du liquide contenu dans ces fentes, contribuent à en disjoindre les bords et finissent par produire une fragmentation superficielle de la roche. Ce phénomène est facilité encore par l'altération chimique que subissent la plupart des masses minérales exposées à l'humidité et à l'action du milieu atmosphérique. Il peut arriver en outre que les racines de certains végétaux s'introduisant dans les interstices viennent hâter le phénomène de désagrégation.

2^o *Érosion*. — Les débris ainsi formés sont livrés à

¹ Cet article fait suite à ceux que nous avons fait paraître en 1891 et 1892 dans l'*Annuaire de la Société des Touristes du Dauphiné*. La matière en est empruntée, comme par le passé, pour la plus grande part, à l'excellent *Traité de Glaciologie* du prof. Alb. Heim, peu accessible au public français.

l'action de la pesanteur; ils commencent à suivre la déclivité des pentes et bientôt l'eau qu'ils rencontrent, soit sous forme liquide, soit à l'état de neige ou de glace, vient faciliter leur descente (torrents, avalanches, glaciers) vers la plaine.

La désagrégation est particulièrement intense sur les sommets et les crêtes; elle se produit également, mais à un moindre degré, sur les pentes. Les agents qui servent de véhicule à ses produits, exportant les fragments rocheux vers les régions inférieures, s'en servent pour *creuser* et entamer le sol sur leur parcours. Ainsi s'opère l'*érosion* du terrain et se produisent mille et mille sillons superficiels qui offrent bientôt de nouvelles surfaces à la décomposition; ces phénomènes se renouvelant sans cesse, on arrive bientôt à voir se constituer des systèmes complexes de ravins et de vallées qui rongent la montagne, la sculptent en quelque sorte et en amoindrissent continuellement la masse.

On se rendra compte du rôle considérable que jouent dans l'*évolution* des reliefs les phénomènes que nous venons d'indiquer, lorsqu'on saura que pour les Alpes centrales, le volume des débris enlevés par l'érosion, depuis la formation de la chaîne, équivaut, d'après des calculs récents, à celui de la masse qui a subsisté (en prenant pour base le niveau de la mer).

Les débris ainsi détachés des montagnes et charriés par les agents de l'érosion vont former au loin des *alluvions*. On distingue, d'après leur ancienneté, des alluvions tertiaires, des alluvions quaternaires et des alluvions modernes.

Les points où s'accroissent de préférence les alluvions

sont ceux où, au sortir de vallées ou de vallons très inclinés, la pente diminue brusquement. On appelle alors ces talus de débris des « cônes de déjection ». Ce sont de véritables « entrepôts » de matériaux ; leur durée n'est souvent que passagère et fréquemment ils deviennent la proie de nouvelles érosions, plus intenses, qui les entraînent.

Quelle est l'influence des glaciers sur la décomposition des roches et sur l'exportation de leurs débris ? Cette question importante a été étudiée par de Saussure, Venetz, Agassiz, Forbes, etc., et notamment par Charpentier dans son « Essai sur les glaciers » (1841) ; des observateurs suédois ont également contribué, dans une notable mesure à faire connaître les phénomènes de transport occasionnés par les appareils glaciaires.

Il arrive généralement, dans les régions montagneuses, que les produits de la désagrégation, sous la forme de débris rocheux de grosseur très variable, tombent sur un glacier, entraînés par la pesanteur ou amenés par des avalanches. Des cônes de déjection se formeraient ainsi sans cesse dans les vallées glaciaires ; mais ces matériaux sont incessamment emportés en aval par la glace ; il arrive de la sorte que « les blocs d'aujourd'hui ne tombent pas sur ceux d'hier ». Au lieu de cônes, il se produit donc de *longs talus* sur les côtés du glacier. Ces amas de matériaux étrangers qui viennent se mêler à la glace et prennent dans le cours de leur descente des dispositions variées constituent ce qu'on appelle des « MORAINES ».

On distingue deux groupes principaux de moraines :

I. *Les moraines de surface ou moraines superficielles. (Trainées de rochers.)*

Parmi ces moraines superficielles, il y a lieu de distinguer :

- 1^o Les moraines latérales ;
- 2^o — médianes ;
- 3^o — marginales ou riveraines.

II. *Les moraines de fond ou moraines profondes.*

III. Les *moraines frontales* méritent une place à part ; car elles sont formées de la réunion de toutes les précédentes.

LES MORAINES LATÉRALES sont situées, comme leur nom l'indique, sur les côtés du glacier et formées de débris, empruntés aux roches du flanc de la vallée glaciaire. Elles s'accroissent sans cesse, vers l'aval, des matériaux éboulés qu'elles reçoivent sur leur passage. Ces matériaux sont de toutes dimensions ; il y a du sable, de la terre, des cailloux anguleux, des blocs dont la grosseur ordinaire varie entre 1 et 20 mètres cubes, mais qu'on a vus atteindre quelquefois 3.000 mètres cubes. Tout cela est disposé sans ordre et sans la moindre trace de stratification ;

Les blocs, ne roulant pas, mais étant simplement portés par le glacier, ne s'émoussent jamais et conservent leurs arêtes vives.

Tous ces matériaux protègent efficacement la glace

sous-jacente contre la fusion. Les moraines latérales arrivent ainsi à constituer, avec leur soubassement de glace, des *vallums* dépassant de 10 à 20 et même de 100 mètres (glaciers de Macugnaga, de la Brenva, de Miage, etc.) le niveau de la glace qui est à découvert et exposée à l'ablation.

Les névés contiennent aussi, sur leurs bords ou enfouis dans leur masse, des blocs amenés par les avalanches et les chutes de neige, mais qui, en descendant, viennent à être mis à nu par l'ablation, arrivent peu à peu à la surface, et s'ajoutent aux moraines latérales.

MORAINES RIVERAINES. — Les moraines latérales reposent sur la glace et sont par conséquent mobiles. Les moraines riveraines appliquées directement sur le flanc rocheux de la vallée sont caractérisées au contraire par leur immobilité. Elles ne sont autre chose que d'anciennes moraines latérales que le retrait du glacier a abandonnées, lors d'une décrue subite, sur les flancs de la vallée. Ces deux catégories de moraines sont rarement bien distinctes les unes des autres. Dans un glacier qui diminue, il peut arriver qu'une moraine latérale devienne riveraine et, inversement, dans un glacier en croissance, une moraine riveraine peut être reprise et jouer de nouveau le rôle de moraine latérale.

MORAINES MÉDIANES, (MORAINES SUPERFICIELLES, BANDES, ETC.) Les moraines médianes sont ainsi appelées parce qu'elles sont situées vers le milieu du glacier. Tantôt très considérables, tantôt ne formant

que de simples bandes de blocs alignés, elles sont habituellement parallèles entre elles et reproduisent dans leurs sinuosités les méandres décrits par le glacier.

Si l'on remonte une moraine médiane, on rencontre d'ordinaire vers l'amont un promontoire qui sépare deux glaciers, et il est facile de constater qu'une moraine médiane est toujours produite par la réunion de deux moraines latérales. A son origine, toute moraine médiane comprend deux *vallums* séparés qui bientôt se fondent en un seul; mais on reconnaît toujours la dualité de son origine à la nature des matériaux qui la forment et qui demeurent groupés en deux bandes distinctes. Cependant, aux-débris des deux moraines latérales s'ajoutent souvent d'abondants matériaux provenant du promontoire séparatif. Quelquefois même la présence d'un tel promontoire ou bien d'une autre saillie rocheuse au milieu de la glace, suffit pour donner naissance à une moraine médiane.

Certaines moraines médianes se forment dès le bassin de réception. D'abord cachées sous la neige, elles ne se dégagent alors nettement que plus bas, par l'effet de l'ablation.

D'une manière générale, la réunion de 2 glaciers pourvus de leurs moraines latérales donne naissance à 1 moraine médiane;

La réunion de 3 glaciers produit 2 moraines médianes;

—	4	—	3	—
—	n	—	n-1	—

On observe parfois qu'au-dessous du confluent des deux glaciers tributaires, la moraine médiane n'est pas toujours située exactement au milieu du glacier com-

posé : il arrive en effet que le glacier le plus important refoule la moraine médiane vers le bord qui correspond au glacier le moins considérable.

La moraine médiane protège généralement un fort vallum de glace que sa présence soustrait à la fusion.

Ajoutons, afin de donner une idée de la croissance de ces traînées rocheuses, que la moraine médiane du glacier de l'Aar augmente, par an : en hauteur de 0^m,7 ; et en largeur de 4^m ;

Fréquentes dans les glaciers des Alpes, de la Nouvelle-Zélande et de l'Himalaya, les moraines médianes sont rares en Scandinavie.

On rencontre quelquefois à la surface de certains glaciers des *moraines passagères*, dues à des éboulements accidentels.

Les moraines latérales et médianes s'étalant dans leur mouvement de descente finissent même par se toucher dans les grands glaciers et constituent alors un vaste tapis de débris dérochant entièrement aux regards la glace sous-jacente (Exemples : glacier de l'Aar inférieur, de Miage, etc.).

Ainsi que les moraines latérales dont elles dérivent, les moraines médianes sont formées de débris de toutes dimensions mélangés sans ordre. Leurs blocs sont anguleux et à arêtes vives parce qu'ils ont été portés par la glace et *non roulés* à la manière des galets que charrient les torrents. On observe souvent que les diverses parties de la moraine médiane d'un même glacier présentent des teintes différentes dues à la présence des matériaux d'origine distincte. Cette disposition est due

au fait que les moraines latérales qui les ont formées ne se sont pas mélangées en se réunissant. C'est ainsi que dans le glacier de l'Aar, la moraine latérale de gauche est formée de gneiss et de micaschistes foncés, tandis que celle de droite est de granite blanchâtre. On retrouve ces deux zones de matériaux dans le même ordre, de gauche à droite, en examinant la moraine médiane résultante.

Aux chutes des glaciers, les moraines disparaissent en tombant dans les crevasses béantes ; mais l'ablation les fait reparaître plus bas. Parfois cependant elles ne reparaissent qu'en partie ou disparaissent même complètement ; elles deviennent alors des moraines profondes.

MORAINES PROFONDES. — On appelle ainsi l'ensemble des débris rocheux dont on constate l'accumulation sous les glaciers. Le lit des glaciers est constamment lubrifié au contact de la glace et dans les points où il n'existe pas de cavités sous-glaciaires, par un tapis d'eau plus ou moins épais ; cette particularité donne aux masses de débris qui s'y rencontrent, délayés dans l'eau et pressés par les couches supérieures de glace, des caractères particuliers. Ces masses opèrent avec une assez grande irrégularité leur mouvement de descente parallèle à celui du glacier. Elles sont composées de blocs anguleux *enchâssés* dans la glace et appliqués contre le fond rocheux ou *substratum*, de blocs arrondis et striés ; enfin d'une boue très fine, provenant du frottement des fragments rocheux les uns contre les autres et contre le substratum. Quant à

ce substratum, il est poli, les saillies qu'il présente sont arrondies : on y voit de nombreuses stries grossièrement parallèles à la direction de la vallée. La longueur de ces stries peut atteindre jusqu'à 3^m. Il arrive souvent que dans leur voisinage l'on retrouve incrusté dans la glace le caillou qui les a creusées (Agassiz). Il est bon de remarquer que les pierres des moraines profondes elles-mêmes se polissent et se strient mutuellement.

La boue mélangée à de la glace au fond du glacier représente ce qu'on appelle le « *béton glaciaire* » (Geschiebelehm). Ce béton joue le rôle d'une immense machine à polir dont la boue constituerait l'émeri. Le béton glaciaire est appliqué contre la roche sous-jacente avec une très grande force : c'est ainsi que dans le fond du glacier d'Aletsch, la pression est de 2 à 4 tonnes par décimètre carré. En 1844, on introduisit dans le glacier de l'Aar des poutres que l'on vit ressortir quelque temps après (1845) à l'état de simples esquilles de bois : elles avaient été broyées, presque pulvérisées par la pression.

Dans ce grandiose appareil de polissage et de sculpture, les blocs les plus résistants jouent le rôle de burin : les roches dures, comme le granite, en sortent généralement polies mais très peu striées (les rares stries qu'elles présentent sont toujours fines) les roches tendres, comme le calcaire, se montrent au contraire surtout striées et leurs stries sont larges et accentuées.

Lorsqu'on examine la surface sous-glaciaire, on observe en outre que les reliefs du substratum, généralement allongés dans le sens de la pente, ne sont polis que sur les faces tournées *vers l'amont* ; de ce

côté, ils sont arrondis, présentant des surfaces souvent convexes, quelquefois planes, mais jamais concaves. Leurs formes mamelonnées produisent une impression analogue à celle que donne un troupeau de moutons endormis ; d'où le nom de *roches moutonnées* qui a été appliqué aux roches qui offrent cette apparence tout à fait caractéristique des paysages glaciaires.

Les stries sont naturellement dirigées dans le sens du mouvement ; celles du lit du glacier sont généralement parallèles ou se coupent à angles très aigus. Les stries des cailloux et des blocs sont au contraire dirigées en tous sens, à cause de la mobilité de ces fragments qui changent d'orientation dans le cours de leur voyage sous-glaciaire.

Quel que soit le sens de la stratification du substratum, c'est-à-dire que les couches rocheuses présentent à la glace leurs surfaces ou leurs tranches, les phénomènes de polissage et de burinage se produisent de la même façon. (Exemple : ancien glacier de Sassenage, près Grenoble).

C'est dans les glaciers en voie de retrait, que l'on observe avec le plus de netteté les phénomènes que nous venons de décrire. Ainsi le glacier de Grindelwald envahit autrefois, pendant une période de crue, une carrière de marbre qu'il recouvrit pendant cent-cinquante ans ; quand il se retira, les blocs de marbre, en partie taillés, qu'on avait dû abandonner dans la carrière avaient été arrondis et striés ; mais l'usure n'avait pas cependant été bien considérable, car les trous peu profonds qui avaient été faits sur ces blocs lors de leur façonnement n'avaient pas complètement disparu.

Il ne faut donc pas voir dans les glaciers, ainsi

qu'on l'a fait trop souvent, de puissants instruments d'érosion ; *ils n'ont pas créé la vallée* qu'ils occupent, se bornent à *la nettoyer, à la débayer* et à en dresser les parois d'une certaine façon, mais ils fonctionnent comme de remarquables instruments de transport et sont capables de faire cheminer des blocs que nulle eau courante ne pourrait entraîner.

MORAINES FRONTALES. — On appelle ainsi des moraines qui se forment à l'extrémité des glaciers et qui arrivent parfois à barrer plus ou moins les vallées. On les désigne aussi quelquefois sous le nom de moraines terminales. Elles représentent la réunion des matériaux de toutes les moraines précédentes, amoncelés en une espèce de barrage, sorte de rempart en demi-cercle tournant sa convexité vers l'aval. Ces débris ne sont pas calibrés ; les blocs polis et striés des moraines de fond, les fragments anguleux des moraines superficielles et la boue sous-glaciaire sont mélangés ; on y remarque cependant des zones minéralogiques correspondant aux diverses moraines superficielles. Le torrent qui sort du glacier s'y creuse un passage et rompt quelquefois complètement, vers le milieu, le demi-cercle morainique. Comme l'eau de ce torrent remanie toujours plus ou moins une partie des matériaux de la moraine frontale, celle-ci présente ordinairement des caractères intermédiaires entre ceux des dépôts glaciaires et ceux des cônes de déjection torrentiels.

Il peut arriver que le glacier se termine à un abrupt. La moraine frontale présente alors des caractères qui

tiennent à la fois de ceux des talus d'éboulement, de ceux des cônes de déjection et de ceux des autres moraines.

La plus grande partie des matériaux moraniques provient des pentes et des sommets qui environnent les glaciers et leurs bassins de réception, et non de leur *substratum*. On s'explique ainsi pourquoi les glaciers de l'intérieur du Groënland n'offrent pas de produits de ce genre et que les moraines y soient réduites à leur plus simple expression.

Les moraines frontales ne se forment qu'aux points où le front du glacier est resté stationnaire pendant quelque temps. Il n'est pas rare de rencontrer plusieurs de ces moraines frontales échelonnées l'une derrière l'autre ; ces vallums successifs témoignent d'un déplacement intermittent de l'extrémité du glacier qui s'avance vers la plaine pendant les périodes de crue, et recule, au contraire, vers le bassin d'alimentation pendant les périodes de décrue, laissant en aval une suite de moraines qui représente autant de stations.

Le transport des matériaux glaciaires se fait également par les TORRENTS GLACIAIRES qui circulent sous les glaciers et s'échappent de leur extrémité ; mais ce charriage sous-glaciaire est très peu important ; il est presque insignifiant si on le compare à celui des torrents ordinaires. Les torrents glaciaires entraînent surtout de la boue qui leur donne parfois une couleur blanchâtre, *laiteuse*, caractéristique. Cette boue fine peut rester très longtemps en suspension dans l'eau et c'est pour cette raison que, en été, les eaux des

lacs suisses se font remarquer, grâce aux fines impuretés apportées par les torrents glaciaires, par une teinte beaucoup plus bleue et moins transparente qu'en hiver.

Les *alluvions glaciaires* entraînées par les torrents ne tardent pas à se calibrer comme les alluvions ordinaires, mais il est toujours facile de les reconnaître, grâce aux éléments glaciaires (cailloux striés, etc.) qu'elles contiennent ; les alluvions des lacs glaciaires consistent généralement en une vase très fine disposée en couches régulières et formant parfois de véritables cônes de déjections sous-lacustres.

Il arrive que certains glaciers débouchent directement dans la mer, et y édifient alors un *delta glaciaire* où les matériaux sont disposés en couches inclinées vers le large, comme le sont celles que les torrents forment près de leur embouchure dans un lac. Il se produit ainsi une sorte de *moraine sous-marine* :

ACTION DU GLACIER SUR LE SUBSTRATUM. — Ainsi que nous venons de le constater, l'action de l'appareil glaciaire sur le lit rocheux qui le contient se borne à un polissage et à un burinage plus ou moins prononcés, mais jamais la roche n'est entamée profondément. On peut constater en effet que ce n'est jamais du lit rocheux du glacier que proviennent les matériaux des moraines profondes, mais bien des sommets environnant le bassin de réception, car ces moraines profondes ne sont, en somme, que des moraines superficielles englouties par les crevasses et les moulins. (M. Heim

a vu même des « tables¹ » de glaciers se précipiter au fond des crevasses). D'autre part, on voit souvent la moraine frontale d'un glacier dont le lit est creusé dans une roche spéciale (calcaire nummulitique, par exemple) ne pas contenir un seul fragment de cette roche, mais se montrer composée d'éléments différents empruntés aux montagnes environnantes.

On a également observé que, lorsque après une longue période de retrait, un glacier vient à envahir de nouveau une portion de vallée précédemment occupée par un cours d'eau, il entame dans certains cas la couche d'alluvions déposées par ce torrent et nettoie la vallée ; mais le plus souvent il se meut sur le gravier sans le chasser. Le glacier du Tour, près Chamonix, a fourni un exemple remarquable de ce fait : avant la crue (1817), la partie supérieure de la vallée était occupée par des prairies. Après la crue (1822), le sol des prairies, mis de nouveau à découvert, est apparu intact et n'a pas tardé à se couvrir de verdure.

Il semble démontré, d'après ce qui précède, que l'influence érosive des glaciers est infiniment moins considérable que celle des torrents et se réduit presque exclusivement à un *déblaiement* des vallées, joint à une action de polissage caractéristique. Cette manière de voir est partagée par la plupart des observateurs contemporains, notamment en Suisse.

Telle n'est cependant pas l'opinion de certains savants qui ont attribué aux appareils glaciaires un rôle consi-

¹ V. notre précédent article.

dérable dans la production des vallées et qui en ont notablement exagéré l'action érosive.

A cette question se rattachent des considérations d'un haut intérêt sur la formation de certains lacs et sur les anciens glaciers. Nous aurons l'occasion d'y revenir dans un autre article où nous examinerons avec plus de détails les traces laissées sur le sol par les appareils glaciaires.

(A suivre.)



Organisation du Service d'observation des Glaciers dauphinois

institué par la Société des Touristes du Dauphiné.

Fidèle au programme exposé l'an dernier aux lecteurs de l'*Annuaire*, le Bureau de la Société des Touristes du Dauphiné s'est occupé cette année de donner une organisation plus complète au Service d'informations sur l'état des glaciers dauphinois et sur l'enneigement de nos montagnes.

Une Commission spéciale a été nommée pour veiller à l'exécution des mesures destinées à assurer le fonctionnement de ce service.

M. Kilian a été désigné pour centraliser et mettre en œuvre les renseignements recueillis.

Les résultats de cette enquête font l'objet d'un rapport détaillé qui figure à la suite de cette notice.

Des circulaires du modèle de celles dont nous avons donné la copie dans l'*Annuaire* de 1891 ont été envoyées aux membres de la Société et aux guides patronnés par elle. Beaucoup sont restées sans réponse ainsi qu'il fallait s'y attendre, mais plusieurs personnes nous ont fait parvenir des observations d'une réelle valeur et dont on trouvera plus bas le détail.

Parmi les guides qui ont répondu à l'appel de la Commission, il faut citer spécialement :

Barnéoud, des Claux-en-Vallouise ;

Gaillard, de la Chapelle-en-Valjouffrey ;

Édouard Pic, de la Grave ;

J.-B. Rodier fils, de la Bérarde (qui a envoyé un rapport assez remarquable accompagné de croquis (v. ci-après) ;

Chr. Turc, des Étages (Saint-Christophe) ;

Reymond, des Claux-en-Vallouise ;

Paquet, de Saint-Christophe ;

F. Bernard, du Désert-en-Valjouffrey ;

Galland, du Casset ;

Fr. Michel, d'Allemont ;

Mentionnons aussi MM. André Antoine, de Combe-Brémond, près Maurin (Basses-Alpes), et F. Arnaud, notaire à Barcelonnette, qui nous ont fait parvenir des documents intéressants sur la région de la Haute-Ubaye.

La Commission a désigné spécialement les guides J.-B. Rodier fils, à la Bérarde, Ém. Pic, à la Grave, Pierre Estienne, à la Pisse, V. Barnéoud, des Claux-en-Vallouise, J. Bois, au Monétier, pour établir en 1893 des repères sur les glaciers les plus importants de la région qu'ils habitent. Moyennant une légère rétribution, ces guides se chargeront de l'établissement de marques à la couleur verte qui permettront de se rendre un compte exact des variations ultérieures du front de nos glaciers.

M. André Antoine, de Maurin, s'est obligeamment chargé de son côté de mettre en observation les champs de glace de la Haute-Ubaye et ceux de la frontière italienne, entre le Viso et le col de la Portiolette.

Ajoutons enfin que, sur la demande du Président de la Société, M. le Général commandant le XIV^e corps d'armée a consenti à nous communiquer des documents météorologiques précieux qui nous seront d'un très grand secours pour étudier l'enneigement des Alpes françaises et ses variations; nous le prions ici de bien vouloir agréer les vifs remerciements de la Société des Touristes du Dauphiné.

L'État-major de la 27^e division d'infanterie a fait parvenir également, avec beaucoup de complaisance, à la Société des statistiques fort intéressantes sur les quantités de neige tombées et sur les températures observées dans les postes d'hiver pendant l'hiver 1892-1893.

Quatre *nivomètres* ont été construits et placés, par les soins de la Commission, dans divers points de nos massifs alpins [la Bérarde, le Lautaret], le col de Valge-laye (Basses-Alpes); ils donneront d'utiles indications sur les rapports qui existent entre l'enneigement et les variations des appareils glaciaires. Ces instruments ont été construits sur les indications d'un spécialiste, M. le professeur Forel, de Morges (Suisse).

La Société des Touristes a mis un de ces nivomètres à la disposition de M. le Général baron Berge, commandant le XIV^e corps d'armée, pour servir de modèle aux appareils similaires dont l'Administration militaire se propose de doter les postes d'hiver de la région alpine.

Le projet d'enquête glaciologique que nous soumettions, il y a une année, à nos lecteurs, est entré, comme on le voit, dans la voie d'exécution; on trouvera plus bas l'exposé des quelques résultats déjà obtenus, grâce

au concours d'un certain nombre de guides et de membres de la Société.

DESIDERATA

Qu'on nous permette, en terminant, de formuler quelques observations suggérées par la tentative que vient d'inaugurer avec une louable initiative la Société des Touristes du Dauphiné :

1^o Il serait bien désirable qu'il se trouve parmi nos membres quelques personnes qui s'adonnent sérieusement à l'étude si intéressante des glaciers. La tâche de la Commission en serait singulièrement facilitée et les résultats obtenus plus sûrs, plus nombreux et surtout plus utiles. Nous remarquons en effet avec peine qu'alors que les guides et porteurs ont répondu, à quelques exceptions près, à la circulaire qui leur a été envoyée, le questionnaire adressé à la partie la plus éclairée du public, aux Touristes, est resté sans réponse. On s'explique mal cette indifférence de la part de personnes qui proclament hautement leur amour pour la montagne et pour tout ce qui s'y rattache. Il est bien difficile cependant, dans une semblable entreprise, de se passer du concours d'amateurs instruits et observateurs.

On ne peut s'attendre à ce qu'une seule et même personne, surtout lorsque ses occupations journalières et ses études professionnelles l'empêchent de se consacrer entièrement à la glaciologie, se rende compte par elle-même de tous les détails que comporte l'observation des nombreux champs de glace que renferment nos massifs dauphinois. Nous n'hésiterions pas,

si l'espoir nous était enlevé de susciter des adeptes à cette œuvre qui présente, à côté d'un réel intérêt scientifique, une incontestable utilité pour l'avenir de notre pays, à renoncer d'ores et déjà à une entreprise *que le manque de collaborateurs éclairés rendrait complètement illusoire.*

2^o Les circulaires adressées au personnel (guides) de la Société ont été rédigées d'une façon aussi explicite que possible; des questions y sont posées nettement et il semble qu'il soit facile de remplir, au moins en partie, ce questionnaire, pour peu qu'on y mette un peu d'attention. Pourquoi faut-il que beaucoup d'entre elles soient restées sans résultats, alors qu'on nous envoie le plus souvent des renseignements insignifiants et ne remplissant pas le but que nous nous proposons, tels que des indications sur l'état des sentiers, la consistance de la neige, etc. Les guides et porteurs feront bien à l'avenir de chercher à répondre *exactement* aux questions de la circulaire, en se bornant à ce travail, ils rendront plus de services qu'en indiquant mille détails superflus sans donner les renseignements qui leur sont demandés.

W. K.

OBSERVATIONS SUR LES GLACIERS
DU DAUPHINÉ.

1893.

Le désir de la Société des Touristes, en instituant une enquête sur les glaciers du Dauphiné, est de fournir aux glaciologistes, dans la mesure de ses moyens, une série de documents destinés à faciliter la solution des grands problèmes météorologiques, tels que l'explication des variations si importantes constatées dans les appareils glaciaires. Elle espère aussi contribuer par ces observations à éclaircir dans une certaine mesure l'avenir réservé à nos massifs montagneux.

Nous croyons donc servir les intentions de la Société en reproduisant ici, à côté des observations recueillies par notre Commission, les précieuses statistiques réunies avec tant de soin par le prince Roland Bonaparte et publiées par lui dans le dernier *Annuaire* du Club Alpin Français.

Groupés ainsi chaque année en un faisceau homogène, ces renseignements pourront plus facilement être consultés et comparés lorsque l'heure arrivera d'en faire la synthèse et d'en déduire des conclusions théoriques. L'étude critique des faits relatés dans nos rapports ne pourra en effet donner que dans quelques années des résultats d'une portée un peu générale sur la marche de nos glaciers et sur leur avenir probable.

Lorsque le moment sera venu de recueillir les fruits de tant de travaux accumulés, la Société des Touristes du Dauphiné s'estimera heureuse d'avoir apporté sa part de matériaux à l'œuvre commune.

A. — RENSEIGNEMENTS FOURNIS AU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ PAR LES GUIDES ET PAR DIFFÉRENTES PERSONNES.

1^o MASSIF DU PELVOUX. — RÉGION NORD-OUEST.

Glacier des Étançons. — Gonflement notable. (6 juillet et 18 août. Guide : Chr. Turc.)

Glacier du Plaret. — Stationnaire. — Crevassé. (8 juillet, 9 août et 15 septembre. Guide : Chr. Turc.)

Glacier du Mont-de-Lans. — Dans sa partie nord, il est actuellement très crevassé, principalement depuis sa base jusqu'au col des Ruillans où le passage devient impossible. Dans la partie de Muretouse et du Moussé il en est de même ainsi qu'entre l'Alp et Roche-Mantel. (Guide : Édouard Pic, de la Grave.)

Stationnaire. Neige dure. (17 juil. Guide : Chr. Turc.)

Glacier de la Lauze. — Stationnaire. Neige moins dure. (3 août. Guide : Chr. Turc.)

Le guide Édouard Pic, de la Grave, a établi des repères dans les glaciers du *Tabuchet*, du *Mont-de-Lans*, des *Étançons* et à divers points du *Glacier Noir*.

Glacier du Vallon (ou du Rateau). — Depuis 1869, époque où le guide Édouard Pic avait déposé, en compagnie de deux amis, une bouteille au bas du rocher des Enfetchores de droite, bouteille encore visible actuellement, le niveau a baissé de 3^m 50. *Trois moraines* se sont formées dans la partie des Enfetchores de droite. Les moraines naissantes, qui se développent chaque année, remplacent aujourd'hui les anciennes

crevasses remplies d'eau. A la partie supérieure du glacier, sur la droite des Enfethores de droite, le rocher est entièrement découvert par suite de la descente d'une quantité considérable de glace. (Édouard Pic.)

Glacier de la Meije. — En 1860, on exploitait la glace à 150 mètres des chalets de la Chalp-Vachère sur 12^m de hauteur. Le glacier a, depuis ce moment, subi un recul de 150^m. (Guide : Édouard Pic.)

Gonflement du côté de la Grave. (18 août. Guide : Chr. Turc.)

2° — MASSIF DU PELVOUX. — RÉGION NORD.

Glacier des Cavales. — Ce glacier diminue, d'après Ed. Pic, moins sensiblement que les autres. Ce guide y a pratiqué des points de repère.

Augmentation très sensible. — (2 sept. Guide : Chr. Turc.)

Glacier du col des Cavales. — Progression. (21 août. Guide : Chr. Turc.)

3° MASSIF DU PELVOUX. — RÉGION SUD-EST.

Glacier Blanc. — De 1800 à 1860, ce glacier aurait, d'après le guide Barnéoud, des Claux, *progressé* d'environ 3 kilomètres ; depuis cette époque, jusqu'en 1891, il aurait *reculé* de 2 kilomètres. De 1891 à 1892, il a de nouveau *avancé* de 20 mètres.

Il est sillonné de nombreux ruisseaux (20 juin 1892).

Son côté droit s'est notablement abaissé entre le refuge Tuckett et le Serre-Soubeiran (Guide : Barnéoud¹).

¹ On remarquera que ces renseignements ne sont pas entièrement d'accord avec ceux que relate le prince R. Donaparte, en ce qui concerne le passé du Glacier Blanc. En revanche, tous les observateurs sont d'accord sur sa crue actuelle.

Gonflement; léger avancement (1892). Guide : Reymond.

Glacier Noir. — Vers 1840, ce glacier était réuni au Glacier Blanc, au bout du pré de M^{me} Carle; les eaux des deux glaciers sortaient de la même grotte. Ils sont restés joints jusqu'en 1860, et, depuis cette époque, le Glacier Noir s'est retiré de près de 2 kilomètres. Il diminue actuellement encore *dans sa partie inférieure.* (Barnéoud.)

Le guide Reymond, des Claux, a constaté, en observant une marque faite par lui, il y a quatre ans, au passage qui porte son nom (Carte Guillemin), un *gonflement* notable; le niveau s'est exhaussé de 1 m. 48 en cet endroit.

Crevasses moins développées; névés plus abondants qu'en 1891, mais diminution très sensible depuis cinq ans, date à laquelle il n'existait que peu ou point de crevasses; le passage de ce glacier exige maintenant beaucoup plus de prudence et d'attention. (Guide : Édouard Pic, de la Grave.)

Le 15 août. Le Bergschrund a 3 m. de largeur. (Guide : Chr. Paquet.)

Dépression notable. 10 août. (Guide : Ch. Turc.)

Glacier des Écrins. — Se déprime un peu. — (5 août. Chr. Turc.)

Glacier de la Momie. — Augmentation notable. (Guide : Reymond.)

Glacier des Violettes. — Stationnaire depuis un an. (Reymond.)

Glacier du sommet du Pelvoux. — Il augmente à sa partie supérieure vers le couloir Tuckett; il a descendu d'environ 10 m. Sa prolongation, qui est le Glacier du Clot de l'Homme, est en augmentation, mais ne peut

s'allonger, car son extrémité se casse pour tomber en avalanche. (Guide : Reymond.)

Glacier Sans-Nom. — Gonflement général. (Guide : Reymond.)

Glacier du Sélé. — En pleine croissance sur le plateau supérieur; sur le plateau inférieur, il tend à diminuer. (P. Reymond, des Claux.)

Glace vive et crevassée du pied jusque vers le milieu; plus haut couvert de vieille neige. (Sept^{re}. Guide : Paquet.)

Le *Glacier de la Pilatte*¹ occupe le fond de la vallée de la Pilatte. Il est encaissé dès la base et remonte jusqu'à une arête rocheuse que traversent les cols du Sélé, au Sud-Est, de la Pilatte et des Bans au Sud. La pente de ce glacier est régulière de son extrémité inférieure à un premier plateau. Ce premier plateau est séparé d'une deuxième plateforme plus élevée par une pente un peu plus raide que la première. Plus haut, viennent de grandes pentes qui remontent jusqu'aux cols indiqués ci-dessus (V. fig. 1).

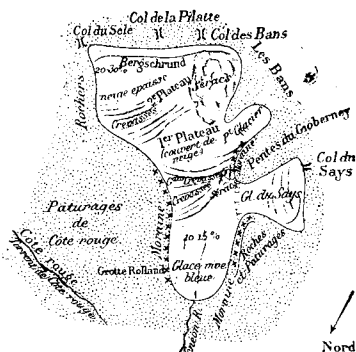


Fig. 1.

¹ Nous avons cru devoir reproduire ici, malgré quelques

Le glacier est généralement recouvert de neige récente ou vieille, suivant la saison. La moyenne de neige qui recouvre la glace, surtout dans la partie supérieure, est toujours d'environ 40 cent. La partie inférieure du glacier, en revanche, est presque toujours de glace vive; on n'y remarque ni bandes bleues ni chutes de glace.

Les crevasses sont profondes et nombreuses; elles présentent une teinte bleue en profondeur. Il y a aussi des séracs. De nombreux filets d'eau sillonnent sa surface vers son extrémité. Il n'y a point de moraine médiane ni de moraine frontale; les moraines latérales sont bien développées.

Aucun lac à signaler dans le voisinage.

Le glacier *recule* depuis de longues années; il continue à se retirer. Au dire des habitants les plus âgés du village de la Bérarde, il atteignait jadis presque le torrent de Côte-Rouge. En tous cas, son front a reculé d'environ cinq mètres.

Crevassé, mais pas extraordinairement.

Le 14 septembre, glace vive du pied jusqu'au milieu du glacier; plus haut, vieille neige tendre. (Paquet, guide.)

Diminution notable. Une grotte s'est formée récemment; elle a 100 m. de long et 1 m. 80 de hauteur. (31 août. Guide : Chr. Turc.)

Gonflement sur la partie supérieure. (P. Reymond, des Claux.)

Glacier de la Temple. — Situation actuelle d'après le guide Gaillard, de la Chapelle-en-Valjouffrey. Placé à

défectuosités et certains défauts de proportions, un croquis de ce glacier que le guide J.-B. Rodier fils, de la Bérarde, a dressé avec une remarquable sagacité.

3,000 m. de la Temple, dans un fond de vallée, au pied S.-O. du pic Coolidge. Quelques petites crevasses sur la droite. Dans le haut, une crevasse un peu plus importante. Séracs bleus et pente raide vers le haut. Dans la partie Nord (Allée-Froide), le glacier descend par une cheminée assez pierreuse (neige molle) et forme un glacier de 500 à 550 m. de longueur, allongé dans la vallée et se terminant à la source du torrent des Écrins. Séracs; glace crevassée, assez pierreuse; dans le bas on observe des *bandes boueuses*. Pente douce dans le bas.

Grandes moraines au bout du glacier.

Stationnaire. (20 septembre. Guide : Ch. Turc.)

Glacier de la Bonne-Pierre. — Ce glacier, très étroit, surtout dans sa partie inférieure, est très encaissé. On remarque dans sa portion terminale trois moraines latérales dont l'une (riveraine), qui semble très ancienne, est gazonnée en aval et dans le prolongement de la pyramide du Refuge (V. figure 2). La surface du glacier est inclinée d'environ 8 à 10 centimètres par mètre. Des

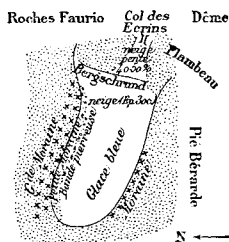


Fig. 2.

sources jaillissent entre le refuge et la grande moraine.

Le glacier est *en décroissance* depuis environ vingt ou trente ans. (J.-B. Rodier, de la Bérarde.)

Le *Glacier du Chardon* est encaissé au fond de la vallée de Clot-Châtel et très allongé. Il est alimenté par le glacier des Rouïes au S.-O., et par la branche du glacier qui remonte au S.-E. jusqu'au col du Chardon. (V. le croquis ci-joint (fig. 3) dû au guide J.-B. Rodier). La

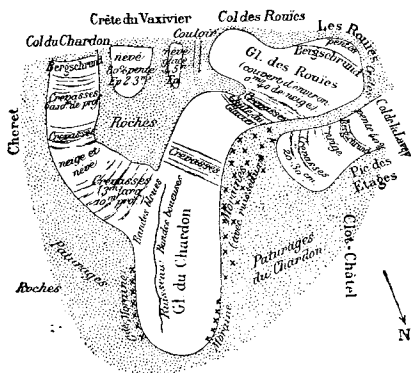


Fig. 3.

partie inférieure du glacier est recouverte de pierres plus ou moins grosses; au pied du glacier jaillit le torrent du Clot-Châtel, dit torrent du Chardon. De la partie inférieure au fond, la pente est très douce (environ 10 centimètres par mètre). Il n'y a aucune grotte remarquable à signaler, mais sa surface présente quelques *moulins* dans lesquels s'engouffrent les ruisseaux de la surface. Il n'existe pas de lac dans le voisinage. Quelques ruisseaux venant des cimes du Chardon tombent dans le glacier. Le glacier du Chardon se termine en ligne droite, à sa partie inférieure au pied Nord-Ouest de la cime de Chéret. Il est *en décroissance* depuis trente années environ.

Diminution très sensible. Deux grottes de 15 mètres de longueur et 1 m. 50 de hauteur environ se sont ouvertes récemment. (7 sept. Guide : Ch. Turc.)

4^o — MASSIF DU PELVOUX. — RÉGION SUD-OUEST.

Petit glacier de la Grande-Aiguille. — Se déprime un peu. (Chr. Turc, guide ; 7 août.)

Glacier de l'Olan. — Recul d'environ 350 m. depuis quarante ans. En pente douce. (Fr. Bernard, guide.)

Glacier du Fond de Turbat. — Son niveau a baissé d'environ 100 m. depuis quarante ans. (Fr. Bernard, guide.)

Glacier du grand vallon Turbat. — État actuel d'après le guide P. Gaillard, de la Chapelle-en-Valjouffrey : Situé sur un plateau circulaire. Très peu crevassé ; formé dans le haut de neige dure et de névés minces, avec un peu de glace. Largeur environ 20 m. Source dans le bas. Pente moyenne, s'accroissant dans le haut. Très peu de moraines dans le bas. Alimente un très petit lac dans le fond de la vallée de Turbat, le lac Lallevé. *Raccourcissement observé*, 10 m.

Glacier du Grand-Vallon. — Recul d'environ 300 m. depuis quarante ans ; dans le même temps son niveau a baissé de 100 m. La moitié de ce glacier est en pente douce, et l'autre à peu près horizontale. (Fr. Bernard, guide.)

Glacier de la Haute-Pisse. — Recul de 350 m. depuis quarante ans ; dans le même temps son niveau a baissé d'environ 10 m. En pente douce. (Fr. Bernard, du Désert-en-Valjouffrey.)

Glacier des Marmes (ou coin Charnier). — Situation

actuelle d'après le guide Gaillard, de la Chapelle-en-Valjouffrey : Large, non crevassé ; dans le bas une source avec une petite cascade. Moraines ordinaires ; moraine frontale nette, pente moyenne ; rétrécissement : 25 à 30 m.

État *stationnaire*.

Glacier de la brèche de Valsenestre. — Situation actuelle d'après le guide P. Gaillard, de la Chapelle-en-Valjouffrey : Du côté du lac Lauvitel, il s'allonge sur un plateau. Il n'est pas crevassé. Le commencement du glacier est à 25 m. de la brèche : largeur, 150 m., longueur 150 m. Il y a des moraines. Le lac Lauvitel est voisin du glacier d'où sort un torrent.

État *stationnaire*.

5° MASSIF DU PELVOUX. — RÉGION NORD-EST.

Le guide Galland, *du Casset*, a remarqué que, dans sa région, les glaciers sont fortement en diminution et deviennent beaucoup plus accidentés.

Glacier de Séguret-Foran. — En *diminution*. La moraine latérale se découvre. (Guide : Reymond, des Claux.)

6° RIVE DROITE DE LA ROMANCHE.

Glacier du Goléon. — Stationnaire. (10 août. Guide : Chr. Turc.)

Le *glacier Lombard* a, depuis 1878, diminué de 3^m30 dans sa partie Nord, à la base de l'Aiguille de la Saussaz, et il s'est beaucoup crevassé. Dans sa partie inférieure, il s'est *retiré* de 200 m. et son niveau a baissé de 11 m. Dans sa partie supérieure, la diminution est

bien moins sensible. (Guide : Édouard Pic, de la Grave.)

Nous avons visité ce glacier en août en compagnie du guide Émile Pic et de M. P. Pons.

Il possède une ancienne *moraine riveraine* d'une grande importance, ce qui donne la mesure de son ancienne extension. On remarque aussi une petite *moraine frontale* de 8 à 10 m. d'épaisseur. La surface présente de petites *crevasses* transversales, en courbe à convexité dirigée vers l'extrémité inférieure du glacier. Ces crevasses, d'une largeur de quelques centimètres à peine, se ressoudent vers le bas. Dans le haut du glacier, elles sont plus importantes et accompagnées de quelques *séracs*.

Des *crevasses radiales* croisent les *crevasses transversales* dans la partie inférieure du glacier. De nombreux blocs épars, ainsi que des impuretés enfoncées dans la glace (par suite de la fusion), se font également remarquer. La pente, assez douce dans la partie moyenne, s'accroît en un talus assez raide vers l'extrémité.

D'après Émile Pic, le glacier Lombard a beaucoup reculé ; il y a dix ans environ, il s'étendait jusqu'à l'extrémité d'un escarpement de schistes noirs, et atteignait une petite cascade qui se trouve en cet endroit. Il a donc reculé d'environ 150 m. à 200 m. Depuis l'an passé, le recul a été de quelques mètres.

L'examen des blocs et moraines met en évidence d'une façon frappante cette rapide diminution du glacier. On voit aussi que le niveau de la glace a considérablement baissé ; des rochers autrefois invisibles sont actuellement pleinement découverts.

7^o MASSIF DES GRANDES-ROUSSES.

Glacier des Rousses. — S'est beaucoup retiré depuis une année. (Fr. Michel, guide d'Allemont. 11 août¹.)

Glacier des Quirliès. — En voie de *recul*; il se retire en laissant à son front des moraines. (11 août. Fr. Michel.)

Glacier de Saint-Sorlin. — La grande crevasse s'accentue. (Fr. Michel.)

8^o DIVERS.

Glacier du Dévoluy. — D'après le guide Fr. Bernard, du Désert-en-Valjouffrey, ce glacier s'est retiré d'environ 300 m. depuis quarante ans. Son niveau a baissé d'environ 100 m.

9^o HAUTE-UBAYE ET BASSES-ALPES.

M. F. Arnaud, de Barcelonnette, s'est déclaré tout disposé à mettre en observation les quelques petits glaciers des Basses-Alpes. (*Glacier du Grand-Rubren*, à 48 kil. de Barcelonnette, *Glacier de Marinet*, à 35 kil. de cette ville, et *petit Glacier* (ou plutôt névé) *de la Blanche*, à 30 kil. environ, (16 kil. à vol d'oiseau) au s. o., dans la vallée du Laverçq.

Notre confrère fera son possible pour trouver à Maurin et au Laverçq des hommes de bonne volonté disposés à exécuter le repérage.

¹ D'après le prince R. Bonaparte, il aurait au contraire de tendances à avancer (V. plus bas.)

M. André Antoine, de Combe-Bremond près Maurin, nous communique les indications suivantes :

« Les *glaciers de Marinnet* sont à une altitude comprise entre 2,780 et 3,400 m. La partie moyenne forme quelques grands plateaux à inclinaison douce, la partie inférieure est en pente, et à tel point recouverte de débris de pierres qu'en certains endroits il est difficile de reconnaître le glacier des anciennes moraines. La partie supérieure est en pente très accentuée et est séparée de la partie moyenne par une *grande crevasse transversale* qui, d'après des renseignements que j'ai pris, a environ 2 m. de large. Les eaux qui coulent en été en grande quantité à la surface du glacier, s'infiltrant dans la moraine et il n'en sort qu'une petite quantité dans le bas. »

« Quelques petits *lacs* aux alentours, dont un n'est alimenté par aucun ruisseau et n'a aucun débouché visible. La carte d'état-major dressée en 1855 en signale trois dans le bas-fond de Marinnet. L'un existe encore, un autre a disparu, comblé par la moraine, et un troisième est comblé à moitié; ceux-ci sont alimentés par l'eau qui sort des moraines et donne naissance au torrent de Marinnet. »

M. André Antoine signale sur ce glacier un bloc énorme de quartzite poli à patine roussâtre, qui paraît avoir été transporté par le glacier.

« On fournira l'été prochain des documents plus détaillés et plus précis.

« Outre les *glaciers de Chillol* et de *Chauvet* qui tiennent à ceux de Marinnet (c'est l'Aiguille de Chambeyron (2.400^m d'alt.) qui limite les glaciers de Chillol), il y a un *glacier suspendu* qu'on aperçoit du col de

Girardin ; je n'ai jamais été près de ce glacier suspendu ; il doit être entre 3.000 et 3.400 m. d'alt. Il existe aussi un glacier sur la face Nord du Grand-Rubren (vallon du Loup-Longet), très en pente, mais je ne le connais pas assez pour vous donner des renseignements. Il est beaucoup moins étendu que Marinet. »

Résumé.

Sur 34 glaciers observés, 27 l'ont été comparativement à leur état antérieur¹.

Sur ces 27 glaciers ; 13 reculent ;
7 sont stationnaires ;
7 avancent.

Ajoutons qu'en ce qui concerne ceux d'entre ces glaciers qui ont été étudiés également en 1891-92 par le prince R. Bonaparte, nos renseignements concordent en général avec ceux qu'a publiés cet auteur.

On voit que malgré le mouvement rétrograde qui continue pour un grand nombre de glaciers, la croissance d'une partie de nos appareils glaciaires, signalée depuis quelques années, se manifeste toujours et il y a lieu de croire qu'elle s'accroîtra encore.

A ces données, somme toute assez satisfaisantes pour une première année de fonctionnement d'un service à peine organisé, nous joignons, comme par le passé, un extrait des observations précieuses et multipliées

¹ La plupart de ces glaciers ne sont pas ceux sur lesquels ont porté les recherches du prince R. Bonaparte.

que le prince Roland Bonaparte fait paraître depuis quelques années sous le titre: *Les variations périodiques des glaciers français*, dans l'*Annuaire du Club Alpin Français*, en nous limitant, cette année, à ce qui a trait au Dauphiné.

B. — DOCUMENTS RÉUNIS PAR LE PRINCE ROLAND BONAPARTE ET PUBLIÉS DANS L'« ANNUAIRE DU CLUB ALPIN FRANÇAIS ».

(18^e vol. 1891).

GROUPE DU PELVOUX.

Glacier du Mont-de-Lans. — Les branches du glacier qui se trouvent près du Jandri et de la Roche Mantel sont stationnaires.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Ces deux branches avaient commencé à reculer en 1857.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier de la Girose. — Ce glacier a reculé de 1867 à 1885. Léger avancement en 1883.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Glacier du Lac. — Pendant dix-huit ans, ce glacier a reculé: il a ainsi perdu 500 mètres. Ablation de 4 à 5 mètres. Stationnaire depuis seize ans.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier du Vallon. — Il y a trente ans, le front du glacier était à 300 mètres plus bas.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier de la Selle. — Ce glacier reculait en 1890; le mouvement a continué depuis.

D'après nos repères, il a reculé de 11 mètres du 20 septembre 1890 au 15 septembre 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Plaret. — Ce glacier reculait en 1890 ; en 1891 il était à peu près stationnaire, car, d'après nos repères, il a avancé de 3 mètres sur sa rive droite et reculé de 1^m70 sur sa rive gauche, du 26 septembre 1890 au 10 septembre 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Râteau. — Ce glacier, qui, en 1890, pouvait être considéré comme stationnaire, a fait depuis un mouvement en avant.

D'après nos repères, il a avancé de 13 mètres du 29 septembre 1890 au 5 octobre 1891.

Il gonfle dans sa partie supérieure.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier des Étançons. — Branche est. Ce glacier avançait en 1890 ; le mouvement a continué depuis. D'après nos repères, il a avancé d'au moins 6 mètres du 27 septembre 1890 au 9 septembre 1891.

— Branche ouest. Ce glacier avance toujours, et le petit glacier ressoudé, dont nous avons parlé l'année dernière, augmente doucement d'épaisseur.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier Carré. — Ce glacier, fortement encaissé, ne change pas de forme.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier de la Meije. — Ce glacier, qui avançait en 1890, s'est arrêté depuis, la distance du front du glacier à nos repères étant la même le 30 septembre 1890 et le 5 octobre 1891.

Gonflement sensible.

La jonction du glacier supérieur et du glacier inférieur est maintenant un fait accompli.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Tabuchet. — Ce glacier avance toujours comme en 1890.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Bec de l'Homme. — De 1878 à 1889, ce glacier a avancé de 130 mètres environ et a augmenté d'épaisseur. Puis il est devenu stationnaire.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier de l'Homme. — En 1890, ce glacier avançait, le mouvement a continué depuis. D'après nos repères, il a avancé de 23 mètres du 15 octobre 1890 au 10 octobre 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Clot des Cavales. — Ce glacier n'a pas bougé d'une façon sensible depuis l'époque où nos repères ont été placés (1890).

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier de la Grande-Ruine. — Ce glacier reculait en 1890 ; le mouvement a continué depuis.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier de la Casse-Déserte. — Ce glacier recule.

(Roderon, 31 janvier 1890.)

Glacier de la Plate des Agneaux. — Ce glacier, qui reculait encore en 1890, est resté stationnaire depuis. La distance du front du glacier à nos repères était la même le 20 octobre 1890 et le 7 octobre 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier de Tombe-Murée. — Ce glacier avance.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier des Agneaux. — Ce glacier avançait en 1890 ;

le mouvement a continué depuis. Il se gonfle dans sa partie supérieure.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier d'Arsine. — En 1890, ce glacier était stationnaire ou bien reculait légèrement ; en 1891, il était à peu près stationnaire.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Casset. — Ce glacier avançait en 1890, le mouvement a continué depuis.

D'après nos repères, il a avancé de 39 mètres du 4 octobre 1890 au 11 octobre 1891. Gonflement sensible.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier des Prés-les-Fonds. — Ce glacier, qui avait presque disparu il y a une dizaine d'années, s'est reformé en 1890 et a beaucoup augmenté en 1891.

(M. Izoard, 11 octobre 1891.)

En 1882, ce glacier avait presque disparu, et cependant en 1868 il avait une épaisseur énorme.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Glacier du Monétier. — Ce glacier avançait en 1890 ; le mouvement a continué depuis.

D'après nos repères, il a avancé de 12 mètres du 6 octobre 1890 au 12 octobre 1891.

Gonflement sensible.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier de Séguret-Foran. — En 1890, ce glacier reculait ; il en a été de même en 1891.

D'après nos repères, il a reculé de 8 mètres du 9 octobre 1890 au 16 octobre 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier Blanc. — Ce glacier avance depuis cinq ou six ans ; en 1890 et 1891 le mouvement a continué.

D'après nos repères, il a avancé de 41 mètres du 10 octobre 1890 au 15 octobre 1891.

Gonflement considérable.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Autrefois, le glacier Blanc et le glacier Noir se confondaient à leur base ; depuis 1876 ils sont séparés.

(M. P. Guillemin, 1886.)

Glacier de la Bonne-Pierre. — Ce glacier reculait en 1890 ; le mouvement a continué en 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 7 septembre 1891.

Glacier du Vallon de la Pilatte. — Ce glacier recule ou est stationnaire.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 8 septembre 1891.

Glacier de la Coste-Rouge. — Ce glacier a beaucoup reculé, si l'on en juge par les moraines qu'il a laissées en avant de son front. Il recule encore.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier Noir. — En 1890 ce glacier reculait ; le mouvement a continué depuis.

D'après nos repères, il a reculé de 10 mètres du 11 octobre 1890 au 15 octobre 1891.

Il diminue d'épaisseur.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Ce glacier aurait commencé à reculer il y a vingt-cinq ans.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier Sans-Nom. — Ce glacier, qui paraissait augmenter en 1890, serait devenu stationnaire en 1891. Les dimensions du cône de glace auraient diminué.

(Pierre Estienne, 3 février 1892.)

Glacier du Clot de l'Homme. — Ce glacier est stationnaire, mais il augmente d'épaisseur.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier de la Momie. — De 1866 à 1878, il a eu l'apparence qui lui a valu son nom. Depuis, sa forme a changé à cause de l'affaissement du glacier.

En 1888 on voyait surgir beaucoup de rochers qui, autrefois, étaient recouverts par la glace.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Glacier des Violettes. — Ce glacier est stationnaire.

(Pierre Estienne, 7 janvier 1892.)

Glacier de Veiro-Clote. — Ce glacier n'a pas cessé de reculer de 1866 à 1888.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Glacier du Sélé. — Ce glacier reculait encore en 1890; depuis il est devenu stationnaire.

La distance qui séparait son front de nos repères était la même le 13 octobre 1890 et le 13 octobre 1891.

(Roderon, 31 janvier 1891.)

Ce glacier avait commencé à reculer il y a quinze ou seize ans, et sa partie inférieure a diminué d'épaisseur.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

En 1867, 1868, 1869 et 1874, le glacier avait un front superbe de séracs et de cavernes; en 1877, tout cela avait disparu.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Glacier de la Pilatte. — Depuis vingt-cinq ou trente ans, ce glacier a reculé de 600 à 700 mètres. En 1890, il reculait encore; le mouvement a continué en 1891.

La grande coulée au-dessous de l'étranglement du glacier diminue d'épaisseur.

(Roderon, 31 janvier 1891.)

En 1879, le pied du glacier était à l'altitude de 2,045 mètres.

(M. Ch. Rabot, 24 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 3 septembre 1891.

Glacier du Col du Sellar. — En dix ans, ce glacier a reculé de 140 mètres. Son épaisseur a considérablement diminué. Dans sa région supérieure on voit surgir des roches qui autrefois étaient recouvertes par la glace ; ses pentes sont devenues moins raides.

(Philomen Vincent, 8 janvier 1892.)

Ce qui précède nous a été confirmé par M. Paul Guillemain, le 25 février 1892.

Glacier du Chabournéou. — Ce glacier recule lentement. Il ne diminue pas d'épaisseur.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier du Sirac. — Ce glacier recule très lentement, environ 15 mètres en dix ans. Il ne diminue pas d'épaisseur.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier du Pic de Parières. — Ce glacier a reculé de 50 mètres en huit ans, sans diminuer d'épaisseur.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier de Crupillouze. — Ce glacier a un peu reculé depuis dix ans, 50 mètres environ, en diminuant légèrement d'épaisseur. Le lac si curieux qui se trouve au milieu du glacier perd sa glace plus tôt qu'il y a dix ans.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier du Man-Cros. — En dix ans, ce glacier a reculé de 100 mètres et perdu 5 à 6 mètres d'épaisseur.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier du Chardon. — Ce glacier reculait en 1890 ; ce mouvement a continué en 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Ce glacier diminue d'épaisseur.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier du Fond ou de la Muande. — Ce glacier reculait en 1890; le mouvement a continué en 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier du Gioberney (du Says ou de Condemine.) — Ce glacier a reculé au moins de 100 mètres en dix ans. Il ne diminue pas d'épaisseur.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier de la Roche du Lauzon. — Ce glacier est situé au Sud du col des Rouies et à l'Ouest du Vaxivier. Il recule, mais il ne diminue pas d'épaisseur.

(Philomen Vincent, 8 janvier et 6 mars 1892.)

Glacier du Lauzon. — En dix ans, ce glacier a reculé d'au moins 50 mètres.

(Philomen Vincent, 7 janvier 1892.)

Glacier de la Lavey. — Ce glacier a beaucoup reculé. Larges crevasses.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

En 1878, Gaspard disait qu'il y a vingt ans ce glacier était réuni à celui du Fond.

(Salvador de Quatrefages, 1878.)

Glacier du Vallon des Étages. — Ce glacier reculait en 1890; le mouvement a continué en 1891.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Ce glacier recule et diminue d'épaisseur.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

En 1879, le pied du glacier se trouvait à l'altitude de 2,060 mètres.

(M. Ch. Rabot, 24 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 12 septembre 1891.

Glacier des Sellettes. — Ce glacier avançait en 1890 ; le mouvement a continué en 1891. La crue du glacier aurait été de 70 à 80 mètres pendant ces dix dernières années.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier d'Olan. — Depuis dix ans ce glacier aurait reculé de 50 mètres. Des rochers hauts de 20 mètres ont surgi à sa surface.

(Philomen Vincent, 8 janvier 1892.)

Glacier d'Entre-Pierroux. — En 1890 nous n'avions que des renseignements contradictoires relativement aux variations de ce glacier, mais en 1891 il a commencé son mouvement en avant. Sur son front la moraine est soulevée par la glace, mais elle ne forme pas encore bourrelet.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 19 septembre 1891.

Glacier de la Mariande. — Ce glacier, qui avançait déjà en 1890, a fait depuis un fort mouvement en avant, 15 à 20 mètres au moins. La coulée ouest a atteint la base de la barre de rochers sur laquelle elle se brisait ; elle pousse devant elle un bourrelet de débris.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Depuis vingt ans ce glacier reculait, mais le mouvement s'était ralenti dans ces dernières années.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Glacier du Pierroux. — En 1890, ce glacier reculait encore ; en 1891, il avançait.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Depuis vingt ans ce glacier reculait et diminuait d'épaisseur.

(Bouillet, 5 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 13 septembre 1891.

Glacier du Vallon de Lanchâtra. — En 1890, ce glacier reculait, le mouvement a continué en 1891. D'après nos repères, du 18 octobre 1890 au 21 septembre 1891, la branche ouest a reculé de 14 mètres et la branche est de 8 mètres seulement.

L'aspect général du glacier est toujours le même, cependant les premières pentes sont devenues moins raides.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Les 34 glaciers étudiés par le prince R. Bonaparte en 1890 se répartissaient de la façon suivante :

13 avançaient ;

14 reculaient ;

2 étaient stationnaires ;

5 avaient donné lieu à des observations contradictoires.

Les mêmes glaciers étudiés en 1891 se décomposent comme suit :

13 avancent ;

10 reculent ;

9 sont stationnaires ;

1 a donné lieu à des observations contradictoires ;

1 pas de renseignements.

Les 13 glaciers qui avancent en 1891 sont les mêmes qu'en 1890, sauf :

Le *glacier de la Meije*, qui est devenu stationnaire ;

Le *glacier Sans-Nom*, également ;

Le *glacier d'Olan*, qui recule.

Ils ont été remplacés par :

Le *glacier du Râteau*, qui était stationnaire;

Le *glacier d'Entre-Pierroux*, sur lequel nous n'avions que des renseignements contradictoires;

Le *glacier du Pierroux*, qui reculait.

On voit donc qu'il n'y a à signaler que deux glaciers comme ayant commencé à s'allonger depuis 1890.

GROUPE DES ROUSSES ¹

Glacier de Sarennes. — La partie inférieure de ce glacier est peu épaisse et nullement tourmentée.

Ce glacier recule ou est stationnaire.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marques rouges placées le 25 septembre 1891.

Glacier du Grand-Sablat. — Ce glacier est peu important; il a beaucoup diminué et il recule encore.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier des Quirlies. — Le front du glacier est très étendu et la glace y est très épaisse. Partout le glacier plonge sous la moraine et la soulève en bourrelet qu'il pousse devant lui, sauf sur la rive droite où la glace se brise au sommet d'un îlot rocheux.

D'après des renseignements recueillis à Clavans, il y a vingt-cinq ou trente ans, le glacier arrivait jusqu'aux rochers à pic qui se trouvent au-dessus des chalets Aubert. Aujourd'hui il est éloigné de cet endroit d'au moins 400 mètres.

Ce glacier avance très probablement.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marque rouge placée le 26 septembre 1891.

¹ D'après le prince R. Bonaparte.

Glacier de Saint-Sorlin. — Ce glacier se termine en pente douce. Il recule encore.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marque rouge placée le 29 septembre 1891.

Glaciers de la Cochette. — Ces glaciers ont presque complètement disparu. Il ne reste plus que quelques plaques de glace collées contre les pentes de la Cime de la Cochette au-dessus du col du Couard.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Glacier des Rousses. — Sous le sommet Sud, le glacier forme un plateau d'où s'avance une coulée de glace assez forte dans la direction du lac de la Fare. A l'époque où les levés de la carte au 80,000^e ont été exécutés, le glacier baignait dans ce lac. Actuellement, il en est éloigné d'environ 80 mètres.

Ce glacier doit avancer, car en avant de la coulée dont nous venons de parler il existe un assez fort bourrelet de débris soulevés par le glacier, qui plonge au-dessous.

(Roderon, 31 janvier 1892.)

Marque rouge placée le 30 septembre 1891.

GROUPE DU QUEYRAS¹.

Glacier d'Asti. — Ce glacier couvre toute la vallée supérieure de Ruines sur une longueur de 800 mètres. Il est à peu près plat.

Il a beaucoup diminué de 1868 à 1879.

(M. P. Guillemain, 17 décembre 1891.)

Glacier d'Aiguillette. — Ce glacier ne se compose que de longues bandes de glace pure, souvent cachées

¹ D'après le prince R. Bonaparte.

par une couche de boue et de pierres et qui remontent jusque vers l'arête.

De 1868 à 1879, le glacier a presque disparu.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Glacier de Valante (Italie). — Ce glacier, sur le versant occidental du mont Viso, ne figure pas sur la carte de la frontière des Alpes au 80,000^e.

En 1868 ce glacier reculait; il en était encore de même en 1879.

(M. P. Guillemin, 17 décembre 1891.)

Depuis que l'étude méthodique des glaciers a été entreprise en France, M. le professeur Forel, auquel nous avons emprunté, en 1891 et 1892, de précieux et utiles renseignements sur nos glaciers, a cessé de comprendre les Alpes françaises dans sa statistique annuelle des variations des glaciers.

Nous nous faisons un plaisir de rappeler les services qu'il a rendus à la connaissance de nos glaciers et nous profitons de l'occasion pour le remercier des conseils qu'il a bien voulu nous donner.

ENNEIGEMENT.

Documents fournis à la Société des Touristes du Dauphiné par l'administration militaire et par quelques membres de la Société.

Quatre *nivomètres* ont été construits par la Société d'après les indications de M. le professeur Forel, de

Morges (Suisse), auquel la science est redevable de si remarquables travaux sur la physique des glaciers.

Trois d'entre eux ont été placés dans des stations choisies par la Commission, le Lautaret (2,050^m) la Bérarde (1738 m.), le col de Valgelaye (2250 m.) près Barcelonnette, et permettront d'évaluer l'enneigement des principales régions des Alpes dauphinoises.

Un quatrième appareil a été mis à la disposition de M. le Général commandant le XIV^e corps d'armée et pourra servir de modèle pour les nivomètres que l'on se propose d'établir dans les postes d'hiver récemment créés sur les points élevés de notre frontière alpine.

La Société a décidé d'autre part qu'un instrument de ce genre serait placé dans le jardin alpin qu'elle vient d'établir sur la montagne de Chamrousse (1875 m.), à l'extrémité sud-ouest de la chaîne de Belledonne.

Lorsque tous ces nivomètres seront installés, il sera possible de se rendre un compte très exact des chutes de neige et des variations de l'enneigement dans notre région. Ce n'est qu'en 1894 que nous pourrons présenter les premiers résultats de ce service d'informations, nos instruments n'ayant été mis en place qu'au printemps de 1893. Ajoutons que l'intérêt de ces observations ne pourra se manifester qu'après une période assez longue pour qu'il soit possible de déterminer la marche générale (augmentation ou diminution), continue ou périodique, du phénomène d'enneigement.

A. — Documents fournis par diverses personnes.

Au commencement du mois d'avril 1893 la vallée de la Haute-Ubaye et les pentes qui la dominent étaient

dépourvues de neige jusqu'au col Tronchet. (M. Arnaud, de Barcelonnette.)

En avril de la même année, on pouvait, d'après M. André Antoine, aller au Grand-Rubren presque sans rencontrer de neige. Par contre, le Vallon de Mary en était encore obstrué, jusqu'à peu de distance des carrières de marbre. Le col Tronchet et le massif de Fond Sancte étaient dégarnis de neige à la même époque.

Le 17 mai 1893, d'après M. Arnaud, la neige était en train de disparaître du sommet du Chapeau-de-Gendarme (2687^m), près de Barcelonnette.

Lors d'une course d'hiver faite aux baraquements de Vyraïsse, le 7 février 1892, M. F. Arnaud a fait les remarques suivantes qui peuvent avoir un certain intérêt au point de vue des précautions à prendre dans la détermination de la température en montagne.

« Ayant des doutes sur l'exactitude du thermomètre à minima de Vyraïsse qui nous donnait, par dépêche, des températures égales à celles de Barcelonnette, j'avais apporté le mien pour le comparer. Ils sont complètement d'accord et marquent tous deux — 6 ; mais je ne m'étonne plus de la douceur relative du climat de Vyraïsse accusée par son thermomètre. On l'a cloué sur du bois, sous l'abri d'un toit en planches, *en plein midi*, dans un vrai « cagnard » et je suis certain qu'il marque cinq degrés de froid de moins qu'à l'air libre et en plein champ. »

« J'ai eu cette différence à la même fenêtre entre deux thermomètres parfaitement concordants et placés en dehors de la fenêtre l'un appliqué le long du mur sur le montant de la fenêtre et l'autre accroché à l'appuie-

main en fonte. Le premier plus abrité marquait 5 degrés de moins de froid que le second, au Nord. »

Les observations sur l'enneigement ayant peu d'intérêt à Barcelonnette même au fond d'une vallée, et présentant une plus grande opportunité au col d'Allos (2250 m.) ou de Valgelaye, la Société a, sur la demande de M. Arnaud, fait placer un nivomètre en ce point. Cet instrument est placé sous la surveillance du cantonnier et sous la direction de M. Delpit, ingénieur des ponts et chaussées.

AVALANCHES. — M. F. Arnaud, notaire à Barcelonnette, nous a envoyé la note suivante :

« Un jeune homme d'Allos, Fr. Lébre, chassant beaucoup en hiver, a été entraîné déjà cinq fois par les avalanches. La dernière fois, en 1891, il a été déterré par des camarades et n'aurait pas échappé tout seul, ayant 40 centimètres de neige sur la tête et 1 m. 50 sur les pieds. Les quatre autres fois il s'est tiré d'affaire tout seul. Ce jeune homme prétend que lorsque l'on se sent entraîné par l'avalanche, il ne faut pas chercher à se retenir, mais bien au contraire se lancer la tête en bas et *nager* avec toute la vigueur dont on est capable. En faisant énergiquement les mouvements du nageur, surtout avec les bras, on a beaucoup plus de chance de toujours se tenir près de la surface, seul moyen d'être sauvé. M. Lébre a réussi sur des distances de 150 à 400 mètres et n'a été enterré la dernière fois que parce que l'avalanche avait sauté un escarpement d'une dizaine de mètres.

« D'autres personnes qui ont également eu à faire à l'avalanche ont confirmé le dire de François Lébre, garçon énergique, sérieux et nullement vantard. »

B. — Documents météorologiques fournis par l'Administration militaire.

Nous extrayons ce qui suit des importantes statistiques que M. le général baron Berge a bien voulu communiquer à notre Société.

Un service d'observations météorologiques fonctionne régulièrement dans les stations militaires de nos Alpes qui, ainsi qu'on le verra par l'énumération ci-après, forment par leur ensemble un réseau fort étendu et très propre à fournir, par les relevés qui y sont exécutés, une idée très exacte des conditions climatiques dans les hautes régions des Alpes.

Les postes d'hiver pourvus d'instruments de météorologie sont les suivants :

Redoute Ruinée,	Altitude : 2400 ^m	} Tarentaise.
Truc,	— 1550 ;	
Chapieux,	— 1550 ;	
Séloge,	— 1750 ;	
Vulmis,	— 1070 ;	} Maurienne.
L'Esseillon,	— 1320 ;	
La Turra,	— 2500 ;	
Lans-le-Bourg,	— 1400 ;	
Le Replaton,	— 1200 ;	
Le Sapey,	— 1750 ;	
Le Replat,	— 1150 ;	
Le Télégraphe,	— 1600 ;	

Albertville,			} Environs d'Albertville.
Le Mont,	—	1180 ;	
Tamié,			
Briançon (Porte d'Embrun),	—	1275 ;	} Briançonnais.
Infernet,	—	2350 ;	
Gondran, Ouvrage C,	—	2450 ;	
— — D,	—	2420 ;	
Olive,	—	2250 ;	
Croix de Bretagne,	—	2000 ;	
La Seyte,	—	2085 ;	
La Cochette,	—	2253 ;	
Plampinet,	—	1488 ;	
Les Acles,	—	2309 ;	
Mont-Dauphin,	—	1050 ;	} Queyras.
Château-Queyras,	—	1425 ;	
Tournoux (Fort-Moyen),	—	1720 ;	
Baraquement de l'Ubaye,	—	1348 ;	} Bassin de l'Ubaye.
Vallon Claus,	—	2100 ;	
Larche,	—	1697 ;	
Roche de la Croix,	—	1900 ;	
Vyraisse,	—	2775 ;	
Baraquement de Vyraisse,	—	2500 ;	
Cuguret,	—	1850 ;	
Jausiers,	—	1250 ;	
Saint-Vincent,	—	1320 ;	

D'après les documents officiels, un neigeomètre (nivomètre) était établi par les soins de l'administration militaire du XIV^e corps d'armée, à la date du 1^{er} mai, à Briançon (Porte d'Embrun) alt. 1275 m. :

Lorsque les ressources le permettront, chacun des

postes désignés plus haut recevra le complément des instruments qui lui sont nécessaires. L'installation complète sera achevée au 31 décembre 1894.

Rappelons qu'un de nos nivomètres a été précisément mis à la disposition de l'administration militaire pour servir de type à ceux qu'elle pourra faire construire.

Les autres instruments déposés dans les postes susmentionnés sont :

- 1^o Thermomètres à maxima et minima ;
- 2^o Thermomètre sec ordinaire ;
- 3^o Baromètre ;
- 4^o Hygromètre ;
- 5^o Pluviomètre ;
- 6^o Anémomètre ;
- 7^o Des carnets d'observations pour consigner les relevés journaliers.

Ces 37 stations sont situées (sauf Albertville) à des altitudes variant de 800 à 2,775 m. (Vyraisse) ; 13 sont à des altitudes dépassant 2,000 m. et toutes les autres (Albertville excepté) à des hauteurs de plus de 1,000 m.

M. le Général commandant le XIV^e corps nous a fait parvenir également une suite de courbes représentant les variations de la température et de l'enneigement pendant l'hiver 1891-92 dans une série de postes d'hiver. — Nous les reproduisons ci-après (fig. 4 à 10).

Observations météorologiques faites sur les températures maxima et minima pendant l'hiver 1891-92.

(Fig. 4-10.)

(Documents communiqués par l'Administration militaire.)

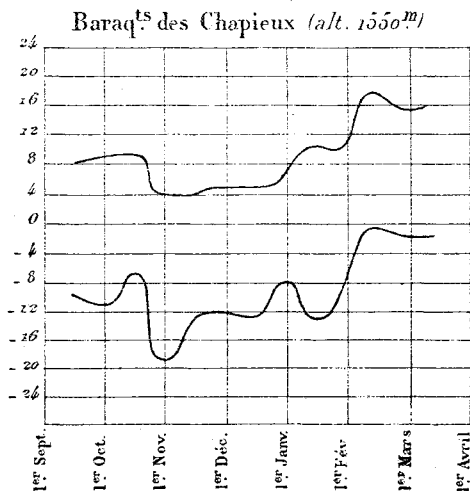


Fig. 4.

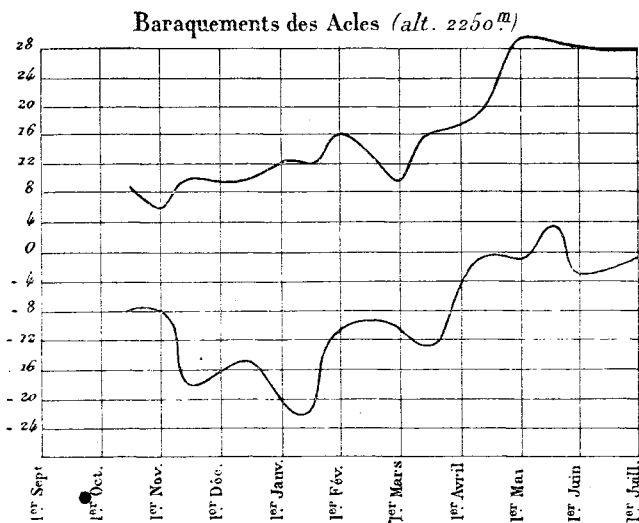


Fig. 5.

L'Olive (alt 2250^m)

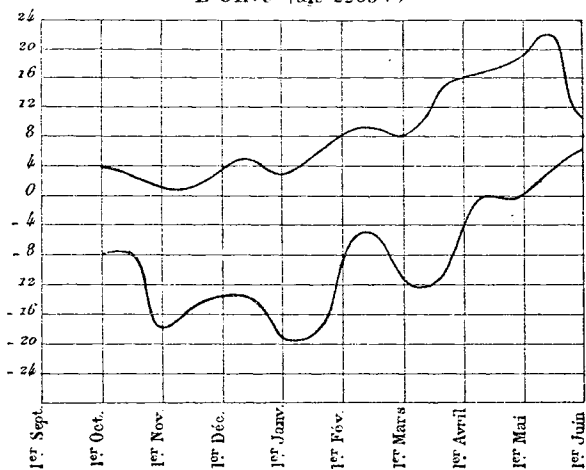


Fig. 6.

Gondran C (alt. 2450^m)

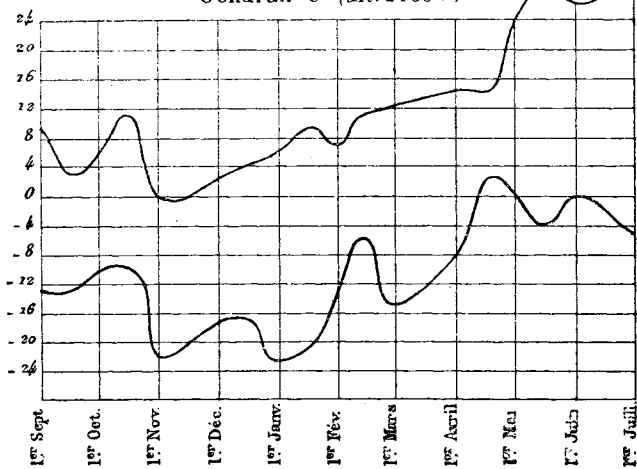


Fig. 7.

L'Infernet (alt. 2350^m)

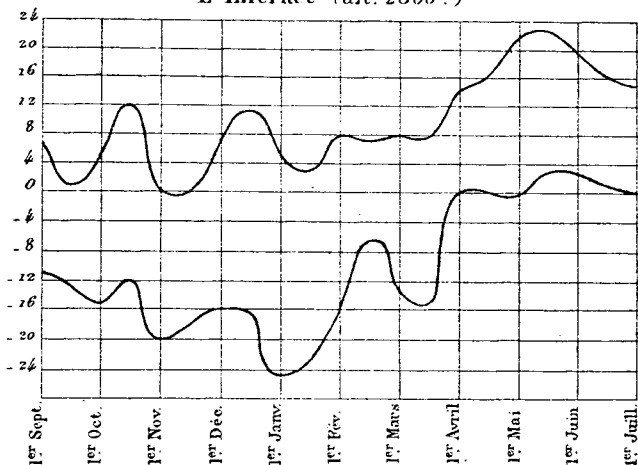


Fig. 8.

Croix de Bretagne (Alt. 2000^m)

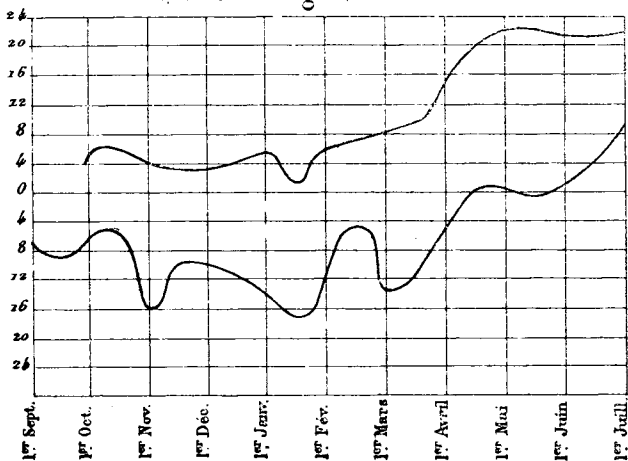


Fig. 9.

Baraquements de Vyraisse (alt. 2520^m)

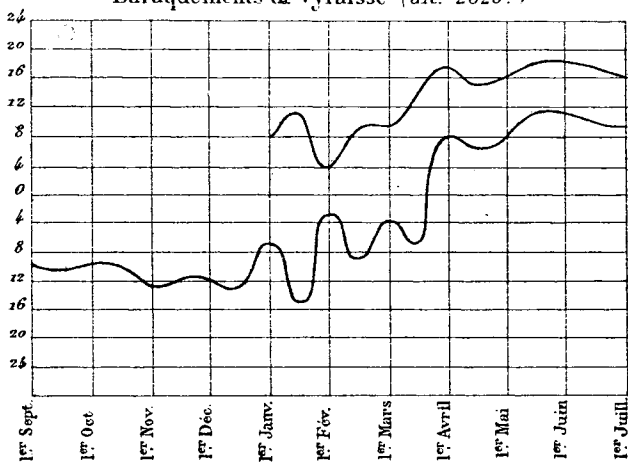


Fig. 10.

Observations faites sur la hauteur de neige pendant l'hiver 1891-92.

(Fig. 11-17.)

(Documents communiqués par l'Administration militaire.)

Baraq^ts des Chapieux (alt 1550^m)

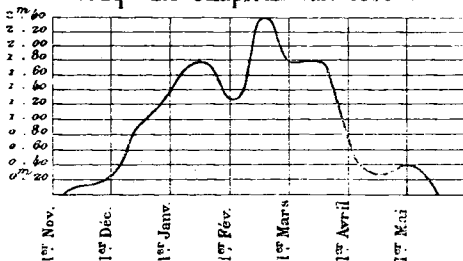


Fig. 11.

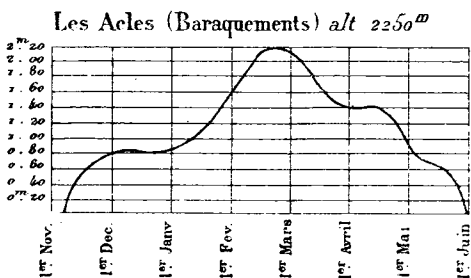


Fig. 12.

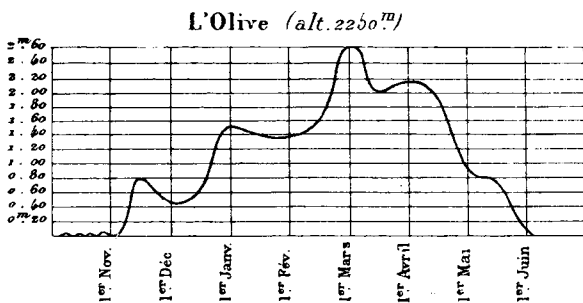


Fig. 13.

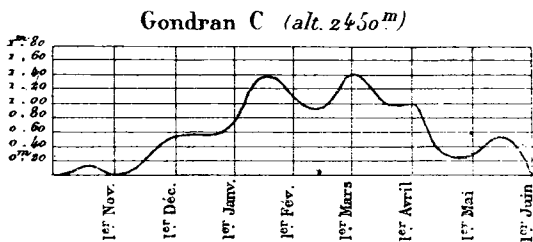


Fig. 14.

I' Infernet (alt. 2350^m)

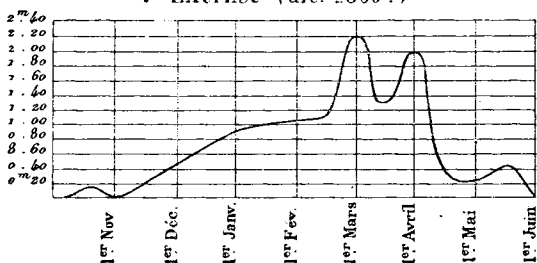


Fig. 15.

Croix de Bretagne (alt 2000^m)

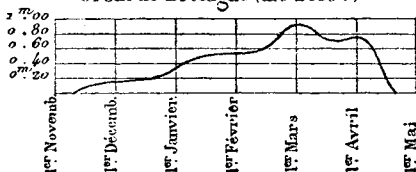


Fig. 16.

Baraquements de Vyraisie (alt. 2520^m)

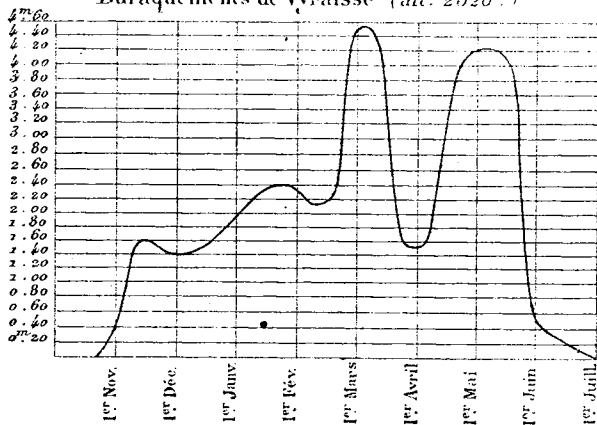


Fig. 17.

Ces courbes sont fort instructives. Malgré de notables divergences de forme, on est frappé de voir dans les courbes d'enneigement, notamment pour les stations les plus méridionales et vers la fin de l'hiver, deux maxima séparés par une courte période de diminution.

Les plus grandes hauteurs de neige tombées pendant l'hiver 1891-92 correspondent, tantôt à ces deux maxima, tantôt à l'un d'eux.

Au Chapieux (1,515^m d'alt.), le maximum de neige tombée a été de 2^m 40 (milieu de février); la neige a subsisté jusqu'au milieu de mai.

Aux Acles (2,250^m d'alt.), le maximum 2^m 20 a été atteint vers le 1^{er} mars; la neige a persisté jusqu'au 1^{er} juin.

A l'Olive (2,250^m d'alt.), maximum 2^m 60, le 1^{er} mars; neige disparue le 1^{er} juin.

Au Gondran (2,460^m d'alt.), maximum 1^m 40, le 1^{er} mars.

A l'Infernet (2,350^m d'alt.), maximum 2^m 20, le 1^{er} mars; neige disparue le 1^{er} juin.

A la Croix de Bretagne, près de Briançon (2,000^m d'alt.), maximum 1^m 90; neige disparue au milieu d'avril.

Aux baraquements de Vyräisse, (2,520^m d'alt.)

4^m 45, le 1^{er} mars.

1^m 45, le 1^{er} avril.

4^m 20, le 15 mai.

} Ici les deux maxima
se font bien sentir.

La neige ne disparaît qu'le 1^{er} juillet.

La station de Vyräisse est remarquable en ce qu'elle fournit constamment des maxima *bien plus considérables* que les autres stations et que ces maxima dif-

fèrent notablement de ceux de *la batterie* de Vyräisse, (2775^m), située à peu de distance. Ces différences sont dues à la position très encaissée des baraquements, dans un lieu où les vents accumulent la neige, et où elle demeure longtemps à l'abri du soleil.

Les courbes de températures (V. fig. 10 à 17) mettent en évidence le fait constant de la coïncidence des chutes de neige avec de notables élévations de température.

Nous relevons, comme minima atteints :

- Hiver 1891-92. — 19° le 1^{er} novembre, Chapieux (alt. 1,550^m).
— — 22° le 15 janvier, les Acles (alt. 2,250^m).
— — 20° le 15 janv., Olive (alt. 2,309^m).
— — 22° les 1^{er} novembre et 15 janvier, Gondran (alt. 2,450^m).
— — 24° le 1^{er} janvier, l'Infernet (alt. 2,350^m).
— — 15° fin janv., Vyräisse (alt. 2,500^m).

On voit que les grands froids se sont principalement produits dans la première moitié de l'hiver, et les chutes de neige avec température plus élevée dans la seconde moitié.

Pour l'hiver 1892-93, M. le Général commandant la 27^{me} division d'Infanterie a eu l'obligeance de communiquer au Bureau de la Société les observations météorologiques faites journellement par quatorze postes d'hiver.

Nous avons réuni dans le tableau ci-joint, les principaux résultats de cette statistique. En les comparant avec les données de l'hiver 1891-92 que nous venons de relater, on est frappé de voir que les maxima de neige tombée ont été en général *notablement moins forts* en 1892-93, sauf aux baraquements de Vyräisse où il a pu se produire des accumulations accidentelles, cette station étant, comme nous l'avons déjà fait remarquer, dans une situation exceptionnelle.

Les maxima atteints en 1892-93 sont :

Vyräisse (Baraq ^{ts}), (2,500 ^m d'alt.),	} Ces maxima se sont produits dans les postes les plus élevés.
max. 4 ^m 80 de neige le 15 mars 1893.	
Gondran, ouvrage C. (alt. 2,450 ^m),	
max. 2 ^m 55 de neige le 28 février.	
Batterie de Vyräisse (alt. 2,775 ^m),	}
max. 2 ^m 43 de neige le 28 février.	

Les stations dans lesquelles il est tombé le moins de neige sont :

Plampinet (alt. 1488 ^m), maximum de neige : 0^m 60 le 25 février 1893 ;

Croix-de-Bretagne (alt. 2,000^m), maximum de neige : 0^m 76 le 5 mars ;

Cuguret (alt. 1,850^m), maximum de neige : 0^m 95 le 28 février.

Les statistiques thermométriques indiquent constamment, pour ce dernier poste, situé dans la partie la plus méridionale de la région étudiée ici et à une altitude inférieure à 2,000^m, des chiffres plus élevés que pour les autres stations.

**Quantités de Neige existant dans les diverses stations aux dates suivantes
(D'après les documents fournis par l'État-Major de la 27^e division d'infanterie).**

NOMS DES POSTES	25 févr.	28 févr.	5 mars	10 mars	15 mars	20 mars	25 mars	31 mars	5 avril	10 avril	20 avril	25 avril	30 avril	5 mai	10 mai	15 mai	20 mai	25 mai
Les Acles	1 ^m 50	1 ^m 50	1 ^m 30	1 ^m 00	0 ^m 91	0 ^m 82	RENSEIGNEMENTS NON PARVENUS											
(Alt. 2,300 ^m).																		
Plampinet (Alt. 1488 ^m)..	0 ^m 60	0 ^m 50	0 ^m 25	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 02	0 ^m 00	0 ^m 02	0 ^m 03	0 ^m 00	0 ^m 00
La Cochette (Alt. 2253 ^m).	1 ^m 40	1 ^m 50	1 ^m 15	0 ^m 98	0 ^m 90	0 ^m 00	0 ^m 68	0 ^m 65	0 ^m 40	0 ^m 20	0 ^m 09	0 ^m 03	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 03	0 ^m 04	0 ^m 00	0 ^m 10
L'Infernet.....	1 ^m 45	1 ^m 50	1 ^m 20	1 ^m 00	1 ^m 00	0 ^m 98	0 ^m 90	0 ^m 80	0 ^m 45	0 ^m 25	0 ^m 10	0 ^m 05	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 04	0 ^m 05	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 2,350 ^m).																		
L'Olive.....	1 ^m 35	1 ^m 40	1 ^m 35	1 ^m 15	1 ^m 15	1 ^m 00	0 ^m 90	0 ^m 85	0 ^m 75	0 ^m 65	0 ^m 40	0 ^m 20	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 05	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 2,250 ^m).																		
La Seyte (Alt. 2085 ^m)...	1 ^m 30	1 ^m 40	1 ^m 10	0 ^m 85	0 ^m 84	0 ^m 00	0 ^m 65	0 ^m 65	0 ^m 40	0 ^m 20	0 ^m 05	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 02	0 ^m 04	0 ^m 00	0 ^m 00
La Croix de Bretagne..	0 ^m 63	1 ^m 06	0 ^m 76	0 ^m 75	0 ^m 50	0 ^m 42	0 ^m 27	0 ^m 15	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 2000 ^m).																		
Gondran C.....	1 ^m 88	2 ^m 55	2 ^m 40	2 ^m 00	1 ^m 00	1 ^m 45	1 ^m 12	0 ^m 97	0 ^m 81	0 ^m 70	0 ^m 30	0 ^m 15	0 ^m 09	0 ^m 00	0 ^m 08	0 ^m 01	0 ^m 03	0 ^m 45
(Alt. 2,450 ^m).																		
Gondran D.....	1 ^m 82	2 ^m 47	2 ^m 35	1 ^m 90	1 ^m 75	1 ^m 40	1 ^m 10	0 ^m 93	0 ^m 77	0 ^m 68	0 ^m 26	0 ^m 13	0 ^m 06	0 ^m 00	0 ^m 06	0 ^m 05	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 2,420 ^m).																		
Vallons-Claus.....	1 ^m 35	1 ^m 40	0 ^m 70	0 ^m 45	0 ^m 25	0 ^m 25	0 ^m 20	0 ^m 60	0 ^m 50	0 ^m 00	0 ^m 30	0 ^m 25	0 ^m 20	0 ^m 00	0 ^m 10	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 2,100 ^m).																		
Vyraisse-baraquements (Extérieur). Alt 2500 ^m	4 ^m 27	4 ^m 60	4 ^m 60	4 ^m 60	4 ^m 80	4 ^m 80	4 ^m 20	3 ^m 20	2 ^m 70	2 ^m 20	1 ^m 50	1 ^m 30	1 ^m 50	0 ^m 80	?	0 ^m 05	0 ^m 70	0 ^m 00
Vyraisse-batterie.....	2 ^m 15	2 ^m 43	1 ^m 85	0 ^m 65	0 ^m 65	0 ^m 37	0 ^m 60	0 ^m 55	0 ^m 40	0 ^m 45	0 ^m 30	0 ^m 30	0 ^m 40	0 ^m 25	0 ^m 40	0 ^m 20	0 ^m 45	1 ^m 30
(Alt. 2,775 ^m).																		
Roche-la-Croix.....	1 ^m 00	1 ^m 15	0 ^m 90	0 ^m 70	0 ^m 75	0 ^m 65	0 ^m 50	0 ^m 60	0 ^m 30	0 ^m 25	0 ^m 15	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 01	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 1,900 ^m).																		
Cuguret.....	0,70-0,80	0 ^m 95	0 ^m 70	0 ^m 70	—	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00	0 ^m 00
(Alt. 1,850 ^m).																		

Les statistiques journalières permettent, en donnant d'une part la quantité de neige tombée chaque jour, et de l'autre la couche subsistant après ces chutes, lorsque les températures maxima n'ont pas été suffisamment élevées pour amener la fonte, de constater un notable *tassement* de la neige.

Notons encore, d'après les documents fournis par l'État-major de la 27^{me} division :

Du 28 février au 6 mars. — Une notable fusion de la neige tombée (sauf aux baraquements de Vyraïsse) ; aucune chute de neige.

Du 5 au 10 mars. — Même observation (il neige un peu à Plampinet).

Du 10 au 20 mars. — La neige a disparu des postes de Plampinet, la Cochette, la Seyte et Cuguret (elle ne reparaitra plus jusqu'à la fin de l'hiver dans ce dernier poste).

Du 21 au 25 mars. — Chute de neige, qui ne reste pas, à Plampinet.

Fin mars. — Plampinet et Cuguret sont les seuls postes où le sol soit dépourvu de neige.

9 avril. — Chute de neige, néanmoins l'épaisseur de la couche diminue partout, sauf à la batterie de Vyraïsse où elle augmente de 5 cent.

Du 26 au 29 avril. — Chute de neige à Plampinet, Vyraïsse.

Du 8 au 10 mai 1893. — Chute de neige presque partout, mais elle ne tarde pas à disparaître.

Les renseignements sur les chutes de neige étaient

accompagnés d'indications thermométriques très détaillées.

Nous reviendrons, dans notre prochain rapport, sur ces données qui seront conservées aux Archives de la Société et nous essayerons d'en dégager les traits généraux.

Grenoble, juin 1893.

W. KILIAN.



NEIGE ET GLACIERS

(4^me ARTICLE)

PAR

W. KILIAN

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble.



GRENOBLE

IMPRIMERIE F. ALLIER PÈRE ET FILS

Cours Saint-André, 26.

—

1895

Extrait de l'*Annuaire de la Société des Touristes du Dauphiné*,
Année 1894.



NEIGE ET GLACIERS ¹

(4^e Article)

Rapport sur les Observations glaciologiques et nivométriques faites sous le patronage de la Société des Touristes du Dauphiné en 1893 et 1894-95,

Par W. KILIAN,

Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble.



Des circonstances particulières nous ayant empêché de publier *in extenso*, l'an dernier, les matériaux réunis par la Société des Touristes du Dauphiné dans

¹ Nous avons publié sous ce titre dans les *Annuaire*s de 1890, 1891 et 1892, trois études formant par leur réunion un volume de 246 pages. Dans l'*Annuaire* de 1893, paru en 1894, nous

l'enquête qu'elle poursuit sur les variations des glaciers du Dauphiné et sur l'enneigement de nos montagnes, nous faisons figurer dans le présent rapport tous les documents qui nous sont parvenus sur ce sujet depuis le commencement de l'hiver 1893-94 jusqu'au printemps de l'année 1895.

On verra par le nombre des observations recueillies que, si les occupations du rapporteur ne lui permettent pas de se vouer à une étude spéciale et approfondie de ces questions, et s'il n'a pas, à son grand regret, trouvé au sein de la Société de collaborateurs compétents pour la mise en œuvre des documents, il y a tout lieu cependant de se féliciter sur les résultats obtenus. Nos guides, stimulés par les sacrifices que s'est imposés la Société, ont exécuté des travaux qui permettront désormais de se rendre un compte exact des variations de nos glaciers, et l'administration militaire ¹ a continué, comme par le passé, à nous

avons inséré, en outre, un rapport succinct de 6 pages sur l'enneigement et sur l'état des glaciers en Dauphiné. Cette suite d'articles contient, outre de nombreux renseignements sur l'état des glaciers et l'enneigement du Dauphiné, un *résumé français* de la plus grande partie du *Traité de Glaciologie* du Prof. Heim, de Zürich, résumé que nous nous proposons, du reste, de compléter prochainement.

Afin d'éviter des confusions regrettables et ainsi que nous l'avons déjà fait devant la Société géologique de France, nous tenons à rappeler que M. Ch. Vélain vient de faire paraître, dans la *Bibliothèque scientifique des Écoles et des Familles*, (Paris, H. Gautier, 1895, à 0 fr. 15) un opuscule portant le même titre (*Neige et Glaciers*) que nos articles et *postérieur à leur publication*.

¹ État-Major du XIV^e corps d'armée. — Nous prions M. le Général Voisin de bien vouloir accepter la vive gratitude de la

fournir avec une libéralité dont nous ne saurions trop la remercier, toutes les données météorologiques recueillies dans les postes d'hiver de la frontière alpine.

Nous présentons dans ce rapport, en lui donnant une forme statistique, la réunion de tous ces documents ; nous en avons dégagé un certain nombre de conclusions. Cependant nous laissons à d'autres plus compétents, et surtout aux glaciologistes de l'avenir, le soin de tirer de cette statistique tous les enseignements qu'elle comporte, notre rôle se bornant ici à coordonner et à rendre accessibles, en les publiant, les utiles et nombreux renseignements centralisés par la Société des Touristes du Dauphiné.

M. le Dr Bordier a bien voulu attirer sur nos études l'attention des membres de la Société dauphinoise d'anthropologie et les inviter à contribuer, par des observations personnelles, à la connaissance de nos appareils glaciaires et de l'enneigement des Alpes (V. *Bull. soc. Dauph. d'anthr.*, t. II, n° 1, avril 1895). Nous remercions M. le Dr Bordier d'avoir tenté de susciter dans le public éclairé du pays une collaboration que, depuis quelques années, nous avons vainement essayé d'obtenir des alpinistes pourtant si à même d'observer les phénomènes glaciologiques, et nous souhaitons vivement que son appel soit non seulement entendu, mais écouté.

Une décision importante a été prise au *Congrès*

Société des Touristes du Dauphiné dont il a si efficacement facilité les recherches en lui communiquant une importante série de documents météorologiques.

Géologique international de Zürich au sujet de l'étude des glaciers et de leurs variations. La section de géologie générale ayant proposé sur l'avis de MM. Forel, Marshall Hall et du prince Roland Bonaparte, la création d'une COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉTUDE DES GLACIERS, le Conseil du Congrès a définitivement adopté cette motion. Cette Commission internationale, dès à présent nommée, est chargée de provoquer et de généraliser les études sur les variations de grandeur des Glaciers.

Elle se compose de :

Autriche : M. E. Richter, de Graz ;

Allemagne : M. Finsterwalder, de Munich ;

Danemark : Dr R.-I.-V. Steenstrup, Copenhague ;

États-Unis : Dr Harry Fielding Reid, Baltimore ;

France : le prince Roland Bonaparte, Paris ;

Grande-Bretagne : Captain Marshall Hall, Dorset.

Le représentant de l'*Italie* sera désigné plus tard.

Norvège : Dr A. Ojen, Christiania ;

Russie : Prof. Ivan Mouchketow, Saint-Pétersbourg ;

Suède : Dr F.-U. Svenonius, Stockholm ;

Suisse : F.-A. Forel, Morges, et L. Du Pasquier, Neuchâtel.

La Commission fera son rapport à la prochaine session du Congrès géologique international.

M. le prince Roland Bonaparte a offert de prendre à sa charge tous les frais occasionnés par le fonctionnement de l'institution nouvelle.

Cette utile création donnera, nous l'espérons fermement, des résultats d'autant plus importants qu'ils auront plus de généralité, ayant pour base des documents recueillis sur le globe entier et dont un grand

nombre risqueraient fort, sans cela, de disparaître dans la masse toujours croissante des publications scientifiques. En ce qui nous concerne, nous voyons là un puissant encouragement, assurés désormais que les efforts de la Société des Touristes ne seront pas perdus, et que les quelques données recueillies chaque année par elle viendront grossir la moisson de faits intéressants que ne peut manquer de voir affluer la Commission internationale des Glaciers.

Les encouragements ne nous font, du reste, pas défaut depuis quelque temps ; la plupart viennent de l'étranger :

M. *Forel* a bien voulu, dans son quatorzième rapport sur les variations périodiques des Glaciers des Alpes (1893), mentionner avec éloges les travaux exécutés sous le patronage de notre Société.

Nous trouvons dans l'*Annuaire du Club Alpin Suisse* (t. XXIX, 1893-94, p. 359) une mention concernant les articles glaciologiques parus dans notre *Annuaire*.

M. le Professeur *Brückner*, de Berne, a consacré, de son côté, une note (*Meteorologische Zeitschrift*, mars 1895) flatteuse et très encourageante aux documents sur l'enneigement et les températures dans les postes d'hiver que nous avons publiés ici même.

Enfin, M. le Professeur *A. Penck*, de l'Université de Vienne, dont les travaux sur les Glaciers anciens et actuels ont eu un grand retentissement, nous a félicité à plusieurs reprises sur le même sujet et a exprimé l'espoir de voir la Société des Touristes continuer son enquête, si précieuse pour la science, sur le climat des parties élevées de nos Alpes et sur nos Glaciers.

Ajoutons que M. **H. Fielding Reid**, bien connu par ses belles recherches sur les Glaciers de l'Alaska, s'est servi en partie de nos instructions (parues dans l'*Annuaire* de la S. T. D., en 1891) pour rédiger ses « Variations of Glaciers » (*Journ. of Geology*, t. III, n° 3, avril-mai 1895, Chicago, 1895) qui contiennent un intéressant résumé glaciologique et l'exposé de la méthode à suivre dans l'étude des Glaciers actuels.

Enfin nous devons à MM. François Arnaud, de Barcelonnette, et André Antoine, de Maurin (Basses-Alpes), une série de renseignements pour lesquels nous tenons à leur exprimer publiquement notre vive reconnaissance.

A. — GLACIERS

On se rappelle qu'en 1892 nous avons fait parvenir les *instructions* suivantes à quelques guides de notre région :

1° Extrémité ou *front* du glacier (fig. 1). — Quand la neige de l'hiver a fondu, marquer sur les blocs voisins de l'extrémité du glacier (*r, r, r, r, r*, ou *r₁, r₂, r₃*, etc.), et sur le rocher à droite et à gauche (*R, R* de la fig. 1) *en couleur verte* plusieurs repères (conformes au modèle ci-joint ¹) *en alignement* sur le front du glacier.

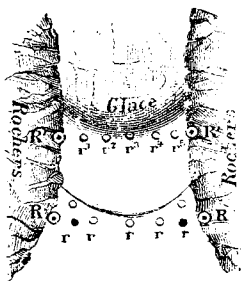
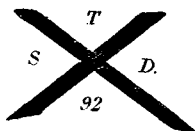


Fig. 1.

¹ Ces repères doivent avoir la forme suivante : une croix de Saint-André peinte à la couleur verte ; dans les intervalles des branches, on placera les initiales S. T. D., et un chiffre indiquant l'année où a été posé le repère (92 pour 1892, 93 pour 1893, 94 pour 1894, etc...),



A la fin de l'été, faire la même opération pour le point où se termine la glace à ce moment ($R', R', r^1, r^2, r^3, r^4, r^5$ de la fig. 1).

Évaluer la distance des deux lignes de repères ($R, R, r, r...$ et $R', R', r^1, r^2, r^3...$ de la fig. 1).

Recommencer chaque année.

2^o Partie moyenne du glacier. — Quand le glacier est découvert, placer sur le rocher, de chaque côté du glacier (A, B et A', B' , fig. 2 et 3), des repères en couleur verte, et, en alignement avec ces derniers, placer en ligne droite sur le glacier des pieux ou des blocs portant des repères (1, 2, 3, 4, 5, fig. 2).

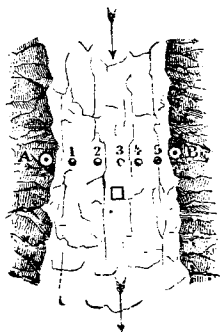


Fig. 2.

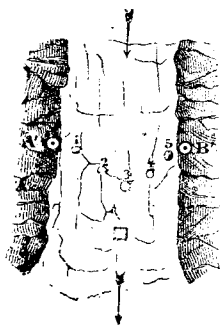


Fig. 3.

Revenir à la fin de la saison et noter la position qu'ont prise les blocs ou les pieux (1, 2, 3, 4, 5, fig. 3).

Recommencer chaque année au commencement et à la fin de l'été.

On trouvera plus loin les observations faites, suivant ces instructions, à partir du printemps 1803.

Les guides choisis pour l'exécution de ces travaux sont :

Émile Pic, guide de 1^{re} classe, à La Grave (Hautes-Alpes) (Glaciers de la Meije, du Rateau, du Vallon et du Lac, Glacier Lombard) ;

J.-B. Rodier fils, guide de 1^{re} classe à La Bérarde (Isère) (Glaciers du Chardon, de la Pilatte, de la Bonne-Pierre) ;

Pierre Gaillard, guide à la Chapelle-en-Valjouffrey (Isère) (Glaciers des Sellettes, de l'Aiguille d'Olan, de la Haute-Pisse, de la Mariande) ;

J.-J. Boy, guide à Monétier-les-Bains (Hautes-Alpes) (Glaciers de Seguret-Foran, du Monétier, du Pré-des-Fonds et du Casset) ;

P. Estienne et Barnéoud, guides à Pelvoux (La Pisse) et aux Claux (Hautes-Alpes) (Glaciers du Sélé, de Seguret-Foran, Glacier Blanc, Glacier Noir).

Durant l'année qui vient de s'écouler les guides chargés de l'observation des Glaciers ont continué leur travail, grâce à des *subventions votées par le Bureau de la Société*. Voici les résultats obtenus par eux et que nous avons réunis à ceux de 1893. Il est aisé de remarquer que ces travaux ont été exécutés d'une façon assez inégale et que, si plusieurs observateurs ont donné des indications que l'on pourrait désirer plus complètes, deux d'entre eux, *J.-B. Rodier* et *Émile Pic*, ne méritent, en revanche, pour la façon intelligente dont ils se sont acquittés de leur tâche, que des éloges et des félicitations.

On se souvient du reste de l'utile collaboration que ces deux guides nous ont fournie en 1892 et 1893.

Observations faites par Émile Pic, guide de 1^{re} classe, à la Grave (Hautes-Alpes).

GLACIER LOMBARD.

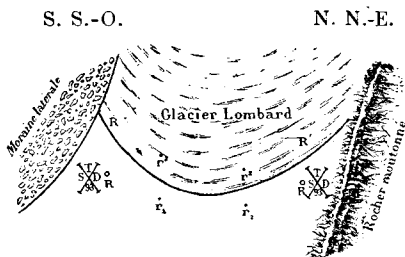


Fig. 4.

Printemps (16 juin) 1893.

de R^0	au glacier.....	23 ^m ,00
de r_1	d^0	3 ^m ,00
de r_2	d^0	8 ^m ,00
de R^0	d^0	20 ^m ,00

Automne (16 novembre) 1893.

de R^0	au point de repère R'	40 ^m ,00
de r_1	d^0 r^1	6 ^m ,00
de r_2	d^0 r^2	20 ^m ,00
de R^0	d^0 R'	27 ^m ,00

Note. — Le glacier Lombard a beaucoup changé, et, dans le milieu des séracs au pied des Aiguilles de la Saussaz, il paraît du rocher. L'écoulement des eaux, très rapide, forme des « moulins ».

Printemps (18 juin) 1894.

de R'	au glacier.....	2 ^m ,00
de r ¹	d°	1 ^m ,50
de r ²	d°	3 ^m ,00
de R'	d°	4 ^m ,00

Automne (20 octobre) 1894.

de R'	.....	4 ^m ,00
de r ¹	.....	2 ^m ,50
de r ²	.....	3 ^m ,50
de R'	.. ..	5 ^m ,50

Note. — L'écoulement des eaux est assez rapide sur le glacier. Ce dernier diminue d'épaisseur; le front du glacier est recouvert d'une couche de débris de schiste.

Résumé.

Modifications estivales de 1893 : Décrue de 3 à 17^m, suivant les points observés.

Modifications estivales de 1894 : Décrue irrégulière et faible (de 0^m,50 à 2^m).

Modifications de 1893 à 1894 : *Décrue* (d'environ 40^m); plus forte sur les bords.

Travaux effectués par Émile Pic, guide de 1^{re} classe, à la Grave (Hautes-Alpes).

GLACIER DE LA MEIJE.

Observation de 1893.

Printemps (12 juin).

Distances mesurées des points de repère R^o r₁, r₂, r₃, etc., placés à une certaine distance en *avant*, du front du Glacier :

de R ⁰ au glacier.....	20 ^m ,00
de r ₁ d°	7 ^m ,00
de r ₂ d°	3 ^m ,60
de r ₃ d°	6 ^m ,00
de r ₄ d°	5 ^m ,00
de r ₅ d°	25 ^m ,00 (1)
de r ₆ d°	0 ^m ,00
de R ⁰ d°	12 ^m ,00

Automne(2) (12 novembre).

Distances mesurées (Les nouveaux repères r¹, r², r³, R¹ ont été placés sur le front du glacier) :

de r ₁ à r ¹	13 ^m ,00
de r ₂ à r ²	17 ^m ,00
de r ₃ à r ³	10 ^m ,70
de r ₄ à r ⁴	9 ^m ,90
de r ₅ à r ⁵	2 ^m ,00
de r ₆ à r ⁶	10 ^m ,00
de R à R ¹	1 ^m ,30

Entre r⁴ et r⁵ il s'est formé une *grotte* qui a 15 mètres de longueur sur 10^m,00 de largeur et 2^m,00 de hauteur ; au milieu de la voûte, on observe une cascade issue de la base du glacier. En face du point de repère r⁶, il y a un assez grand changement ; le glacier présente

(1) Le chiffre de 25^m ne s'explique pas ; il doit y avoir erreur ou déplacement du repère.

(2) Les repères r¹, r², r³, etc., sont établis au front du glacier là où il est arrivé à la fin de l'été. La différence entre les chiffres du printemps (de r₁ au glacier, etc.) et ceux de l'automne (de r₁ à r¹, etc.) indique donc le recul ou la crue qu'a subi le glacier pendant la période d'été.

ROCHERS



BASE DES
ENFETCHORES

Phot. A. KILLIAN

Photog. Bâle

LE GLACIER DE LA MEIJE
(PARTIE INFÉRIEURE ET BASE DES ENFETCHORES)
(AOUT 1894)

quatre chutes de glace (v. fig. 5). De la neige cette année.

Glacier des Enfetchores : chute de glace de 12 mètres de hauteur.

GLACIER DE LA MEIJE.

Observations de 1894.

Printemps (15 juin).

Distances mesurées :

de (1) r ¹	au glacier	.....	1 ^m ,00	
de r ²	d°	.....	1 ^m ,40	
de r ³	d°	.....	2 ^m ,00	(petite grotte nouvelle).
de r ⁴	d°	.....	3 ^m ,00	
de r ⁵	d°	.....	4 ^m ,00	
de r ^{5 bis}	d°	(nouveau point de repère)	5 ^m ,00	
de r ⁶	d°	.....	4 ^m ,00	
de R	d°	.....	0 ^m ,00	

Automne (15 octobre).

Distances mesurées :

de (2) r ¹	au glacier	.....	2 ^m ,10	
de r ²	d°	.....	4 ^m ,30	
de r ³	d°	.....	2 ^m ,15	(petite grotte nouvelle).
de r ⁴	d°	.....	7 ^m ,00	
de r ⁵	d°	.....	8 ^m ,00	
de r ^{5 bis}	d°	.....	2 ^m ,00	
de r ⁶	d°	.....	2 ^m ,00	
de R	d°	.....	0 ^m ,00	

(1) Ces repères sont ceux du front du Glacier en automne 1893.

(2) Ces repères sont ceux du front du Glacier en automne 1893.

E.

O.

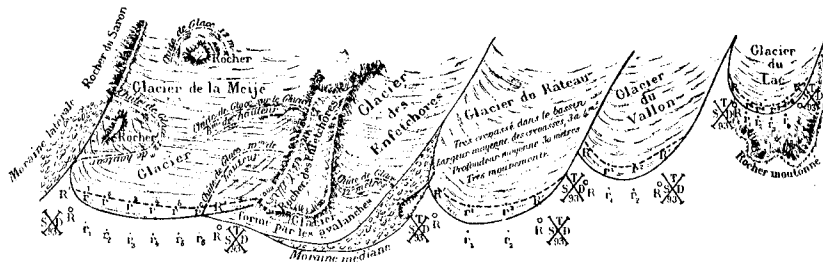


Fig. 5.

Schéma de l'état des Glaciers de la Meije en 1893,
par Ém. Pic.

Nota. — Il existe deux grottes au glacier de la Meije : la petite grotte, qui s'est formée cette année, a 2 mètres de largeur, 75 centimètres de hauteur et 3^m,50 de longueur. La grotte qui existait en 1893 est plus grande : elle a 12 mètres de largeur, 8 mètres de hauteur et 14 mètres de longueur. La cascade existe toujours, les chutes de glace diminuent ainsi que les chutes supérieures, il n'existe point de renflement.

La chute du glacier des Enfetchores augmente toujours.

Nous avons donc, pour le Glacier de la Meije, les modifications suivantes :

<i>Modification pendant l'été 1893</i> (du 12 juin au 12 nov.)	}	Recul notable (jusqu'à 13 ^m dans la partie est ; crue dans la partie ouest).
<i>Modifications pendant l'été 1894</i> (du 15 juin au 15 oct.)		Recul de 1 à 4 ^m dans la partie est ; légère crue dans la partie ouest.

Modifications de l'année 1893 à l'année 1894 :

Du printemps 1893 au printemps 1894 : *Décru*e sauf sur le bord ouest.

De l'automne 1893 à l'automne 1894 : *Décru*e sauf sur la partie ouest.

**Observations faites par Ém. Pic au Glacier
du Râteau.**

1893.

Printemps (13 juin).

de R⁰ au glacier..... 12^m,00

de r_1 au glacier	5 ^m ,00
de r_2 d°	0 ^m ,00
de R^0 d°	5 ^m ,00

Automne (13 novembre).

de R^0 au point de repère R^1	7 ^m ,00
de r_1 d° r^1	7 ^m ,00
de r_2 d° r^2	2 ^m ,00
de R^0 d° R_1	5 ^m ,00

Le glacier s'est beaucoup crevassé.

1894.

Printemps (15 juin).

de R^0 au glacier	0 ^m ,00
de r_1 d°	0 ^m ,75
de r_2 d°	2 ^m ,00
de R^0 d°	1 ^m ,30

Automne (15 octobre).

de R^0 au glacier ..	1 ^m ,20 (grotte nouvelle).
de r_1	1 ^m ,00
de r_2	4 ^m ,00
de R^0	3 ^m ,00

Il existe une petite *grotte* qui s'est formée cette année au glacier du Râteau, elle a 1^m,70 de largeur, 0^m,70 de hauteur et 2^m,50 de longueur. Le glacier est toujours très mouvementé et très crevassé dans son bassin.

Le Glacier a donc reculé pendant l'été de 1894 d'environ 1^m,50 en moyenne; ce mouvement est plus sensible dans la partie O. du Glacier.

GL. DU RATEAU

GL. DU VALLON



REPOINDREMENT DE LA MORAINE FORMÉE
DU GLACIER DU RATEAU

Phot. M. KILLIAN

Phot. G. BÉGIN

ÉTAT ACTUEL
DES GLACIERS DU RATEAU & DU VALLON
(AOÛT 1894)

<i>Modification estivale de 1893</i> (13 juin — 13 novemb.).	}	simples changements de forme (crue dans la partie est).
<i>Modification estivale de 1894</i> (15 juin — 15 octobre).		Décrue de 1 à 2 ^m .
<i>Modification de 1893 à 1894</i> (Automne à automne).	}	Crue locale dans la partie est (2); décrue dans la portion ouest.

Glacier du Vallon.

Mesures prises par Ém. Pic au Printemps,
(14 juin 1893) :

Du repère R ^o au Glacier.....	4 ^m ,00
d ^o r ₁ d ^o	0 ^m ,00
d ^o r ₂ d ^o	2 ^m ,00
d ^o R ^e d ^o	3 ^m ,00

Mesures prises en Automne (14 novembre) 1893 :

Du repère R ^o au repère R'	2 ^m ,00
d ^o r ₁ d ^o r ¹	1 ^m ,00
d ^o r ₂ d ^o r ²	3 ^m ,00
d ^o R ^o d ^o R'	3 ^m ,00

1894.

Printemps (16 juin).

de R' au Glacier.....	3 ^m ,00
de r ¹ d ^o	4 ^m ,00
de r ² d ^o	3 ^m ,00

de r ³ (nouveau point).....		5 ^m ,00
de r ⁴ d°		7 ^m ,00
de r ⁵ d°		6 ^m ,00
de R' d°		4 ^m ,00

Automne (16 octobre).

de R' au Glacier		5 ^m ,00
de r ¹ d°		4 ^m ,00
de r ² d°		5 ^m ,00
de r ³ d°		6 ^m ,00
de r ⁴ d°		5 ^m ,00
de r ⁵ d°		6 ^m ,00
de R' d°		4 ^m ,00

Le glacier du Vallon a beaucoup changé, *il a beaucoup reculé*, et il existe une chute de séracs et une grotte ; la grotte se trouve à la chute des séracs et a environ 10 mètres de largeur, 10 mètres de hauteur et 12 mètres de profondeur.

D'où l'on déduit :

Modification estivale de 1893 (14 juin — 14 novemb.). } Simple modification de forme (crue dans la partie est).

Modification estivale de 1894 (16 juin — 16 octobre). } Simples modifications de forme.

Modifications de 1893 à 1894 } Décrue accentuée (de 2^m à 3^m suivant les points).

Glacier du Lac.

Mesures prises par Ém. Pic au Printemps
(15 juin) 1893 :

Du repère R^0 au Glacier.....				10 ^m ,00
d°	r_1	d°	.....	3 ^m ,00
d°	r_2	d°	.....	0 ^m ,00
d°	r_3	d°	.....	2 ^m ,00
d°	r_4	d°	.....	3 ^m ,00
d°	R^0	d°	.....	5 ^m ,00

Mesures prises en Automne (15 novembre) 1893 :

Du repère R^0 au repère R'				4 ^m ,00
d°	r_1	d°	r^1	2 ^m ,00
d°	r_2	d°	r^2	1 ^m ,50
d°	r_3	d°	r^3	2 ^m ,00
d°	r_4	d°	r^4	1 ^m ,40
d°	R^0	d°	R'	3 ^m ,00

Observations du Glacier du Lac.

Printemps (17 juin) 1894.

de R' au Glacier.....				1 ^m ,40
de r^1	d°	.....	.....	1 ^m ,00
de r^2	d°	.....	.....	1 ^m ,00
de r^3	d°	.....	.....	2 ^m ,00
de r^4	d°	.....	.....	3 ^m ,00
de r^5	d°	.....	.....	2 ^m ,00
de R'	d°	.....	.....	3 ^m ,00

Automne (17 octobre):

de R' au Glacier.....		4 ^m ,00
de r ¹ d°		3 ^m ,50
de r ² d°		3 ^m ,60
de r ³ d°		4 ^m ,00
de r ⁴ d°		3 ^m ,00
de R' d°		4 ^m ,00

Écoulement assez rapide sur sa rive droite ainsi que sur sa gauche ; il diminue toujours d'épaisseur.

Il en résulte :

Modification estivale de 1893 : Crue légère et changement de forme (décrue en certains points r³, r²).

— *de 1894* : Décrue très nette.

Modifications de 1893 (automne) à 1894 (automne) : Décrue de 3 à 4^m.

Tous les glaciers situés sur le versant nord du massif de la Meije sont donc en *décrue* manifeste.

On remarquera aussi un fait intéressant : c'est que ce mouvement est, dans chaque glacier, inégalement accentué suivant que l'on considère la portion est ou la portion ouest. Ainsi, le glacier du Râteau est en crue dans la partie E, alors qu'il décroît dans sa portion O. Les modifications estivales ne sont pas moins inégales suivant le côté considéré.

Nous nous sommes rendu, au mois d'août, avec Émile Pic aux glaciers de la Meije, du Râteau et du Vallon et nous avons constaté avec satisfaction que nos instructions et celles de la Société avaient été exactement remplies par ce guide.

Au glacier de la Meije, nous avons fait les remarques suivantes.

Le long du front du glacier, la série des repères est bien visible; nous les avons visités un à un et examiné plus spécialement ceux qui ont été placés en 1894. Nous avons choisi à la base du Rocher des Enfetchores l'emplacement où Pic doit faire une *incision* et poser un signe à la couleur verte; ce point sera infailliblement, s'il se produit une crue, masqué par la glace et constitue un repère important. Nous remarquons aussi dans la partie moyenne du glacier deux petits affleurements de rochers dont le recouvrement serait un indice certain de *crue*.

Le recul est évident; les rochers qui affleurent à la chute du glacier sont plus découverts que l'an passé. Ce recul est particulièrement marqué entre les deux Enfetchores. Les *séracs* s'effondrent près du sommet des Enfetchores.

La surface du glacier est, dans sa partie inférieure, couverte de moraines. Un gros bloc pointé par Pic en 1893, est descendu de 3^m,35. Les moraines latérales et frontales sont bien développées.

La *grotte* du front du glacier s'est beaucoup agrandie: son entrée a reculé et de sa voûte se détachent fréquemment de gros blocs. Au fond, le béton glaciaire (*moraine profonde ou de fond*) apparaît nettement. On remarque des *crevasses* radiales sur les bords du gla-

M. P. Termier, professeur à l'École nationale des Mines, a bien voulu visiter les glaciers du Casset et du Monétier pour y examiner les repères que la Société avait chargé le guide Boy, du Monétier, d'y placer ; voici ce qu'il nous écrivit à ce sujet, le 28 septembre 1894 :

« En montant aux Agneaux avec Émile Pic, j'ai visité
« le glacier du Casset. Il n'y a *aucune* marque de la
« S. T. D. ; ou, s'il y en a, elles ne sont certainement
« pas à leurs placés véritables. Nous n'avons vu, dans
« toute la moraine, qu'une marque du prince Roland
« Bonaparte, déjà ancienne.

« Le même jour, nous sommes descendus par la
« branche nord du glacier du Monétier. Pas de marques
« non plus pour cette branche, ni sur la moraine, ni
« sur les rochers de la chute terminale où il eût été
« cependant facile et intéressant de marquer le front
« du glacier. Quant à la moraine de *la branche sud*
« du même glacier, nous ne l'avons atteinte qu'à la
« nuit, et le fait de n'y avoir vu aucune marque ne
« prouve pas qu'il n'y en ait aucune.

« Je suis très affirmatif pour le glacier du Casset
« et pour la branche nord du glacier du Monétier,
« parce que l'exploration a été faite sous ma direc-
« tion par Théophile Pic qui a une vue absolument
« extraordinaire¹ ».

En conséquence, la Société a renoncé à la collabora-

¹ Il a été reconnu depuis que Boy s'était contenté de placer des repères sur le haut du glacier, sans s'occuper de la région frontale.

tion du guide Boy et a chargé *Émile Pic* des travaux concernant les glaciers du Casset et du Monétier.

Voici ses observations :

Observations au Glacier du Monétier par le guide Émile Pic, de la Grave.

Automne (30 octobre 1894).

de R (rocher) au Glacier.....	0 ^m ,00
de r front du Glacier au Glacier.....	4 ^m ,00
de r ₁ d°	3 ^m ,00
de r ₂ d°	0 ^m ,00
de r ₃ d°	8 ^m ,00
de r ₄ d°	7 ^m ,00
de R (Rocher.)	0 ^m ,00

Le glacier du Monétier a beaucoup changé depuis cinq ans, il a *reculé* au moins de 50^m,00 ; il est très tourmenté et très crevassé. (Reconnu de passage avec M. Termier.)

Observations au Glacier du Casset, par le guide Émile Pic, de la Grave.

Automne (29 octobre 1894).

de R ⁰ (rocher) au glacier.....	10 ^m ,00
de r d°	12 ^m ,00
de r ₁ d°	12 ^m ,00
de r ₂ d°	14 ^m ,00
de r ₃ d°	10 ^m ,00
de R ⁰ d°	0 ^m ,00

Le glacier du Casset est très tourmenté et il a des

chutes *de séracs* jusqu'à son plateau supérieur ; il est très crevassé à la base. (Reconnu de passage avec M. Termier.)

Observations de P. Estienne et Barnéoud, guides de Pelvoux et des Claux (Hautes-Alpes).

Glacier du Séguret-Foran.

1893.

(Observations du 25 juin).

1^o Ce glacier était en 1850 où il est actuellement ; en 1870, il touchait le lac. (Sa crue, de 1850 à 1870, a donc été de 280^m). Il s'est retiré depuis 1870 de cette même distance.

Actuellement : 2 moraines longitudinales de 1,500^m ; plateau supérieur étalé, base encaissée.

Posé 3 repères : droit à 24^m, gauche à 36^m milieu, à 38^m du glacier.

(Mesures du 24 octobre).

Repère droit.....	27 ^m	du Glacier.
— gauche....	45 ^m	—
— du milieu..	47 ^m	—

Il y a eu par conséquent un *recul* estival marqué.

GLACIER DU SÉGURET-FORAN.

1894.

(7 juillet).

Mesuré au repère gauche une *diminution* du glacier de..... 1^m,60

Mesuré au repère milieu une <i>diminution</i> du glacier de.....	2 ^m ,00
Mesuré au repère droit une <i>diminution</i> du glacier de.....	2 ^m ,00

Automne (19 octobre).

Front.

Mesuré au repère gauche une <i>diminution</i> du glacier de.....	3 ^m ,40
Mesuré au repère du milieu une <i>diminution</i> du glacier de....	5 ^m ,00
Mesuré au repère droit une <i>diminution</i> du glacier de.....	6 ^m ,00
Ce glacier abandonné une moraine frontale.	

Il s'est produit par conséquent une *décruée estivale* de 1^m,30 à 4^m.

De 1893 à 1894, il a continué son mouvement de *décruée*.

Observations des guides P. Estienne et Barnéoud, de Pelvoux (Hautes-Alpes).

Glacier Blanc.

1893.

(23 et 24 juin).

1^o Ligne des repères : 500^m ; distance entre les repères, 80^m ;

2^o Crevasse : longueur 200^m, largeur 3^m, profondeur 50^m ;

3° Sur la rive gauche, une grotte ;

4° Glacier découvert, sillonné de ruisseaux.

(22 et 23 octobre).

La ligne des repères a *avancé* de 20^m ;

5° Crevasse du 24 juin ouverte de 5^m ;

6° *Avancement* du front du glacier : 20^m.

1894. Période du printemps.

(4 juillet).

Avancement du front 15^m,00

Avancement du plateau 60^m,00

Un gouffre sondé au moyen d'un caillou : il s'est écoulé 12 secondes avant que l'écho nous soit parvenu.

Le glacier est très peu crevassé.

1894. Période d'automne.

(15 octobre).

Avancement du front :

Au repère gauche 5^m,00

Au repère droit 4^m,00

Avancement sur le plateau 15^m,00

Le glacier Blanc est un des rares glaciers du Dauphiné qui soit en *crue* manifeste.

Observation des guides P. Estienne et Barnéoud.

Glacier Noir.

1893.

Printemps (22 et 23 juin).

1° Une ligne de repères de 500^m de longueur a été établie ;

2° Distance entre les repères : 80^m ;

3° Le glacier est encaissé ;

4° Mesuré une crevasse : longueur 500^m, largeur 2^m, profondeur 35^m. ;

5° Mesuré une autre crevasse : longueur 250^m, largeur 1^m, profondeur 20^m ;

6° Il existe sur le glacier un gros torrent rentrant et ressortant par intervalles et découpant des entonnoirs ;

7° Le glacier s'est très crevassé depuis l'année dernière ;

8° Observé trois ruisseaux d'alimentation venant de la chaîne des Écrins ; un petit glacier au col de la Grande Sagne présente une grotte très profonde ;

9° Il y a une moraine longitudinale de 2000^m ;

10° Front du glacier : sur la rive droite il y a un espace de 15^m entre le repère et le glacier ;

11° Sur la rive gauche il y a 10^m du repère au glacier.

Automne (21 et 22 octobre).

1° Un entonnoir de 15^m de profondeur et de 1^m de largeur dans le fond du glacier ;

2° Front du glacier : rive droite, distance entre le repère et le glacier : 25^m au lieu de 15^m ;

3° Distance entre le repère gauche et le glacier : 20^m au lieu de 10^m ;

4° La crevasse de 500^m de longueur a maintenant 4^m de largeur au lieu de 2^m.

Il y a donc eu un *décroissement* notable du glacier pendant l'été.

1894. *Été.*

Repère droit : diminution du Glacier	2 ^m , 00
front : d ^o	4 ^m , 00
gauche : d ^o	2 ^m , 00

Plateau stationnaire, crevassé d'une manière qui le rend presque impraticable.

Entonnoir, remarqué l'année dernière, disparu.
(5 juillet).

1894. *Automne.*

Front.

Repère droit : diminution du Glacier	5 ^m , 00
milieu : d ^o	6 ^m , 00
gauche : d ^o	4 ^m , 00

Plateau stationnaire, très crevassé.
(16 octobre).

Le Glacier Noir est donc en *décru* :

**Observations faites par les Guides
P. Estienne et Barnéoud.**

Glacier du Sélé.

1893.

(20 et 21 juin).

- 1^o Un lac sur la rive droite ;
- 2^o Un torrent d'alimentation ;
- 3^o Le Glacier est encaissé ;
- 4^o Neige molle, épaisseur : 35 centimètres ;
- 5^o Pente à la ligne des repères : 20 0/0 ;
- 6^o Un grand plateau vers le pic d'Ailefroide ;
- 7^o Ligne des repères : 600^m de longueur ;
- 8^o Distance entre les repères : 100^m.

(20 octobre).

- 1° *Gonflement* de 2^m sur le plateau des repères;
2° *Avancement du front* : 10^m.

1894. *Été.*

Rive gauche près du front, diminution du Glacier : 4^m, 50
Front : d° 3^m, 00
Plateau stationnaire, peu crevassé.
(6 juillet).

1894. *Automne.*

Rive gauche près du front : diminution du Glacier : 3^m, 00
Front : d° 2^m, 00
Peu crevassé.
(17 et 18 octobre.)

Observations faites par le guide J.-B. Rodier¹ fils, de la Bérarde.

Travaux du Glacier de la Pilatte.

1893.

(28, 29 ET 30 JUIN).

Front du glacier.

Alignement pris conformément à la fig. 4 de l'instruction relative à l'étude des glaciers (v. plus haut). Il a été fait une rangée de pierres touchant la glace sur toute l'étendue du front du glacier. Ces pierres portent empreinte des numéros r₁, r₂, r₃, r₄, r₅, r₆, r₇, ainsi

¹ On se rappelle les détails remarquablement précis que ce guide nous a fournis pour nos précédents rapports.

que les lettres A et B accompagnées de la croix aux initiales de la Société (v. fig. 1).

Partie moyenne du glacier.

Alignement pris conforme à la figure 2, de l'instruction relative à l'étude des glaciers.

Rive droite: Distance du point de repère A au glacier : 157^m 80.

Rive gauche: Distance du point de repère B au glacier : 32^m 70.

Entre les points de repère A et B de cet alignement, il a été fait un *alignement* presque régulier de *pierres*, portant les numéros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, sur toute l'étendue du glacier, du point de repère A au B, et de distance en distance les initiales et la croix. Les mêmes signes (Croix de St-André) sont placés sur les rochers de chaque rive du glacier.

1893.

(14 OCTOBRE).

Modifications constatées :

Front du glacier.

Rive droite :	r ¹	au glacier.	Recul constaté :...	19 ^m ,00
	r ²	d°	Recul.....	14 ^m ,00
	r ³	d°	Recul.....	9 ^m ,40
	r ⁴	d°	Recul.....	7 ^m ,60
	r ⁵	d°	Recul.....	15 ^m ,20
	r ⁶	d°	Recul.....	8 ^m ,20
Rive gauche :	r ⁷	d°	Recul.....	6 ^m ,20

Partie moyenne du glacier.

Rive droite : Distance du point de repère A au glacier, 163^m,80 (au lieu de 157^m,80).

le n° 1 a été perdu.

le n° 2 a descendu de... 13^m,00

le n° 3 d° 13^m,20

le n° 4 d° 14^m,80

le n° 5 d° 13^m,00

le n° 6 d° 12^m,00

le n° 7 d° 1^m,90

Rive gauche : Distance du point de repère B au glacier : 39^m (au lieu de 32^m,70).

1894.

AUTOMNE.

Front du glacier.

r ¹ au glacier	42 ^m ,50	(donc recul de 23 ^m ,50 depuis 1893)
r ² d°	23 ^m ,00	(— 13 ^m ,60 —)
r ³ d°	30 ^m ,50	(— 16 ^m ,50 —)
r ⁴ d°	14 ^m ,90	(— 7 ^m ,30 —)
r ⁵ d°	25 ^m ,50	(— 10 ^m ,30 —)
r ⁶ d°	17 ^m ,30	(— 9 ^m ,10 —)
r ⁷ d°	13 ^m ,20	(— 7 ^m ,00 —)

Partie moyenne du glacier.

Alignement.

Rive droite du glacier : Distance du point de repère A au glacier, 168^m (donc recul de 5^m).

Le n° 1 a été perdu l'année 1893, et il ne s'est pas retrouvé, et le n° 2 a été perdu en 1894. Ces deux numéros ont dû tomber dans une crevasse qui se trouve

à quelques mètres en dessous ; la pente s'est montrée plus raide cette année à l'endroit où ils étaient.

Le n° 3 a descendu de 26^m,50 (donc de 13^m,30 depuis 1893)

Le n° 4 d° 28^m,00 — 13^m,20 —

Le n° 5 d° 27^m,00 — 14^m,00 —

Le n° 6 d° 23^m,50 — 11^m,50 —

Le n° 7 d° 3^m,80 — 1^m,90 —

Rive gauche du glacier : Distance du point de repère B au glacier, 40^m,50 (donc recul 1^m,50 depuis 1893).

En 1893, la décrue estivale a donc été très nette.

De 1893 (automne) à 1894 (automne), on constate une forte *décrue* dans toutes les parties du glacier.

L'étude des alignements de pierres sur le glacier accuse un mouvement de descente *plus accentué sur la rive droite*.

Observations de J.-B. Rodier fils, guide de 1^e classe à la Bérarde.

Glaciers de la Bonne-Pierre.

1893.

1^{er} ET 2 JUILLET.

Front du glacier.

Alignement pris conformément à la fig. 1 de l'instruction relative à l'étude des glaciers.

Rive droite : Distance du point de repère A (R⁰) au glacier..... 78^m,00

Distance du n° 1 (r₁) au glacier.. 22^m,00

d° n° 2 (r₂) d° .. 5^m,50

Rive gauche: Distance du point de repère B (R⁰)

au glacier 2^m,00

Partie moyenne du glacier.

Alignement pris conformément à la fig. 2 de l'instruction relative à l'étude des glaciers.

Pyramide construite sur la moraine de la rive droite du glacier avec les initiales et la croix ; lettre A.

Rive droite : Distance du point de repère A au glacier : 50^m.

Rive gauche : Distance du point de repère B au glacier : 10^m environ.

Avalanche.

Partie moyenne.

Entre les points de repère A et B, sur toute l'étendue du glacier, il a été construit un *alignement* presque régulier *de pierres*, portant empreints les n^{os} 1, 2, 3, 4, 5, 6 et, de distance en distance, les initiales avec la croix ainsi que sur les deux rives du glacier.

AUTOMNE (1893).

(17 octobre).

Front du glacier.

Rive droite : Distance du point de repère A (R) au glacier : 82^m,00 (au lieu de 78^m,00)

r_1 au glacier.. 27^m,00 (au lieu de 22^m,00)

r_2 d° 10^m,00 (au lieu de 5^m,50)

Rive gauche : Distance du point de repère B (R) au glacier : 7^m,00 (au lieu de 2^m).

Il y a donc eu un mouvement de *décru*e estivale très net.

Partie moyenne du glacier.

Rive droite : Distance du point de repère A au glacier : 57^m,20 (au lieu de 50^m).

le n° 1	a descendu de	.....	4 ^m ,40
le n° 2	d°	.....	4 ^m ,60
le n° 3	d°	.....	5 ^m ,00
le n° 4	d°	.....	4 ^m ,40
le n° 5	d°	.....	3 ^m ,60
le n° 6	d°	.....	5 ^m ,20

Rive gauche : Distance du point de repère B au glacier : 56^m (au lieu de 10^m).

L'*avalanche* qui existait près de ce point de repère, au 1^{er} et 2 juillet et dont j'ai fait mention plus haut, n'existe plus en ce moment (17 octobre).

1894.

AUTOMNE.

Front du glacier.

Rive droite du glacier : Distance du point de repère A au glacier.. 90^m,00 ; donc recul depuis 1893 : 8^m,00

R¹ au glacier.. 32^m,50. d° 5^m,50

R² d° 15^m,00. d° 5^m,00

Rive gauche du glacier : Distance du point de repère B au glacier : 12^m, 30 (donc recul : 5^m,30).

Partie moyenne du glacier

Alignement.

Rive droite du glacier : Distance du point de repère A au glacier : 60^m (donc décroissance depuis 1893...2^m,80)

le n° 1	a descendu de	8 ^m ,50	(donc depuis 1893 de :	4 ^m ,10)
le n° 2	d°	9 ^m ,00	(d°	4 ^m ,40)
le n° 3	d°	19 ^m ,20	(d°	5 ^m ,20)
le n° 4	d°	9 ^m ,00	(d°	4 ^m ,60)
le n° 5	d°	6 ^m ,70	(d°	3 ^m ,10)
le n° 6	d°	10 ^m ,50	(d°	5 ^m ,30)

Rive gauche du glacier : Distance du point de repère B au glacier : 57^m (donc décroissance : 4^m).

On voit qu'indépendamment du mouvement de *recul estival* très net dans toutes ses parties, le glacier de la Bonne-Pierre a subi, de 1893 à 1894, une *diminution* notable dans sa largeur et dans sa longueur.

Le mouvement de la glace est assez rapide ainsi que le montre le déplacement des pierres de l'alignement, mais il n'est pas égal et *plus fort du côté gauche* que du côté droit.

Observations du guide J.-B. Rodier, de la Bérarde.

Travaux du Glacier du Chardon.

1893.

(25, 26 ET 27 JUIN).

Front du glacier.

Alignement pris conforme à la fig. 4 de l'instruction relative à l'étude des glaciers; rangée à peu près régulière de *pierres* touchant la glace sur tout le *front* du glacier, portant empreints, de distance en distance, les n^{os} r 1, r 2, r 3, r 4, r 5, r 6, r 7, r 8, à la couleur verte, ainsi que les initiales, la croix et les lettres A et B.

Partie moyenne du glacier.

Alignement n° 1.

Rive droite : Initiales, croix et lettre A ; distance du point de repère A au glacier : 54^m,50.

Rive gauche : Initiales, croix et lettre B ; distance du point de repère B au glacier : 34^m,20.

Alignement n° 2.

Rive droite : Avec les initiales ci-dessus indiquées ; distance du point de repère A au glacier : 33^m,40.

Rive gauche : Distance du point de repère B au glacier : 32^m,70.

Dans chaque glacier, les points de repère établis sur chaque rive sont sur le rocher. Entre les points de repère A et B, il a été fait un alignement régulier de pierres portant empreints les n^{os} ci-contre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et, de distance en distance, les initiales et la croix.

AUTOMNE (12 OCTOBRE) 1893.

Modifications constatées :

Front du glacier.

Rive droite : R' R' r₁ au glacier. Recul constaté : 11^m,20

A.	r ₂	d ^o	—	6 ^m ,40
	r ₃	d ^o	—	1 ^m ,10
	r ₄	d ^o	—	2 ^m ,80
	r ₅	d ^o	—	7 ^m ,90
	r ₆	d ^o	—	10 ^m ,00
	r ₇	d ^o	—	16 ^m ,60

Rive gauche : r₈ d^o — 2^m,10

B.

Alignement n° 1.

Rive droite : Du point de repère A au glacier : 53^m,00
(au lieu de 54^m,10).

N° 1 a descendu de 6^m,60, seul numéro qui ait bougé dans cet alignement ; il est placé au centre du glacier.

Rive gauche : Du point de repère B au glacier : 44^m,00
(au lieu de 34^m,20).

Alignement n° 2.

Rive droite : Du point de repère A au glacier : 37^m,55
(au lieu de 35^m,40).

Les n°s 1 et 2 sont restés stationnaires.

le n° 3	a descendu de	.....	6 ^m ,60
le n° 4	d°	.....	4 ^m ,63
le n° 5	d°	.....	4 ^m ,00
le n° 6	d°	.....	5 ^m ,00
le n° 7	d°	.....	6 ^m ,00

Rive gauche : Du point de repère B au glacier : 35^m,80
(au lieu de 32^m,70).

Tous les numéros et les repères sont appliqués sur le rocher ou sur des pierres placées à cet effet. Il y a certains endroits où il y avait de la neige au printemps et l'on n'a pas très bien pu se rendre compte de l'état des choses en automne ; ce sont les endroits où la différence des chiffres est un peu grande. Ceci se produit généralement sur les rives droite ou gauche du glacier, entre la moraine et le glacier.

1894.

AUTOMNE.

Front du glacier :

r 1	au glacier :	20 ^m ,40,	donc recul de	9 ^m ,20	depuis 1893.
r 2	d°	11 ^m ,60	—	5 ^m ,20	—
r 3	d°	2 ^m ,00	—	0 ^m ,90	—
r 4	d°	4 ^m ,50	—	1 ^m ,70	—
r 5	d°	13 ^m ,60	—	5 ^m ,30	—
r 6	d°	20 ^m ,50	—	10 ^m ,50	—
r 7	d°	30 ^m ,90	—	14 ^m ,30	—
r 8	d°	4 ^m ,00	—	1 ^m ,90	—

Alignement n° 1.

Rive droite du glacier : Distance du point de repère A au glacier. 56^m,00 (donc recul de 1^m,00 depuis 1893)
le n° 1 s'est déplacé de 12^m,70 (descente de 6^m,10 —)

Rive gauche du glacier : Distance du point de repère B au glacier : 45^m,10 (Recul : 1^m,10 depuis 1893).

Partie moyenne du glacier.

Alignement n° 2.

Rive droite du glacier : Distance du point de repère A au glacier. 38^m,50, soit recul de . . . 0^m,95
le n° 1 a descendu de 1^m,10,
le n° 2 d° 1^m,50.

Les numéros 1 et 2 ci-dessus sont restés *stationnaires* en 1893, ils ne se sont déplacés qu'en 1894.

le n° 3 a descendu de 11^m,60, donc, depuis l'automne 1893, de 5^m,00

le n° 4	d°	8 ^m ,00	.....	3 ^m ,34
le n° 5	d°	8 ^m ,50	.....	4 ^m ,50
le n° 6	d°	9 ^m ,00	.....	4 ^m ,00
le n° 7	d°	12 ^m ,20	.....	6 ^m ,20

Rive gauche du glacier : Distance du point de repère B au glacier : 37^m,50 (soit recul de 1^m,70 depuis 1893).

Il résulte de ces observations que le glacier du Char-don a subi en 1893 une *décru*e estivale.

De 1893 à 1894, la *décru*e a été notable, mais plus forte sur la rive droite. Cette *décru*e s'est manifestée aussi dans le sens transversal.

Le mouvement de descente paraît assez régulier, *sauf sur le bord droit* (nos 1 et 2 de l'alignement n° 2) où il est presque nul.

Nos confrères, MM. A. Chabrand et Fr. Perrin, ont bien voulu examiner les travaux exécutés aux environs de la Bérarde et de Vallouise par J.-B. Rodier fils, P. Estienne et A. Barnéoud. Depuis lors, la Société a fait remettre à ces guides de nouvelles *chaines d'arpenteur* pour faciliter leurs mensurations, et à J.-B. Rodier, une *mire* qui doit lui servir pour l'observation et le placement des repères.

Observations sur l'état des glaciers, faites par M. Pierre Gaillard, guide de la Société, à la Chapelle-en-Valjouffrey.

1893.

(12 août.)

État du glacier de l'Aiguille d'Olan : Il s'est retiré de 500^m ; il est exposé au Sud, présente un certain nombre de grandes crevasses ; quelque peu de verglas au centre ; en pente douce. Son altitude est de 3,300^m. Sur la droite du glacier, passage du col d'Olan, neigeux, glacé complètement. Un *petit lac* à 3,050^m d'altitude.

État du glacier des Sellettes : Pente assez droite jusqu'au Bergschrund qui a une profondeur de 12^m ; deux autres crevasses mesurent 15^m, exposées au Nord du pic d'Olan ; à l'Ouest, quelques petites cascades et rochers *qui n'existaient pas autrefois*, une grande partie à plat. Le torrent s'est réduit de 1^m,50. Après, on rencontre de grandes moraines, puis des pâturages de bergers et la descente par la Lavey.

(23 août.)

Col de la Haute-Pisse : Grand éboulement avant d'arriver au glacier exposé au Sud-Ouest. Grande crête de neige dans le haut du glacier ; dans le bas, il est assez pierreux et s'est réduit de 2,020^m au moins. A l'Est, le *col de la Haute-Pisse*, à 3,150^m d'altitude ; en face, au Nord, la Brèche de l'Enchâtra. Descente dans la Mariande, de grandes pentes de neige exposées à l'Est sont fondues ; il n'y a plus que du verglas et de grandes moraines dans le bas. Dans la vallée, un chalet de bergers.

Haute-Ubaye.

(V. *Neiges et Glaciers*, 3^e article, p. 36.)

Le Glacier de Marinet.

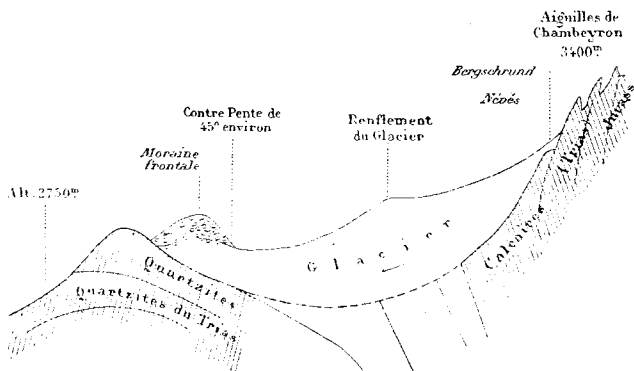


Fig. 6.

Nous nous sommes rendu en août 1893 dans la haute vallée de l'Ubaye où nous avons visité, en compagnie de M. André Antoine, de Maurin, le glacier de Marinnet, situé près de la frontière italienne, sur le versant septentrional des *Aiguilles de Chambeyron* (3400^m). Il nous paraît intéressant de consigner ici les quelques observations que nous avons faites sur ce glacier peu visité et placé en dehors de la région classique de l'Oisans.

Notons tout d'abord que toute cette région, située à l'Est de l'Ubaye, porte les traces d'une extension des glaciers beaucoup plus considérable et qui semble ne pas remonter à une période très ancienne¹. Dans le creux du col de Marinnet, sur le versant italien, il y a de belles moraines très fraîches, mais le bassin de cet ancien glacier ne contient plus actuellement que quelques névés insignifiants. Il en est de même au col de Roure, et on a l'impression d'une contrée que les glaces viennent à peine d'abandonner.

Le vallon de Marinnet lui-même (sur le versant français) est encombré par les moraines du glacier de Marinnet, qui devait avoir anciennement une extension beaucoup plus grande, mais qui a subi, depuis 1860, une nouvelle *crue*; car, sur les trois lacs que porte la carte de l'État-Major français, levée en 1855 (V. notre

¹ Ces vestiges sont ici beaucoup plus frais encore que ceux qui, par exemple, dans le Massif du Brévent et des Aiguilles-Rouges, en face du Mont-Blanc, semblent cependant si récents et montrent encore intacts les bassins de réception, les couloirs, les cônes de déjections d'anciens glaciers aujourd'hui disparus.

troisième article, page 36, renseignements de M. André Antoine sur le même sujet), un seul subsiste en son entier, un autre est actuellement à moitié comblé par la moraine frontale, et le troisième, le plus près du glacier, a déjà disparu sous le front progressant de ce dernier.

Toutefois aujourd'hui, le glacier de Marinet, autrefois unique, commence à se diviser en deux branches. Il est, dans sa partie inférieure, couvert d'une épaisse couche morainique (*moraine superficielle*) qui n'empêche pas, cependant, les crevasses d'être visibles. Remarquons aussi que la carte de l'État-major français (type 1889) n'est pas conforme à la réalité ; elle attribue au glacier une étendue qu'il n'a pas.

De superbes *tables de glaciers* formés de blocs de calcaire rouge (marbre de Guillestre) se présentent en de nombreux points avec une netteté et une fréquence peu communes. La surface du glacier (dont la fig. 6 donne le profil) offre toutes les particularités classiques : ailes d'insectes, papillons et petits cailloux enfoncés dans la glace ; *crevasses multiples*, ruisseaux superficiels et *moulins*.

En dessous des névés et du Bergschrund existe un *plateau* doucement incliné où la traversée du glacier est facile, puis, après un léger *renflement*, la pente s'accroît. Vers le front du glacier, on remarque une *contre-pente*, puis la *moraine frontale* buttant contre un *seuil* rocheux de quartzites que le glacier devait franchir jadis en cascade et qu'il contourne actuellement par la gauche.

Le front du glacier est à une altitude d'environ 2,750^m.

Les éléments de la moraine sont : des calcaires gris triasiques, des calcaires phylliteux et des blocs de calcaire rouge amygdaloïde (dit « calcaire ou marbre de Guillestre ») appartenant au Jurassique supérieur et provenant des Aiguilles de Chambeyron (côté ouest). Ces blocs rouges existent seulement sur les *moraines latérales* de gauche (Ouest), sur les moraines du côté droit, les calcaires noirâtres du Trias existent seuls, par suite de la constitution même du bassin de réception. Grâce à cette différence de couleur des matériaux de droite et de gauche, il est facile à constater qu'ils ne se *mélangent pas dans la moraine frontale* et que, là encore, les blocs rouges occupent la partie ouest, et les noirs, la partie est.

M. Antoine a placé, d'après nos indications, une série de *repères* à la couleur verte et aux initiales de la Société. Enfin, nous nous sommes procuré des *photographies* représentant l'état actuel du glacier de Marinet.

* * *

Les renseignements qui précèdent peuvent être résumés de la façon suivante :

<i>Glaciers observés.</i>	<i>Noms des Observateurs.</i>	<i>Variations de 1893 à 1894</i>
1. Glacier Lombard.	Emile Pic,	Décrue.
2. — de la Meije,	Emile Pic,	Décrue (partie E.).
3. — du Râteau,	Emile Pic,	Décrue (portion O.).
4. — du Vallon,	Emile Pic.	Décrue accentuée.
5. — du Lac,	Emile Pic.	Décrue.
6. — de Séguret-Fo- ran,	J. Boy, puis P. Estienne et Barnéoud,	Décrue.
7. — du Casset,	J. Boy, puis Emile Pic,	Décrue.
8. — du Monétier,	J. Boy, puis Emile Pic,	Décrue.

<i>Glaciers observés.</i>	<i>Noms des Observateurs :</i>	<i>Variations de 1893 à 1894</i>
9. Glacier du Pré-des-Fonds,	J. Boy,	Décrue.
0. — Blanc,	P. Estienne et A. Barnéoud,	<i>Crue.</i>
1. — Noir,	P. Estienne et A. Barnéoud,	Décrue.
2. — du Sélé,	P. Estienne et A. Barnéoud,	Décrue.
3. — de la Pilatte,	J.-B. Rodier fils,	Décrue.
4. — de la Bonne-Pierre,	J.-B. Rodier fils,	Décrue.
5. — du Chardon,	J.-B. Rodier fils,	Décrue.
6. — de l'Aiguille-d'Olan,	P. Gaillard,	Décrue.
7. — des Sellettes,	P. Gaillard,	Décrue.
8. — de la Haute-Pisse,	P. Gaillard,	Décrue.
9. — de Marinnet,	W. Kilian et André Antoine,	<i>Crue.</i>

Ainsi, sur dix-neuf glaciers observés, *deux* seulement sont en crue ; l'un deux, le *Glacier Blanc* est le même dont nous signalions la *crue* en 1893, d'accord avec les renseignements du prince R. Bonaparte.

On sait qu'avant 1890, les glaciers de la Meije et d'Olan étaient en crue. En 1891, le glacier de la Meije était devenu stationnaire. Le glacier du Râteau était en crue en 1891 ; actuellement il décroît. Le glacier du Casset avançait en 1892 ; maintenant, il recule ; il en est de même des glaciers du Monétier, du Pré-du-Fonds et des Sellettes.

Il semble donc que la période de crue qui semblait s'annoncer pour nos glaciers ne soit pas encore près de se réaliser complètement.

NOTA.

Nous croyons être d'autant plus utile aux géologues en essayant de répandre les notions relatives aux Glaciers, que les études sur les formations fluvioglaciales sont actuellement à l'ordre du jour. Or, nous avons été très surpris de constater combien peu certains de nos confrères, qui se sont fait une spécialité de ces recherches, connaissent les glaciers actuels et les dépôts qu'ils engendrent sous nos yeux. Il nous serait même facile de citer maints géologues qui n'ont jamais pris la peine de visiter un Glacier.

Depuis la publication de notre dernier article, les travaux concernant l'étude des glaciers et des phénomènes d'enneigement ont surgi de toutes parts. L'espace dont nous disposons ne nous permet pas de tenter une analyse tant soit peu complète de ce qui a été écrit sur ce sujet, aussi nous bornerons-nous à signaler quelques-uns des mémoires les plus importants publiés récemment sur la matière, laissant à nos lecteurs le soin d'utiliser ces courtes indications et de les compléter en consultant les travaux originaux qui y sont mentionnés.

Les *rapports annuels de M. Forel* (Annuaire du Clup Alpin Suisse) leur seront un guide aussi précieux qu'instructif¹; nous ne saurions trop leur en recommander l'étude : Dans le XIV^e d'entre eux, qui vient de paraître, le savant glaciologue suisse s'occupe « des variations simultanées des Glaciers d'un même groupe ». Il arrive, malgré les tendances individuelles que manifestent, en leurs modifications, beaucoup de nos appareils glaciaires, à la conclusion que : *les glaciers du même groupe géographique ont une tendance à présenter les mêmes variations de grandeur.* « Les recherches futures nous apprendront, dit-il, s'il faut préciser cette loi en disant : « le même massif de montagnes » ou « le même bassin hydrographique ». M. Forel montre en outre comment on peut expliquer par des *retards individuels* dans la crue ou la décrue, le fait que, dans le même groupe, certains

¹ Comme du reste toutes les publications de cet auteur, parues pour la plupart dans les Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève.

glaciers sont en avance ou en retard sur d'autres dans leurs variations.

Le *Prince Roland Bonaparte* a communiqué au Congrès géologique international de Zurich de nouveaux résultats sur les variations des Glaciers français et sur les travaux considérables de mesure qu'il a entrepris dans les Alpes et les Pyrénées: A l'heure où nous écrivons, ce rapport n'a point encore paru *in extenso* ; nous regrettons donc de ne pouvoir en donner aux lecteurs de l'*Annuaire* l'analyse détaillée.

Mentionnons encore quelques publications particulièrement intéressantes quoique ne concernant pas directement les Alpes dauphinoises :

ED. BRÜCKNER. *Klimaschwankungen seit 1700.* (Wien 1890.) M. Brückner a tiré d'un immense travail de statistique, la conclusion qu'à chaque 33^e année, il revient une phase météorologique de froid et d'humidité, pendant laquelle les eaux sont hautes dans les lacs et les fleuves, les *glaciers sont à leur maximum*, les vendanges sont tardives, etc. Aux époques intermédiaires, il y a une phase de chaleur et de sécheresse, durant laquelle les phénomènes sont en sens inverse.

L'existence de ce « *Cycle de Brückner* » a été vérifié par M. Ed. Richter dans son beau travail historique sur les variations des Glaciers des Alpes, [ED. RICHTER : *Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher.* (Zeitschrift des D. u. Ö. Alpen-Vereins, 1891)], qui conduit le savant professeur de Gratz aux résultats suivants :

1^o *Les crues de glaciers* se renouvellent dans des périodes dont la longueur oscille entre 20 et 45 ans et

dont la valeur moyenne, pendant les trois derniers siècles, a été de 35 ans.

2° Ces crues ne sont pas toutes d'égale intensité et ne sont pas uniformes. L'intensité d'une crue donnée n'est pas la même pour tous les glaciers. Plusieurs glaciers ont atteint pendant plusieurs de leurs crues leur extension maxima.

3° Il n'est pas rare de voir, qu'en apparence du moins, certaines périodes ne se font pas sentir chez quelques glaciers, c'est-à-dire qu'une des crues ou une des décrues est si peu marquée que ses effets disparaissent par rapport à ceux des deux périodes voisines et qu'il en résulte une période de crue ou de décrue de longueur double.

4° Les oscillations des glaciers coïncident d'une façon générale avec les dates données par Brückner pour les variations climatériques des trois derniers siècles. La crue se fait déjà sentir pendant la période humide et froide; le retard de la période est donc moindre qu'on ne l'admettait jusqu'à présent.

5° Ce que nous savons des périodes antérieures à 1880 ne permet pas de conclure que dans certaines parties des Alpes les périodes de crue aient apparu plus tôt qu'ailleurs, surtout si l'on considère que les Alpes occidentales possèdent, en raison de la plus grande raideur de leur pente, les glaciers les plus « actifs ».

6° La critique attentive des légendes populaires suivant lesquelles certains glaciers auraient été jadis plus restreints et certains cols plus accessibles montre que :

a) Certaines de ces traditions supposent des modifications si considérables dans l'état des glaciers qu'elles se seraient manifestées par d'autres phénomènes qui

n'auraient pas passé inaperçus (conditions de la végétation, etc.).

b) Une série de changements survenus dans les cols (col de Fenêtre, Monte Moro, etc.), s'expliquent suffisamment par les variations connues des glaciers.

7° Il n'existe pas de preuves suffisantes pour admettre qu'aux époques historiques antérieures au xvi^e siècle, les glaciers des Alpes aient été, pendant de longs espaces de temps, beaucoup *moins considérables* qu'actuellement.

M. ED. RICHTER a également publié dans le xxv^e Annuaire du Club Alpin austro-allemand (*Zeitschrift des deutschen und oesterreichischen Alpenvereins*), consacré à l'histoire des vingt-cinq années d'existence de cette belle société et aux travaux de tous genres qu'elle a suscités dans les Alpes, un lumineux exposé sur *l'histoire des progrès de la Glaciologie*. Cet article est très attachant ; il permet de se rendre compte du développement de la science des Glaciers et il fait voir aussi combien l'initiative des Sociétés alpines, et en particulier du Club Austro-allemand, en a su hâter les progrès. L'auteur nous montre par exemple que, même sans se livrer à des travaux dispendieux et à des entreprises aussi grandioses que celle qui a produit, au glacier du Rhône, de si beaux résultats, il est possible, par l'établissement de marques et de jalons¹ soigneusement repérés de fournir à la Glaciologie de précieux documents qui permettront dans l'avenir de mettre en

¹ C'est là précisément ce qu'a entrepris notre Société des Touristes du Dauphiné.

lumière et d'évaluer les mouvements des glaciers, fournissant ainsi à nos successeurs une base sûre pour leurs travaux.

MM. FINSTERWALDER, KERSCHENSTEINER et HESS ont publié des observations pluviométriques et nivométriques très intéressantes sur les régions orientales des Alpes. Ces deux derniers ont entre autres exécuté un relevé cartographique et altimétrique du Hochjochferner et de ses glaciers ; ils ont procédé à l'installation de signaux et de cercles de pierres, et ont accumulé une série de documents photographiques. Le but qu'ils poursuivent est d'analyser le mouvement spécial des glaciers *peu inclinés* comme l'est le Hochjochferner. (Ce glacier semble être en crue actuellement.)

M. FINSTERWALDER s'occupe en outre de recherches sur le débit des torrents.

On lira aussi avec fruits :

FINSTERWALDER. — Comment les glaciers érodent-ils ? (Wie erodiren die Gletscher ? — t. XXII du Club Alpin austro-allemand).

SEELAND. — Études sur le Glacier de la Pasterze pendant l'année 1890. — (Ibid.).

Desiderata.

En terminant, nous rappelons à l'attention de nos collègues, les *desiderata* formulés dans nos derniers rapports.

Il nous est pénible d'avouer ici que personne parmi

les membres de la Société des Touristes du Dauphiné ne semble les avoir pris à cœur. Les encouragements¹ nous sont venus du dehors, aucun collaborateur ne s'est trouvé pour nous aider à dépouiller les documents envoyés par nos guides. Ce n'est pas sans découragement que nous comparons notre isolement à l'activité qui entoure les glaciologistes des autres pays et que nous constatons l'indifférence qui règne dans le milieu où nous travaillons, pour toutes les questions qui dépassent en portée philosophique l'alpinisme sportif ou utilitaire.

¹ Nous ne parlons pas ici des sacrifices pécuniaires; la Société des Touristes du Dauphiné ne les a pas ménagés.

B. — ENNEIGEMENT ET CLIMATOLOGIE

Nous avons commencé, dans un de nos précédents articles, à faire connaître les variations de température observées dans les postes d'hiver que l'administration militaire a établis depuis quelques années sur la frontière alpine.

Depuis cette époque, la Société des Touristes a fait en M. le professeur Lachmann une précieuse recrue. Notre éminent collègue s'étant occupé avec activité et succès de la création de jardins alpins en Dauphiné et de l'acclimatation de divers végétaux à de grandes altitudes, a été amené tout naturellement à l'étude des conditions climatiques dans les hautes régions. Nous avons été heureux de lui céder la coordination des documents recueillis par la Société sur ces questions et dont nous n'avions entrepris la publication que pour ne pas laisser dans l'oubli une foule d'indications précieuses pour la science. Nous n'avions, en effet, jusqu'à présent trouvé parmi nos confrères déjà très occupés par des travaux d'un autre ordre, personne qui voulût se charger de cette tâche.

Nous ne parlerons donc cette année que des documents relatifs à l'enneigement et nous espérons que cette partie de notre travail ne tardera pas, elle aussi, à tenter quelque personne moins absorbée que nous

par ses devoirs professionnels et sans doute plus compétente en ce qui concerne la climatologie.

M. Lachmann traitera, dans un article spécial, de tout ce qui concerne les statistiques de météorologie alpine ; nous croyons utile cependant de publier ici quelques renseignements recueillis par le bureau de la Société, ainsi que quelques données que nous devons à l'administration militaire, sur la façon dont est organisé, dans les postes de la frontière, le service des observations.

Nivomètres.

Les *nivomètres* établis par la Société en différents points ont donné les résultats suivants :

1° Le nivomètre du col de Valgelaye (col d'Allos) a été régulièrement observé ; on trouvera plus bas le tableau des observations fournies par cet appareil et recueillies par les soins de M. l'Ingénieur des ponts et chaussées de Barcelonnette ;

2° Le nivomètre de la Bérarde, placé sur le chemin de la Bonne-Pierre, a été visité par J.-B. Rodier, ainsi qu'on le verra plus bas ; nous regrettons que ce guide n'ait pas multiplié davantage ses observations ;

3° Le nivomètre du col du Lautaret que M. Bonnabel, gérant de l'hospice, avait, malgré les avis réitérés de la Société, négligé de placer, n'ayant, nous a-t-il dit, pas trouvé d'exposition propice¹ pour l'instrument, a

¹ Quant aux statistiques nivométriques que nous avait promises M. Bonnabel, elles ne nous sont point parvenues. M. Bonnabel fait chaque hiver de nombreux relevés pour la Commission météorologique des Hautes-Alpes ; — nous n'avons pas réussi à en obtenir communication.

été, par nos soins, placé à la Grave ; le guide Émile Pic a été chargé de l'observer, ce dont il s'est acquitté avec le plus grand zèle, ainsi que le montrent les renseignements que nous publions plus bas ;

4° Le nivomètre du Jardin-Alpin, confié à M. le professeur Lachmann, n'a pas été encore installé, le jardin de Champrousse étant abandonné pendant l'hiver, et personne ne pouvant faire les observations¹ hivernales indispensables. Nous espérons que cette lacune sera bientôt comblée.

Il peut être utile et intéressant de signaler ici à nos lecteurs un nouvel appareil nivométrique imaginé par M. le Dr Prompt et décrit dans le *Bulletin de la Société dauphinoise d'anthropologie*² (avril 1895, t. II, n° 1). — M. le Dr Prompt a installé deux de ces « *neigeomètres* » en Oisans : l'un au Bourg-d'Oisans même (altitude 720^m), l'autre à Vaujany (altitude 1,250^m).

C'est là une heureuse initiative à laquelle on ne saurait trop applaudir et dont les résultats sont appelés à compléter très utilement les données fournies par les nivomètres de notre Société.

¹ Nous remarquerons que, *dans tous les cas*, il serait préférable de placer, dès à présent, cet instrument. A défaut d'une observation régulière, il pourrait être visité dans le cours de l'une ou l'autre des courses d'hiver qui se multiplient d'année en année. On en tirerait au moins ainsi quelques données isolées qu'il est bien impossible d'avoir tant que le nivomètre ne sera pas placé.

² *Dr Prompt* : Le climat de l'Oisans ; la Mesure de la neige. Grenoble, 1895. (*Bull. Soc. dauph. d'Ethnol. et d'Anthr.*, t. II, n° 1. Avril 1895.)

BIBLIOGRAPHIE.

Ed. Brückner. — Ueber den Einfluss der Schneedecke auf das Klima der Alpen. (Zeitschr. des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, 1893.)

Zeller. — Die Scheegrenze im Triftgebiet (Vierteljahrsschrift d. natürl. Gesellschaft in Zürich, 1895.)

Dans les Alpes orientales, M. *Erck* a fait des observations sur les précipitations atmosphériques dans les environs du « Steinernes mer » qui semble être une des stations les plus pluvieuses d'Europe.

M. *Forel*. [xi^e rapport (1890) sur les variations périodiques des Glaciers des Alpes (Jahrb. des S. A. C., t. XXVI] a fait paraître quelques considérations fort intéressantes sur l'Enneigement (« Observations nivométriques sur les hauts névés des Alpes »). On y trouvera des conseils sur les observations qui peuvent être faites à ce point de vue.

Nivomètre du col de Valgelaye¹ ou col d'Allos
(Basses-Alpes).

Altitude : 2,250^m.

DATES.	Chute de neige.	OBSERVATIONS.
1893		
1 ^{er} novembre.	0 ^m 10	Du 1 ^{er} novembre 1893 au 7 avril 1894 : 74 jours de beau temps; 13 jours de tourmente.
10 —	0,08	
18 —	0,06	
4 décembre.	0,05	
11 —	0,30	
20 —	0,10	
5 janvier 1894.	0,30	
7 —	0,10	
10 —	0,50	
18 —	0,50	
23 —	0,45	
24 —	0,40	
26 —	0,70	
14 mars.	0,20	
6 avril.	0,30	
7 —	0,40	
Total.....	4 ^m 54	

¹ Établi, sur l'initiative de M. F. Arnaud, de Barcelonnette.
par la Société des Touristes du Dauphiné.

Nivomètre du col de Valgelaye (suite).

DATES.	Chute de neige.	OBSERVATIONS.
1894		
14 septembre.	0 ^m 30	
27 —	0,40	
28 décembre.	0,06	
13 janvier 1895.	0,40	
14 —	0,30	
15 —	0,70	
16 —	0,60	
24 —	0,15	
3 février.	0,15	Les observations cessent le 31 mars 1895; du 1 ^{er} novembre au 31 mars : 58 jours de beau temps; 6 de tourmente.
8 —	0,20	
9 —	0,10	
11 —	0,15	
12 —	0,08	
14 —	0,05	
21 —	0,10	
25 —	0,25	
26 —	0,25	
4 mars.	0,12	
5 —	0,05	
8 —	0,05	
13 —	0,10	
20 —	0,10	
24 —	0,25	
25 —	0,20	
28 —	0,05	
Total.....	5 ^m 66	

Observations faites sur le nivomètre de la Grave ¹ par le guide Em. Pic.

Année 1894.

Décembre.

La neige a commencé à tomber dans la nuit du 17 au 18.

Relevé sur le nivomètre le 18, à 8 heures du matin : **0 m. 12.**

Dans la nuit du 27 au 28 il y a eu **0 m. 35 cent.** de neige (relevé sur le nivomètre le 28 décembre).

Temps passable jusque vers le 6 janvier.

Année 1895.

Observations du mois de janvier faites sur le nivomètre.

Du 6 le temps a été très beau mais très vif jusqu'au 11 ; le 12, temps douteux ; dans la nuit du 12 au 13 vent, la neige a commencé à tomber le 13 matin, vers 8 heures ; le 14 matin : **12 centimètres** ; les 15, 16 et 17, neige et pluie.

Relevé le 17 au matin 8 heures : **0 m. 40 cent.**

Le 20, temps doux et neige.

Relevé le 21, à 8 heures du matin : **0 m. 06 cent**

¹ Ce nivomètre est placé à une altitude d'environ 1,450 mètres entre l'hôtel Juge et la Romanche, dans un endroit abrité où la neige n'est ni balayée ni accumulée par le vent.

Les 23 et 24, neige et pluie.

Relevé le 24 : **0 m. 10 cent.**

Les 26 et 27, neige, très froid.

Relevé le 27 matin, 8 heures : **0 m. 07 cent.**

Du 27 au 28, neige, grésil.

Relevé le 28 matin : **0 m. 15 cent.**

Février.

Du 3 au 4, neige.

Relevé le 4 matin, 8 heures, neige tombée : **0^m 15.**

Du 6 au 7, neige.

Relevé le 8 matin, 8 heures, neige tombée : **0^m 32.**

Du 11 au 12, neige.

Relevé le 12 matin, 8 heures, neige tombée : **0^m 21.**

Du 15 au 16, neige grésilleuse.

Relevé le 16 matin, 8 heures, neige tombée : **0^m 07.**

Mars.

Du 4 au 5, neige grésilleuse puis ensuite pluie et neige.

Relevé le 5, à 8 heures : **0 m. 11 cent;** 10 et 11, neige humide et vent chaud.

Relevé le 11, à 8 heures : **0 m. 09 cent.**

Les 24 et 25, pluie; les 26 et 27, neige, grésil.

Relevé le 27, à 8 heures : **0 m. 15 cent.**

Le 27 il a recommencé à tomber de la neige molle et pluie vers midi, et le 28, neige molle et pluie.

Relevé le 29, à 8 heures : **0 m. 29 cent.**

Avril.

Le 6, neige, pluie et vent chaud.

Relevé le 7 au matin : **0 m. 12 cent.**

Toutes ces dernières chutes de neige ont complètement disparu en ce moment (fin avril) de la Grave.

Mai.

Du 16 au 17, pluie et neige, très froid, mais avec neige sur les hauteurs.

Juin.

A partir du 2, il a plu, et la neige est tombée très fort sur les hauteurs jusqu'au 12.

L'enneigement du col du Galibier est, d'après divers documents qui nous sont parvenus, éminemment *variable*. C'est ainsi qu'en 1879 il est resté à peu près impraticable, tandis qu'en 1880, on pouvait y passer dès le mois de juillet, ce qui, depuis, a lieu presque chaque année.

Nivomètre de la Bérarde (alt. 1738^m).

Placé à environ 500^m du village, en un lieu abrité du vent, sur le chemin de la Bonne-Pierre. L'appareil est solidement fixé à un poteau bien planté dans le sol.

Observations faites par J.-B. Rodier pendant l'hiver 1894¹ :

20 janvier, 20 cent. de neige.

28 janvier, 50 cent. —

¹ Ces renseignements sont, comme on le voit, bien peu nombreux, et le guide J.-B. Rodier n'a pas, cette fois, fait preuve de bonne volonté.

M. **André Antoine**, de Maurin¹, par Saint-Paul-sur-Ubaye, a fait pendant l'hiver 1893-94 les observations suivantes qu'il nous a obligeamment transmises :

30 décembre 1893, à 7 heures du matin, — 18°

31 — — — — — 21°

1^{er} janvier 1894, à 7 heures du matin, — 20°

4 — — — — — 16°

5 — — — — — 17°

9 janvier 1894, à 7 heures du matin, — 15° (temps clair).

9 janvier 1894, à 4 heures du soir, — 4° (temps couvert et neige).

« Très probablement, la période froide est terminée ;
« voilà deux ans que nous avons à la même époque et
« à quelques jours près, une période très froide. Peu
« de neige jusqu'au 9 janvier (0,30 dans les bas-fonds),
« cependant le terrain en est couvert partout, sauf sur
« les pentes très accidentées de la rive droite où elle
« a disparu. »

¹ L'église de Maurin (Maljasset) est à une altitude de 1910^m.

**Documents fournis par l'administration
militaire.**

Nous avons extrait des pièces nombreuses que M. le Général commandant le XIV^e corps d'armée a bien voulu communiquer au Président de la Société des Touristes, les données suivantes qui présentent, au point de vue scientifique, un très grand intérêt :

ÉTAT indiquant le nombre et l'espèce des instruments de météorologie dont les postes d'hiver sont pourvus, à la date du 1^{er} mai 1893.

INDICATION des POSTES OU DÉTACHEMENTS et de leur altitude.		Thermomètre à maxima et minima.	Thermomètre sec ordinaire.	Baromètre.	Hygromètre.	Pluviomètre.	Neigeomètre.	Anémomètre.	NOTICE ET CARNET d'observations	OBSERVATIONS
Tarentaise.	Redoute-Ruinée (2412 ^m).....	3	1	2	»	1	»	1	1	Il serait vivement à désirer que les postes soient pourvus de nivomètres (modèle de la S.T.D. ou modèle du Dr Prompt), et W. KILIAN.
	Truc (1550 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1	
	Chapieux (1550 ^m).....	1	1	1	1	1	»	»	1	
	Séloge (1825 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1	
	Vulnis (1070 ^m).....	1	1	1	1	1	»	»	1	
	Moutiers.....	»	»	»	»	»	»	»	»	
Maurienne.	Lesseillon (1320 ^m).....	1	»	1	»	»	»	»	1	
	La Turra (2500 ^m).....	1	1	1	1	»	»	»	1	
	Lanslebourg (1400 ^m).....	1	»	1	»	»	»	»	1	
	Le Replaton (1200 ^m).....	1	»	»	»	»	»	1	1	
	Le Sapey (1750 ^m).....	1	1	1	1	»	»	»	1	
	Le Replat (1150 ^m).....	1	»	»	»	»	»	»	1	
	Le Télégraphe (1600 ^m).....	1	1	1	1	1	»	1	1	
Environs d'Albertville.	Albertville.....	»	»	»	»	»	»	1	»	
	Le Mont (1180 ^m).....	1	»	1	»	»	»	»	1	
	Tamié (envir. 952 ^m).....	1	»	»	»	»	»	»	»	
	Lestal (envir. 900 ^m).....	»	»	1	»	»	»	»	»	
	Villard-Dessous (450 ^m).....	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Aiton (400 ^m).....	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Montperché (1000 ^m).....	»	»	»	»	»	»	»	»	
Montgilbert (1380 ^m).....	»	»	»	»	»	»	»	»		

Briançonnais.	Briançon (porte d'Embrun) (1275 ^m)..	1	1	1	1	1	1	1	1
	Infernel (2350 ^m).....	1	1	1	1	»	»	»	1
	Ouvrage C du Gondran (2450 ^m).....	1	1	1	1	1	»	»	1
	Ouvrage D du Gondran (2420 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
	Olive (2250 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
	Croix-de-Bretagne (2000 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
	Plampinet (1488 ^m).....	1	»	»	»	»	»	»	»
	Les Acles (2250 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
	La Seyte (2125 ^m).....	1	»	»	»	»	»	»	»
La Cochette (2353 ^m) (près Briançon)..	1	»	»	»	»	»	»	»	
Guil et Durance.	Montdauphin (1050 ^m).....	1	1	1	»	»	»	1	1
	Château-Queyras (1425 ^m).....	1	1	»	»	»	»	1	»
Région de l'Ubaye.	Saint-Vincent (1320 ^m).....	1	1	1	»	»	»	1	1
	Tournoux (fort moyen) (1515 ^m).....	»	1	1	1	1	»	1	1
	Baraquement de l'Ubaye (1300 ^m)....	»	1	»	»	»	»	»	»
	Vallon (Glaus (2100 ^m) (S. O. de St-Paul- sur-Ubaye).....	1	1	1	»	»	»	1	1
	Larche (1697 ^m).....	1	1	1	1	1	»	1	1
	Roche-la-Croix (1900 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
	Virayse (2765 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
	Baraquements de Virayse (2500 ^m)..	1	1	»	»	»	»	»	»
	Cuguret (1864 ^m).....	1	1	1	»	»	»	»	1
Jausiers (1250 ^m).....	»	»	1	»	»	»	»	1	
Embrun (870 ^m).....	»	»	»	»	»	»	»	»	
Gap (750 ^m).....	»	»	»	»	»	»	»	»	

A cette liste, on ajoutera les localités suivantes où ont été établis, depuis 1893, de nouveaux postes d'observation :

La Platte (altit. 2000^m) — Haute-Tarentaise.

Le Janus (altit. 2530^m) — Briançonnais.

Col de Fréjus (altit. 2500^m) — Massif du Mont-Cenis.

Col Agnel (altit. 2498^m) — Queyras.

Les Sollières (altit. 2700^m) — Massif du Mont-Cenis.

Il a été distribué à tous ces postes des carnets d'observations météorologiques contenant les instructions suivantes :

Heures et mode des observations.

HEURES DES OBSERVATIONS.

Les observations barométriques, thermométriques ordinaires, hygrométriques, anémométriques ont lieu trois fois par jour, à 6 heures du matin, midi, 6 heures du soir. Dans le cas où l'on ferait des observations à minuit, le résultat serait porté sur le carnet.

Les températures minima et maxima et la quantité d'eau tombée dans les 24 heures sont relevées une fois par jour, à midi.

Dans le cas où le poste posséderait d'autres instruments que ceux indiqués dans la notice, les résultats des observations faites avec ces instruments seraient portés dans la colonne « Observations » du Carnet.

MODE DES OBSERVATIONS.

Les observations sont faites de la manière suivante :

Thermomètre ordinaire. — Aux heures indiquées, la température est lue sur le thermomètre et portée sur le carnet.

Thermomètre à minima et à maxima. — Chaque jour, à midi, on lit la température maxima et minima sur l'échelle graduée vis-à-vis la partie inférieure du curseur, que l'on ramène ensuite en contact avec la colonne de mercure au moyen de l'aimant.

Les thermomètres devront toujours être à l'ombre, on devra donc les exposer au Nord.

Baromètre. — La hauteur barométrique h est relevée aux heures fixées comme il est indiqué dans la notice.

Psychromètre. — Chaque jour, une heure avant l'heure indiquée pour les observations, c'est-à-dire à 5 heures du matin, 11 heures du matin et 5 heures du soir, *mais seulement si la température est égale ou supérieure à + 2°*, on remplit d'eau le tube à eau et on le bouche ensuite hermétiquement à la partie supérieure.

Puis, à l'heure fixée pour les observations, on note la température t ou thermomètre sec, celle t' du thermomètre humide, et l'on calcule l'état hygrométrique de l'air par la formule $x = F' - \frac{0.429 (t - t')}{610 - t'} h$.

dans laquelle t et t' sont les températures lues sur les thermomètres du psychromètre, h la hauteur barométrique donnée par le baromètre et F' le nombre correspondant à la température t' donnée par la table jointe à la notice.

Le nombre x ainsi trouvé est porté dans la 3^e colonne

du carnet d'observations. L'observation terminée, on vide le tube à eau.

Anémomètre girouette. — La direction du vent est donnée par la position du pavillon, sa vitesse est indiquée par la position du curseur qui termine les lamelles sur les trous percés dans le pavillon. La vitesse correspondant à chaque trou est indiquée dans la notice. Si le curseur s'arrête entre deux trous, la vitesse du vent sera la moyenne entre les vitesses correspondantes à ces deux trous.

Pluviomètre. — Pour obtenir la quantité d'eau tombée dans les 24 heures, ayant à midi rempli le pluviomètre d'eau jusqu'à ce que l'eau affleure à la division 0 du tube en verre, on lit le lendemain à midi sur le tube la division à laquelle l'eau affleure au-dessus de 0.

Le nombre ainsi lu, donne le nombre de millimètres d'eau tombée dans les 24 heures.

La lecture faite, on ramène le niveau de l'eau à 0, pour préparer l'observation pour une nouvelle période de 24 heures.

Toutefois afin d'éviter les accidents, *on ne devra faire fonctionner l'appareil que s'il n'y a aucune crainte de gelée.* Dans le cas contraire, l'eau sera complètement vidée et l'appareil couvert.

Courbes des variations de pression et de température.

Les variations barométriques et celles des températures maxima et minima seront représentées par des courbes qui seront construites, comme il est indiqué

ci-dessous, sur les pages de papier quadrillé placées dans le carnet.

1° COURBES MENSUELLES DE VARIATIONS DE PRESSION BAROMÉTRIQUE.

Pour construire cette courbe, on trace une ligne horizontale $0,0_1$ (voir le modèle ci-joint) représentant la pression correspondant à l'indication *variable* du baromètre du poste (dans l'exemple 650 millimètres). On construira ensuite la courbe par points en comptant sur les horizontales à partir de l'origine 0 les jours et heures à raison de 2 centimètres par jour et 0 cent. 5 par période de 6 heures, et sur la verticale correspondant à chaque observation, une longueur égale au nombre de millimètres exprimant la différence entre la pression observée et celle correspondant à l'indication variable. Cette longueur est portée au-dessus ou au-dessous de la ligne $0,0_1$ suivant que la pression observée est supérieure ou inférieure à la pression de variable. Pour faciliter la lecture, on inscrit en haut de la feuille et horizontalement les jours du mois de 2 en 2 centimètres et sur la gauche, de centimètre en centimètre et verticalement, les pressions correspondant à un nombre entier en centimètres en se limitant à un écart de 4 centimètres, de part et d'autre de variable. De cette façon, on peut figurer sur une feuille les observations du mois entier, au moyen de deux lignes horizontales $0,0_1$ et $0_2,0_3$ correspondant, la première aux 15 1/2 premiers jours du mois, la deuxième aux 15 1/2 autres.

Dans l'exemple tracé comme modèle ayant, par

exemple, observé le 2, à 6 heures du matin, une pression de 670 millimètres, on obtient le point B correspondant en portant horizontalement une longueur $OA = 2$ centimètres 5 (1 jour + 6 heures) et verticalement 2 centimètres (670 — 650).

De même le 3^e jour, à 6 heures du matin, ayant observé une pression de 640 millimètres, on a obtenu le point C en portant sur la verticale tracée à 4 centimètres 5 du point O (2 jours + 6 heures) une longueur de 1 centimètre (650 — 640 = 10 millimètres). Cette dernière longueur a été portée au-dessous de la ligne $O,0_1$ parce que la pression est inférieure à 650 (variable).

La courbe est figurée en réunissant par un trait les différents points obtenus.

Si, comme cela aura lieu souvent, il n'est pas fait d'observation à minuit, on réunit par un trait les deux points correspondant aux pressions à 6 heures du soir et 6 heures du matin.

2^o COURBES DE VARIATIONS DE TEMPÉRATURE.

On construit les courbes d'une façon analogue. La ligne $O,0_1$ correspond à la température 0° , on porte sur l'horizontale un centimètre par jour et sur la ligne verticale correspondant à chaque jour une longueur égale en millimètres au nombre de degrés constatés, cette longueur étant portée au-dessus et au-dessous de la ligne $O,0_1$ suivant que la température est supérieure ou inférieure à 0° .

Pour chaque jour, on marque un point A correspondant à la température maxima et un point B corres-

pendant à la température minima. En réunissant par des traits pleins les points A et par des traits pointillés les points B, la courbe pleine représente la courbe de variations de la température maxima, la courbe pointillée celle des variations de la température minima.

Dans le modèle, le 8 du mois, on a mesuré une température maxima de $+ 10^{\circ}$ et une température minima de $- 20^{\circ}$. Les points A et B ont été obtenus en portant sur la verticale du 8, 10 millimètres au-dessus de la ligne 0,0₁ et 20 millimètres au-dessous de cette ligne.

Nota. — On peut sur chaque feuille tracer les courbes de deux mois, comme l'indique le modèle. Pour faciliter les lectures, on marque en haut de la feuille les jours du mois de centimètre en centimètre, et à gauche également de centimètre en centimètre les températures de 10° en 10° en se limitant à $+ 40^{\circ}$ et $- 40^{\circ}$.

Les CHUTES DE NEIGE sont également relevées journellement dans tous les postes.

* *
*

Nous ne nous occuperons pas ici des données météorologiques autres que celles qui concernent l'enneigement, laissant à M. le Professeur Lachmann, plus compétent que nous, le soin de faire connaître les résultats contenus dans les cahiers d'observations qui nous ont été communiqués.

Notre projet était de donner sous forme de *courbes*, les hauteurs de neiges tombées dans les diverses stations, afin de les comparer aux courbes de température dres-

sées par M. Lachmann. Notre collègue ayant préféré la forme de *tableaux*, nous avons renoncé à notre projet. Il nous paraît cependant indispensable de faire remarquer que la traduction en courbes des documents fournis par les carnets d'observations militaires aurait eu beaucoup d'avantages. Ce mode de représentation aurait permis à tous les lecteurs intelligents, de saisir, sans se livrer à un travail ardu de comparaison de chiffres, la marche générale des phénomènes météorologiques dans les postes d'observation; il aurait fait ressortir des rapports et des coïncidences que les tableaux ne permettent de déceler qu'après une étude approfondie. Il semble enfin que l'établissement de courbes aurait diminué l'effet des erreurs d'observation qui peuvent avoir été faites dans les postes d'hiver ou du moins que ces erreurs se traduisant simplement par des accidents de la courbe, n'auraient pas empêché de dégager la forme générale de celle-ci; alors que, dans les tableaux, leur influence se trouve plutôt exagérée.

En ce qui concerne les chutes de neige, nous nous sommes appliqué à une critique soigneuse des chiffres indiqués et nous avons éliminé ceux qui nous ont semblé manifestement erronés, soit par suite de fautes de copie, soit à cause de négligence du personnel militaire employé pour les observations.

Hiver 1892-1893.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige	Hauteur de neige existant.
Plampinet. (Altit. : 1,488 ^m).	18 Novembre 1892	0 ^m 02	N'a pas été notée.
	19 —	0,06	
	20 —	0,04	
	21 —	0,02	
	22 —	0,01	
	23 —	0,01	
	3 Décembre 1892	0,01	
	4 —	0,10	
	5 —	0,15	
	6 —	0,12	
	7 —	0,10	
	8 —	0,01	
	9 —	0,08	
	10 —	0,09	
	11 —	0,10	
	12 —	0,10	
	13 —	0,12	
	14 —	0,10	
	15 —	0,04	
	16 —	0,03	
	17 —	0,02	
	18 —	0,02	
	19 —	0,01	
	20 —	0,01	
	11 Janvier 1893.	0,01	
	14 —	0,01	
	15 —	0,08	
16 —	0,07		
17 —	0,07		
18 —	0,07		
19 —	0,07		
20 —	0,06		
21 —	0,06		

Les postes sont classés d'après leur altitude.
On n'a pas fait figurer les jours où il n'a pas neigé.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Plampinet.	22 Janvier 1893.	0 ^m 06	N'a pas été notée.
	23 —	0,15	
	24 —	0,10	
	25 —	0,07	
	26 —	0,05	
	27 —	0,03	
	28 —	0,02	
	29 —	0,03	
	30 —	0,01	
	31 —	0,01	
	1 ^{er} Février 1893.	0,01	
	8 —	0,03	
	9 —	0,03	
	10 —	0,15	
	11 —	0,13	
	12 —	0,15	
	13 —	0,12	
	14 —	0,10	
	15 —	0,08	
	16 —	0,09	
	17 —	0,09	
	18 —	0,07	
	19 —	0,05	
	20 —	0,04	
	21 —	0,36	
	23 —	0,01	
	24 —	0,02	
	25 —	0,10	
	26 —	0,10	
	28 —	0,05	
	1 ^{er} Mars 1893.	»	
5 —	»		
21 —	0,78		
22 —	0,75		
23 —	0,72		
24 —	0,68		
25 —	0,64		
			0,60
			0,50
			0,25
			N'a pas été notée.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
Plampinet.	26 Mars 1893.	0 ^m 60	N'a pas été notée.	
	27 —	0,58		
	28 —	0,58		
	29 —	0,57		
	30 —	0,57		
	31 —	0,55		
	6 Avril 1893.	0,30		
	7 —	0,25		
	8 —	0,23		
	9 —	0,20		
	10 —	0,18		
	16 —	0,02		
	28 —	0,06		
	30 —	»		0 ^m 02
	7 Mai 1893.	0,02		N'a pas été notée.
	8 —	0,03		0,02
	9 —	0,04		0,03
	10 —	0,02		
	15 —	0,03		
	Juin et Juillet 1893	Pas de neige.	Pas de neige.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Baraquement des Chapieux. (Altit. : 1,550 ^m).	21 Novembre 1892	N'a pas été notée.	0 ^m 20
	26 —		0,10
	1 ^{er} Décembre 1892		0,10
	6 —		1,80
	11 —		1,00
	16 —		1,40
	21 —		1,10
	26 —		0,90
(Les renseignements cessent à cette date.)			
Poste du Truc. (Altit. : 1,550 ^m).	19 Novembre 1892	N'a pas été notée.	0 ^m 10
	7 Décembre 1892		0,05
	13 —		0,20
	14 au 31 —		0,00
(Les renseignements cessent à cette date.)			

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
Cuguret. (Altit. : 1,864 ^m).	26 Octobre 1892.		0m01	
	6 Novembre 1892		0,04	
	13 —		0,10	
	19 —		0,30	
	25 —		0,15	
	30 —		0,10	
	5 Décembre 1892		0,15	
	10 —		0,09	
	15 —		0,18	
	20 —		0,10	
	25 —		0,05	
	31 —		0,05	
	5 Janvier 1893.		0,05	
	15 —		0,15	
	20 —		0,16	
	25 —		0,30	
	1 ^{er} Février 1893.		0,35	
	5 —		0,20	
	10 —		0,12	
	15 —		0,10	
	20 —		0,08	
	21 —		0,31	»
	22 —		0,45	»
	25 —		0,20	0,70 à 0,80
	26 —		0,25	»
	28 —		0,15	0,95
	1 ^{er} au 5 Mars 1893.		»	0,70
28 —		0,03	»	
Avril 1893.		Pas de neige.	Pas de neige.	
Mai 1893.		Id.	Id.	
Juin 1893.		Id.	Id.	
Juillet 1893.		Id.	Id.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Roche-la-Croix (Altit. : 1,900 ^m).	(Pas de renseignements parvenus jusqu'au mois de février.)		
	21 Février 1893.	0 ^m 55	»
	24 —	0,30	»
	25 —	0,05	1 ^m 00
	26 —	0,03	»
	27 —	0,02	»
	28 —	0,10	1,15
	1 ^{er} au 5 Mars 1893.	»	0,90
	13 Mars 1893.	0 ^m 10	»
	14 —	0,05	»
	15 —	»	0 ^m 75
	16 —	0,02	»
	20 —	»	0,65
	21 au 25 —	»	0,50
	26 au 31 —	»	0,25
	1 ^{er} au 5 Avril 1893	»	0,30
	9 —	0,01	»
	10 —	»	0,25
	16 au 20 —	»	0,15
	10 Mai 1893.	0,01	0,01
Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.	
Juillet 1893.	Id.	Id.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
La Croix de Bretagne. (Altit. : 2,000 ^m).	1 ^{er} Novembre 1892		0 ^m 02
	6 —		0,05
	20 —		0,20
	25 —		0,05
	1 ^{er} Décembre 1892		0,03
	5 —		0,04
	10 —		0,07
	15 —		0,12
	15 Janvier 1893.		0,03
	25 —		0,12
	31 —		0,06
	5 Février 1893.		0,04
	10 —		0,12
	15 —		0,09
	20 — 1893.	»	0 ^m 10
	21 —	0 ^m 10	»
	22 —	0,29	»
	24 —	0,09	»
	25 —	0,15	0,63
	26 —	0,10	»
	28 —	0,08	1,06
	1 ^{er} au 5 Mars 1893	»	0,76
	14 —	0,14	»
	15 —	0,04	0,50
	16 —	0,05	»
	21 au 25 —	»	0,42
	26 au 31 —	»	0,27
	Avril 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.
	Mai 1893.	Id.	Id.
	Juin 1893.	Id.	Id.
	Juillet 1893.	Id.	Id.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Vallons-Claus. (Altit. : 2,100*).	(Pas de renseignements avant Février)		
	21 Février 1893.	0 ^m 50	»
	23 —	0,40	»
	24 —	0,30	»
	25 —	0,40	1 ^m 35
	26 —	0,20	»
	28 —	0,20	1,40
	1 ^{er} au 5 Mars 1893	»	0,70
	6 au 10 —	»	0,25
	16 Mars 1893.	0,10	»
	20 —	»	0,25
	21 au 25 —	»	0,20
	31 —	0,30	»
	1 ^{er} au 5 —	»	0,50
	9 —	0,04	»
	16 au 20 —	»	0,30
	21 au 25 —	»	0,25
	26 au 30 —	»	0,20
	9 Mai 1893.	0,10	»
	10 —	»	0,10
Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.	
Juillet 1893.	Id.	Id.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
La Seyte. (Altit. : 2,125 ^m).	21 Février 1893.	0 ^m 40	»
	22 —	0,03	»
	24 —	0,17	»
	25 —	0,11	1 ^m 30
	26 —	0,08	»
	28 —	0,08	1,40
	1 ^{er} au 5 Mars 1893.	»	1,10
	14 —	0,12	»
	15 —	0,04	0,84
	16 —	0,03	»
	21 au 25 —	»	0,65
	31 —	0,05	»
	1 ^{er} au 5 Avril 1893	»	0,40
	6 au 10 —	»	0,20
	16 au 20 —	»	0,40
	8 Mai 1893.	0,02	»
	9 —	0,03	»
	10 —	0,02	0,02
	15 —	0,04	0,04
	23 Mai 1893.	0,10	»
	Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.
	Juillet 1893.	Id.	Id.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
L'Olive. (Altit. : 2,250*).	1 ^{er} Novembre 1892		0m10
	20 —		0,50
	25 —		0,27
	30 —		0,18
	5 Décembre 1892		0,27
	10 Décembre 1892		0,25
	15 —		0,27
	20 —		0,22
	25 —		0,20
	31 —		0,18
	5 Janvier 1893.		0,17
	10 —		0,16
	15 —		0,23
	20 —		0,23
	25 —		0,50
	31 —		0,47
	5 Février 1893.		0,47
	10 —		0,70
	15 —		0,72
	20 —		0,74
	21 —	0m36	»
	23 —	0,02	»
	24 —	0,23	»
	25 —	0,01	1,35
	26 —	0,15	»
	28 —	0,10	1,40
	1 ^{er} au 5 Mars 1893.	»	1,35
	13 —	0,05	»
	14 —	0,10	»
	15 —	0,04	1,15
	16 —	0,05	»
	20 —	»	1,00
	21 au 25 —	»	0,90
31 —	0,02	»	
1 ^{er} au 5 Avril 1893.	»	0,75	
6 au 10 —	»	0,65	
16 au 20 —	»	0,40	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
L'Olive.	21 au 25 Avril 1893	»	0,20
	9 Mai 1893.	0,05	»
	10 —	»	0,05
	Juin 1893 Juillet 1893.	Pas de neige. Id.	Pas de neige. Id.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Les Acles. (Altit. : 2,250 ^m).	5 Novembre 1892	Pas de renseignements.	0 ^m 02
	12 —		0,01
	13 —		0,03
	18 —		0,05
	19 —		0,16
	20 —		0,14
	21 —		0,10
	22 —		0,08
	23 —		0,06
	24 —		0,04
	25 —		0,03
	26 —		0,03
	27 —		0,02
	28 —		0,02
	29 —		0,01
	30 —		0,01
	1 ^{er} Décembre 1892		0,01
	2 —		0,01
	3 —		0,02
	4 —		0,30
	5 —		0,35
	6 —		0,37
	7 —		0,35
	8 —		0,33
	9 —		0,33
	10 —		0,34
	11 —		0,32
	12 —		0,30
	13 —		0,26
	14 —		0,24
15 —	0,20		
16 —	0,19		
17 —	0,17		
18 —	0,16		
19 —	0,15		
20 —	0,13		
21 —	0,10		

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Les Acles.	22 Décembre 1892		0 ^m 08
	23 —		0,10
	24 —		0,07
	25 —		0,07
	26 —		Id.
	27 —		Id.
	28 —		Id.
	29 —		Id.
	30 —		Id.
	31 —		Id.
	1 ^{er} Janvier 1893.		Id.
	2 —		Id.
	3 —		Id.
	4 —		Id.
	5 —		Id.
	6 —		Id.
	7 —		Id.
	8 —		Id.
	9 —		0,06
	10 —		0,05
	11 —		0,06
	12 —		0,05
	13 —		0,05
	14 —		0,07
	15 —		0,15
	16 —		0,14
	17 —		0,14
	18 —		0,14
	19 —		0,14
	20 —		0,14
	21 —		0,24
	22 —		0,28
	23 —		0,40
	24 —		0,38
	25 —		0,37
	26 —		0,35
	27 —		0,35

Pas de renseignements.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Les Acles.	28 Janvier 1893.		0 ^m 33
	29 —		0,35
	30 —		0,32
	31 —		0,50
	1 ^{er} au 5 Févr. 1893.		0,36
	6 —		0,34
	7 —		0,32
	8 —		0,37
	9 —		0,37
	10 —		0,65
	11 —		0,63
	12 —		0,84
	13 —		0,80
	14 —		0,78
	15 —		0,76
	16 —		0,78
	17 —		0,80
	18 —		0,76
	19 —		0,72
	20 —		0,70
	21 —		0 ^m 50
	22 —		»
	23 —		0,04
	24 —		0,22
	25 —		0,10
	26 —		0,15
	27 —		
	28 —		0,10
	1 ^{er} au 5 Mars 1893		0,00
11 au 15 —			
16 —			
17 —			
18 —			
19 —			
20 —			
21 —		0,00	
22 —			

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
Les Acles.	23 Mars 1893.	0 ^m 00	0 ^m 72	
	24 —		0,68	
	25 —		0,64	
	26 —		0,60	
	27 —		0,58	
	28 —		0,58	
	29 —		0,57	
	30 —		0,57	
	31 —		0,55	
	1 ^{er} Avril 1893.			0,53
	2 —			0,50
	3 —			0,46
	4 —			0,40
	5 —			0,35
	6 —			0,30
	7 —			0,25
	8 —			0,23
	9 —			0,20
	10 —			0,18
	11 —			0,14
	12 —			0,12
	13 —			0,08
	14 —			0,06
	15 —			0,04
	16 —			0,02
	28 —			0,02
	7 Mai 1893.			0,02
	9 —		0,02	0,04
	15 —			0,03
	21 —			0,02
	22 —		0,20	0,22
23 —			0,20	
24 —			0,15	
25 —			0,08	
	Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.	
	Juillet 1893.	Id.	Id.	
	Août 1893.	Id.	Id.	
	Septembre 1893.	Id.	Id.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
La Cochette. (Altit. : 2,353 ^m).	6 Novembre 1892		0 ^m 02	
	10 —		0,01	
	15 —		0,04	
	20 —		0,10	
	25 —		0,04	
	30 —		0,03	
	5 Décembre 1892		0,08	
	10 —		0,10	
	15 —		0,13	
	20 —		0,08	
	25 —		0,06	
	30 —		0,04	
	1 ^{er} Janvier 1893.		0,03	
	5 —		0,02	
	10 —		0,15	
	15 —		0,08	
	20 —		0,20	
	25 —		0,18	
	31 —		0,18	
	1 ^{er} Février 1893.		0,18	
	5 —		0,17	
	10 —		0,40	
	15 —		0,38	
	20 —		0,43	
	21 —		0 ^m 48	
	22 —		0,04	
	24 —		0,19	
	25 —		0,13	
	26 —		0,08	
	28 —		0,10	
	1 ^{er} au 5 Mars 1893		»	1,15
	14 —		0,15	»
	15 —		0,05	1,00
16 —		0,04	»	
21 au 25 —		»	0,68	
31 —		0,05	»	
1 ^{er} au 5 Avril 1893		»	0,40	

N'a pas été notée.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
La Cochette.	11 au 15 Avril 1893	»	0m20	
	16 au 20 —	»	0,09	
	21 au 25 —	»	0,03	
	8 Mai 1893.		0 ^m 03	»
	9 —		0,04	»
	10 —		0,03	0,03
	15 —		0,04	0,04
	23 —		0,25	»
	25 —		»	0,10
	Juin 1893.		Pas de neige.	Pas de neige.
	Juillet 1893.		Id.	Id.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
L'Infernet. (Altit. : 2,350 ^m).	1 ^{er} Novembre 1892		0 ^m 10
	5 —		0,15
	10 —		0,40
	16 —		0,07
	21 —		0,25
	25 —		0,06
	30 —		0,10
	5 Décembre 1892		0,15
	10 —		0,18
	15 —		0,18
	21 —		0,12
	26 —		0,15
	31 —		0,09
	1 ^{er} Janvier 1893.		0,09
	6 —		0,09
	11 —		0,06
	16 —		0,20
	21 —		0,15
	26 —		0,20
	31 —		0,20
	1 ^{er} Février 1893.		0,20
	6 —		0 ^m 20
	11 —		0,42
	16 —		0,40
	20 —		0,45
	21 —		0 ^m 50
	22 —		0,05
	24 —		0,20
	25 —		0,15
	26 —		0,10
	28 —		0,15
	1 ^{er} au 5 Mars 1893		
14 —		0,15	»
15 —		0,05	1,00
16 —		0,03	»
20 —			0,98
21 au 25 —			0,90

N'ont pas été notées.

pas notée.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
L'infernet.	31 Mars 1893.	0 ^m 07	
	1 ^{er} au 5 Avril 1893	0,00	0 ^m 45
	6 au 10 —	»	0,25
	11 au 15 —	»	0,15
	16 au 20 —	»	0,10
	21 au 25 —	»	0,05
	8 Mai 1893.	0,03	
	9 —	0,05	
	10 —	0,03	0,04
	15 —	0,05	0,05
	26 —	0,10	
	Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.
	Juillet 1893.	Id.	Id.

NOM DU POSTE	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
La Redoute Ruinée. (Altit. : 2,412 ^m).	2 Novembre 1892	0 ^m 05	»	
	11 —	0,30	»	
	20 —	1,00	variant de 0,50 à 1 ^m .	
	4 Décembre 1892			La hauteur variant en- tre 1 ^m 40 et 4 ^m 15 n'a pu être évaluée.
	6 —		Pas notée.	
	7 —			
	10 —			
	12 —			
	13 —				1^{m}40
				Id.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Poste D du Gondran. (Altit. : 2,420 ^m).	1 ^{er} Novembre 1892		0 ^m 18
	5 —		0,08
	11 —		0,08
	15 —		0,12
	20 —		0,32
	25 —		0,24
	30 —		0,16
	5 Décembre 1892		0,17
	10 —		0,26
	15 —		0,41
	20 —		0,36
	26 —		0,28
	31 —		0,23
	1 ^{er} Janvier 1893.		0,23
	6 —		0,23
	11 —		0,20
	16 —		0,35
	21 —		0,35
	26 —		0,41
	31 —		0,40
	1 ^{er} Février 1893.		0,40
	6 —		0,44
	11 —		0,68
	16 —		0,72
	21 —		0 ^m 40
	22 —		0,03
	23 —		0,06
	24 —		0,50
	25 —		0,03
	26 —		0,58
	28 —		0,07
1 ^{er} au 5 Mars 1893			2,35.
14 —		0,14	
15 —		0,05	
16 —		0,03	
20 —			1,40
21 au 25 —			1,10
31 —		0,02	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Poste D du Gondran.	1 ^{er} au 5 Avril 1893		0 ^m 77
	6 au 10 —		0,68
	16 au 20 —		0,26
	23 —	0 ^m 01	
	25 —		0,13
	27 —	0,02	»
	30 —		0,06
	8 Mai 1893.	0,02	
	9 —	0,04	
	10 —	0,02	0,06
	11 —	0,04	
	15 —	0,05	0,05
	18 —	0,03	
	19 —	0,02	
	Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.
	Juillet 1893.	Id.	Id.
	Poste C du Gondran. (Altit. : 2,450 ^m).	1 ^{er} Novembre 1892		0^{m}23
5 —			0,15
10 —			0,18
15 —			0,15
20 —			0,34
25 —			0,25
30 —			0,20
5 Décembre 1892			0,19
10 —			0,33
15 —			0,46
20 —			0,40
25 —			0,30
31 —			0,20
5 Janvier 1893.			0,26
10 —			0 ^m 20
15 —			0,38
20 —			0,38
25 —			0,50
31 —			0,52
5 Février 1893.		0,44	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
Poste C du Gondran.	10 Février 1893.	Pas	0 ^m 70	
	15 —	de	0,76	
	20 —	données.	0,86	
	21 —	0 ^m 45	»	
	22 —	0,04	»	
	23 —	0,06	»	
	24 —	0,55	»	
	25 —	0,04	1,88	
	26 —	0,60	»	
	28 —	0,07	2,55	
	1 ^{er} au 5 Mars 1893			2,40
	14 —		0,15	
	15 —		0,06	1,80
	16 —		0,05	
	17 au 20 —			1,45
	21 au 25 —			1,12
	31 —		0,03	
	1 ^{er} au 5 Avril 1893			0,81
	6 au 10 —			0,71
	16 au 20 —			0,30
	21 au 25 —			0,15
	27 —		0,02	
	30 —			0,09
	8 Mai 1893.		0,03	
	9 —		0,06	
	10 —		0,04	0,08
	11 —		0,06	
	15 —		0,08	0,10
	18 —		0,07	
	19 —		0,05	
	20 —			0,03
	21 —		0,05	
	22 —		0,65	
	23 —		0,05	
	25 —			0,45
	26 au 31 —			0,02
	Juin 1893.	Pas de neige.	Pas de neige.	
	Juillet 1893.	Id.	Id.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Baraquements de Vyraisse. (Altit. : 2,500 ^m).	15 Novembre 1892		0 ^m 55
	21 —		1,00
	26 —		1,00
	30 —		1,00
	1 ^{er} Décembre 1892		1,00
	5 —		1,00
	11 —		1,15
	16 —		1,30
	21 —		1,30
	25 —		1,30
	31 —		1,20
	1 ^{er} Janvier 1893		1,20
	6 —		1,30
	11 —		1,30
	16 —		1,50
	21 —		1,30
	26 —		1,30
	31 —		1,50
	1 ^{er} Février 1893		1,50
	6 —		1,50
	11 —		1,80
	16 —		2,00
	21 —		1 ^m 50
	22 —		0,20
	23 —		0,20
	24 —		0,50
	25 —		0,20
	26 —		0 ^m 20
	27 —		0,15
	28 —		0,20
	1 ^{er} au 5 Mars 1893		Pas de neige.	Pas de neige.
13 —		0,20	
14 —		0,10	
15 —			4 ^m 80
16 au 20 —			Cour, 4,50; extér., 4,80.
21 au 25 —			Cour, 4,00; extér., 4,20.

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.
Baraquements de Vyraisse.	26 Mars 1893.	0,03	
	28 —	0,03	
	31 —	0,05	
	1 ^{er} au 5 Avril 1893		2,70
	6 —	0,05	
	9 —	0,05	
	10 —		Cour, 2,00 ; extér., 2,20.
	16 au 20 —		Cour, 1,00 ; extér., 1,50.
	23 —	0,10	
	25 —		Cour, 0,50 ; extér., 1,30.
	26 —	0,02	
	27 —	0,50	
	28 —	0,10	
	29 —	0,10	
	30 —		Cour, 1,20 ; extér., 1,50.
	1 ^{er} au 5 Mai 1893.		Cour, 0,50 ; extér., 0,80.
	11 —	0,03	
	12 —	0,01	
	15 —	0,05	ext. 0,05
	18 —	0,10	
	19 —	0,05	
	20 —		Cour, 0,20 ; extér., 0,70.
	27 —	0,03	
31 —		0,50	
4 Juin 1893.	0,02		
5 —		0,30	
11 au 15 —			
16 au 20 —			
21 au 25 —			
26 au 30 —			
Juillet 1893.		Pas de neige.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
La Turra. (Altit. : 2,500m).	1 ^{er} Novembre 1892	0 ^m 30	0,20 0,20 0,25 Bourrasque.	
	2 —	0,06 1/2		
	7 —	0,03		
	8 —	0,03		
	13 —	0,05		
	20 —	0,10		
	5 Décembre 1892			
	10 —			
	15 —			
	31 —			
	(Les renseigne- ments cessent à cette date.)			

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
Batterie de Vyraisse. (Altit. : 2,775 ^m).	5 Novembre 1892		0 ^m 60	
	11 —		0,60	
	15 —		1,00	
	21 —		1,10	
	26 —		1,05	
	30 —		1,00	
	1 ^{er} Décembre 1892			1,00
	6 —			0,80
	11 —			0,75
	16 —			0,65
	21 —			0,65
	26 —			0,65
	31 —			0,60
	1 ^{er} Janvier 1893.			0,60
	5 —			0,80
	11 —			0 ^m 60
	16 —			0,75
	21 —			0,70
	26 —			0,75
	31 —			0,75
	1 ^{er} Février 1893.			0,75
	6 —			0,62
	11 —			0,85
	16 —			0,95
	21 —		1 ^m 00	0,94
	22 —		0,20	
	23 —		0,10	
	24 —		0,65	
	25 —		0,07	Cour, 1 ^m 30; extér.; 2 ^m 15.
	26 —		0,15	
	27 —		0,12	
28 —		0,20	Cour, 1,77; extér., 2,43.	
1 ^{er} au 5 Mars 1893			Cour, 1,20; extér., 1,85.	
13 —		0,20		
14 —		0,10	4,80	
16 au 20 —			Cour, 0,15; extér., 0,37.	

NOM DU POSTE.	DATES.	Chute de neige.	Hauteur de neige existant.	
Batterie de Vyraissee.	21 au 25 Mars 1893		Cour, 0,10; extér., 0,60.	
	1 ^{er} au 5 Avril 1893		0,40	
	6 —	0,05		
	9 —	0,50		
	10 —		Cour, 0,10; extér., 0,45.	
	11 au 15 —		Cour, 0,10; extér., 0,30.	
	20 —		Cour, 0,10; extér., 0,30.	
	23 —	0,05		
	25 —		Cour, 0,05; extér., 0,30.	
	26 —	0,02		
	27 —	0,65		
	28 —	0,15		
	29 —	0,05		
	30 —		Cour, 0,15; extér., 0,40.	
	1 ^{er} au 5 Mai 1893		Cour, 0,10; extér., 0,25.	
	8 —	0 ^m 10		
	9 —	0,25		
	10 —		Cour, 0,20; extér., 0,40.	
	11 —	0,03		
	12 —	0,02		
	15 —	0,05	Ext. 0,20	
	18 —	0,10		
	19 —	0,05		
	20 —		Cour, 0,15; extér., 0,45.	
	21 —	0,05		
	22 —	1,00		
	23 —	0,30		
	25 —		Ext. 1,30	
	27 —	0,05		
	29 —	0,02		
	31 —		Ext. 1,75	
	4 Juin 1893.		0,02	
	5 —			0,80
Juillet 1893.		Pas de neige.	Pas de neige.	

Postes de Maurienne et de Tarentaise.

Hiver 1893-94.

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Chapieux-Seloges. (Alt. 1520 ^m et 1825 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	0 ^m 00
	Septembre 1893.	»	»
	Octobre 1893.	»	»
	15 Novembre 1893	0 ^m 05	0 ^m 05
	20 —	0,65	0,25
	30 —	0,15	0,15
	15 Décembre 1893	0,15	0,10
	25 —	0,60	0,60
31 —	0,20	0,20	
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Le Truc. (Alt. 1550 ^m .)	25 Août 1893.	0 ^m 00	0 ^m 00
	Septembre 1893.	»	»
	Octobre 1893.	»	»
	20 Novembre 1893	0 ^m 17	
	30 —	0,10	
	11 Décembre 1893	0,11	
	16 —	0,14	0 ^m 10
	21 —	0,10	0,10
	26 —	0,05	0,10
1 ^{er} Janvier 1894.	0 ^m 00	0,10	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Sollières. (Altit. : 2,700 ^m).	6 Octobre 1893.	0 ^m 00	
	1 ^{er} Novembre 1893	0 ^m 04	
	6 —	0,10	
	11 —	0,05	
	16 —	0,15	
	21 —	0,30	
	26 —	0,05	
	1 ^{er} Décembre 1893	0,20	
	16 —	0,40	
	25 —	»	
	31 —	»		0^{m}50 0,50
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Turra. (Altit. : 2,500 ^m).	20 Août 1893.	0 ^m 00	Pas d'observations.
	21 Septembre 1893	0 ^m 06	
	26 —	0,01	
	30 —	0,15	
	6 Octobre 1893.	0,30	
	27 —	0,02	
	31 —	0,08	
	1 ^{er} Novembre 1893	0,12	
	8 —	1,10	
	16 —	0,10	
	21 —	0,40	
	26 —	0,10	
	16 Décembre 1893	0,20	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours
Col de Fréjus. (Altit. : 2,500*).	5 Octobre 1893.	0 ^m 50	0 ^m 20
	1 ^{er} Novembre 1893	0,12	
	10 —	0,10	0,04
	15 —	0,10	
	20 —	0,75	
	25 —	0,02	0,30
	1 ^{er} Décembre 1893	0,22	0,40
	5 —	0,03	0,30
	10 —		0,20
	15 —	0,30	0,50
	20 —	0,15	
	25 —	0,05	
	31 —		0,20
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Redoute Ruinée. (Altit. : 2,412*).	Août 1893.	0 ^m 00	0 ^m 00
	Septembre 1893.	»	
	1 ^{er} Octobre 1893.	0 ^m 10	
	6 —	0,97	
	27 —	0,03	
	6 Novembre 1893	0,12	
	10 —	0,04	
	15 —	0,21	
	20 —	0,66	
	1 ^{er} Décembre 1893	0,12	
	15 —	0,30	
	25 —	0,05	0 ^m 60
	30 —		0,50

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Platte. (Altit. : 2,000 ^m).	16 Octobre 1893.	0 ^m 00	0 ^m 00
	21 Novembre 1893	0 ^m 30	0,37
	26 —	0,25	
	6 décembre 1893	0,25	
	11 —	0,25	
	16 —	0,30	0,15
	21 —	0,30	
	26 —	0,40	0,12
	31 —	0,25	0,10
	1 ^{er} Janvier 1894.	0,35	
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Sapey. (Altit. : 1,750 ^m).	17 Novembre 1893	Neige.	Pas d'observations.
	24 —	Id.	
	27 —	Id.	
	1 ^{er} Décembre 1893	Id.	
	12 —	Id.	
	21 —	Id.	
	23 Janvier 1894	Id.	
	29 —	Id.	
	1 ^{er} Février 1894.	Id.	
	25 —	0 ^m 10	
	5 Mars 1894.	Neige.	
	7 —	Id.	
	14 —	Id.	
	15 —	Id.	
16 —	Id.		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Télégraphe. (Altit. : 1,600 ^m).	10 Novembre 1893	0 ^m 27	Pas d'observations.
	15 —		
	20 —	0,40	
	25 —	0,02	
	30 —	0,04	
	11 Décembre 1893	0,17	
	15 —	0,20	
	20 —		
	25 —	0,06	
	5 Janvier 1894.	0,01	
	10 —	0,06	
	15 —		
	20 —	0,08	
	25 —	0,11	
	30 —	0,07	
	12 Février 1894.	0,09	
	25 —	0,03	
	5 Mars 1894.	0,06	
	10 —	0,14	
	15 —	0,33	
16 —	0,19		

Postes du Briançonnais.

Hiver 1893-94.

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-93.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Plampinet. (Altit. : 1.448 ^m).	26 Août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
Les Acles. (Altit. : 2.250 ^m).	1 ^{er} Octobre 1893.	A. 0 ^m 01	0 ^m 01
	11 Novembre 1893	P. 0,02	A. 0,02
	21 —	A. 0,10	0,10
	26 —	P. 0,20	0,10
	1 ^{er} Décembre 1893	A. 0,07	0,07
	6 —	P. 0,15	
		A. 0,05	
	11 —	A. 0,04	0,04
		P. 0,00	0,08
	16 —	A. 0,20	0,13
		P. 0,08	0,04
	21 —	A. 0,08	0,20
		P. 0,00	0,08
	26 —	A. 0,04	0,18
		P. 0,08	0,12
31 —	A. 0,00	0,12	
	P. 0,00	0,06	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
L'Olive. (Altit. : 2,250 ^m).	25 août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	Octobre 1893.	0,00	
	1 ^{er} Novembre 1893	0,25	0 ^m 25
	5 —	0,25	0,10
	10 —	0,05	0,15
	15 —	0,02	0,07
	20 —	0,11	0,18
	25 —		0,10
	1 ^{er} Décembre 1893	0,05	0,15
	5 —	0,05	
	10 —		0,10
	15 —	0,30	0,35
	20 —	0,15	0,50
	25 —	0,05	0,45
	1 ^{er} Janvier 1894.		0,40
	NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE
tombée pendant 5 jours.			existant à la fin des 5 jours.
Le Janus. (Altit. : 2,530 ^m).	Septembre 1893.	0 ^m 00	
	6 Octobre 1893.	0,31	0 ^m 12
	27 —	0,02	
	6 Novembre 1893	0,22	0,06
	11 —	0,06	0,10
	16 —	0,02	0,03
	21 —	0,20	0,23
	26 —		0,20
	1 ^{er} Décembre 1893	0,04	0,20
	6 —	0,10	0,20
	10 —		0,15
	15 —	0,60	0,70
	20 —	0,10	0,55
	25 —	0,15	0,65
31 —		0,60	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
L'Infernet. (Altit. : 2,350 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	5 Octobre 1893.	0,75	0 ^m 04
	5 Novembre 1893.	0,52	0,02
	10 —	0,04	
	15 —	0,02	
	20 —	0,80	0,30
	25 —	0,90	0,15
	30 —	0,67	0,10
	6 Décembre 1893	0,20	0,20
	11 —		0,13
	15 —	0,65	0,70
	21 —	0,10	0,65
	25 Décembre 1893	0,10	0,55
	30 —		0,35
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Seyte. (Altit. : 2,125 ^m).	25 Août 1893.	0 ^m 00	0 ^m 06
	Septembre 1893.	0,00	
	3 Octobre 1893.	0,02	
	4 —	0,07	
	15 Novembre 1893	0,22	
	20 —	0,12	0,10
	25 —		0,03
	30 —		0,03
	6 Décembre 1893	0,10	0,10
	10 —		0,05
	15 —	0,55	0,60
	20 —	0,08	0,50
	25 —	0,05	0,40
31 —		0,20	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Croix de Bretagne. (Altit. : 2,000 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	5 Octobre 1893.	0,10	
	5 Novembre 1893	0,34	
	10 —	0,02	
	15 —	0,02	
	20 —	0,17	0 ^m 05
	25 —	0,11	0,02
	5 Décembre 1893	0,40	0,05
	10 —	0,23	0,04
	16 —	1,31	0,35
	20 —	1,38	0,38
	25 —		0,35
	30 —	1,92	0,32
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Gondran C. (Altit. : 2,450 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	5 Octobre 1893.	0,56	0 ^m 05
	5 Novembre 1893	0,15	0,05
	10 —	0,03	0,02
	15 —	0,03	0,05
	20 —	0,26	0,20
	25 —	0,00	0,10
	1 ^{er} Décembre 1893	0,04	0,09
	5 —	0,16	0,20
	10 —		0,17
	15 —	0,75	0,90
	20 —	0,10	0,65
	25 —	0,15	0,68
	1 ^{er} Janvier 1894.	0,00	0,50

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Gondran D. (Altit. : 2,420 ^m).	Août 1893	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	5 Octobre 1893.	0,31	0 ^m 05
	5 Novembre 1893	0,15	0,05
	10 —	0,03	0,02
	15 —	0,04	0,05
	20 —	0,26	0,20
	25 —		0,10
	30 —	0,04	0,09
	5 Décembre 1893	0,16 1/2	0,20
	10 —		0,17
	15 —	0,75	0,90
	20 —	0,10	0,65
	25 —	0,15	0,68
	30 —		0,50

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Cochette. (Altit. : 2,253 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	5 Octobre 1893.	0,18	
	5 Novembre 1893	0,25	0 ^m 03
	10 —	0,05	0,03
	15 —	0,03	0,02
	20 —	0,24	0,30
	25 —		0,10
	30 —	0,02	0,10
	5 Décembre 1893	0,20	0,15
	10 —		0,10
	15 —	0,65	0,70
	20 —	0,10	0,65
	25 —	0,10	0,55
	30 —		0,40

Postes de l'Ubaye et du Queyras.

Hiver 1893-94

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Roche-la-Croix (Altit. : 1,900 ^m).	25 Août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	4 Octobre 1893.	0,03	
	5 Novembre 1893	neige	fondue.
	10 —	0,09	0 ^m 04
	15 —	0,04	
	20 —	0,18	
	25 —	0,10	
	1 ^{er} Décembre 1893	0,10,5	Pas d'observa- tions.
	5 —	0,15,5	
	15 —	0,51	
	20 —	0,01	
	25 —			0,35
31 —		0,30	
1 ^{er} Janvier 1894.		0,25	
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Cuguret. (Altit. : 1,864 ^m).	26 août 1893.	0 ^m 00	
	Septembre 1893.	0,00	
	Octobre 1893.	0,00	
	Novembre 1893.	0,00	
	20 Décembre 1893	0,20	0 ^m 20
	25 —	0,25	0,20
	31 —	0,13	0,20

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-1894.	HAUTEUR DE NEIGE		
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.	
Vallons-Claus. (Altit. : 2,100 ^m).	26 Août 1893.	0 ^m 00	0 ^m 03	
	2 Septembre 1893	0,00		
	2 Octobre 1893.	0,04		
	31 —	0,03		
	1 ^{er} Novembre 1892	0,20		
	11 —	0,02		
	21 —	0,20		
	1 ^{er} Décembre 1893	Il a neigé.		
	16 —	0,50		
	20 —			
	26 —	0,30		
	30 —	0,70		0,18
			0,25	
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE		
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.	
Batterie de Vyraisse. (Altit. : 2,765 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	0 ^m 40	
	Septembre 1893.	0 ^m 10,5		
	5 Octobre 1893.	0,15		
	10 —	0,00		
	15 —	0,00		
	20 —	Un peu de neige.		
	25 —			
	31 —	0,05		
	11 Novembre 1893	0,10		0,10
	15 —	0,12		
	20 —	0,21		0,30
	1 ^{er} Décembre 1893	0,09		0,30
	5 —	0,05		0,30
	10 —			0,20
	15 —	0,90		1,10
	20 —	0,05		0,70
	25 —			0,75
31 —		0,40		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Baraquements de Viraysse. (Altit. : 2,560 ^m).	Août 1893.	0 ^m 00	
	20 Septembre 1893	0,05	
	30 —	0,04	
	5 Octobre 1893.	0,35	
	31 —	0,08	0 ^m 03
	10 Novembre 1893	0,08	0,08
	15 —	0,09	
	20 —	0,50	
	27 —	0,30	
	5 Décembre 1893	0,30	
	10 —	0,20	
	15 —	0,82	0,95
	20 —	0,03	0,70
	25 —	0,10	0,76
	31 —	0,00	0,40
NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-94.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Col Agnel. (Altit. : 2,498 ^m)	Octobre 1893.	Neige fondante	Pas d'observations.
	31 —	0 ^m 06	
	11 Novembre 1893	0,10	
	20 —	0,75	
	11 Décembre 1893	0,60	
	15 —	0,32	
25 —	0,60		
31 —	0,50		

ANNÉE 1894

Postes de la Tarentaise et de la Maurienne.

NOM DU POSTE	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Turra. (Altit. : 2,500 ^m).	6 Janvier 1894.	0 ^m 05	0 ^m 60
	10 —		0,60
	15 —		0,60
	20 —	0,20	0,80
	25 —	0,25	1,00
	31 —	0,15	1,10
	5 Février 1894.		1,10
	10 —		1,00
	20 —		1,00
	25 —		1,00
	28 —		1,00
	5 Mars 1894.		1,00
	10 —	0,30	1,10
	15 —	0,35	1,40
	20 —		1,40
	25 —		1,40
	31 —	0,30	1,60
	5 Avril 1893.		1,50
	10 —		1,00
	15 —	0,30	1,00
	20 —	0,70	1,50
	25 —	0,15	1,20
	30 —	0,25	1,00
	5 Mai 1894.	0,07	
	10 —	0,10	0,10
	15 —	0,10	0,10
	20 —	0,04	0,04
	25 —	0,47	0,50
31 —	0,17	0,20	
6 Juin 1894.	0,00	0,07	
11 —	0,03	0,04	
16 —	0,25	0,10	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Turra. (Suite.)	21 Juin 1894.	0 ^m 02	
	Juillet 1894.	0,00	
	5 Août 1894.	0,11	
	11 Septembre 1894	Neige.	
	15 —	0,07	0 ^m 05
	20 —	0,06	
	30 —	0,00	0,08
	5 Octobre 1894.	0,40	
	10 —	0,15 à 0,20	
	15 —	0,10	
	20 —	0,20	
	25 —	0,10	0,04
	30 —	0,08	
	6 Novembre 1894	0,08	
	10 —	0,08	
	15 —	0,20 à 0,30	0,30
	20 —	0,20 à 0,30	
	25 —	0,30 à 0,35	0,05
	31 —	0,35 à 0,40	0,40
	5 Décembre 1894		0,35 à 0,40
	10 —		0,35
	15 —	0,30	0,45
	20 —	0,40	0,80
25 —	0,08	0,85	

NOM DU POSTE.	DATES.		HAUTEUR DE NEIGE	
	1894.		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Col de Fréjus. (Altit. : 2,500 ^m).	5	Janvier 1894.	0 ^m 05	0 ^m 20
	10	—	0,10	0,30
	15	—	0,00	0,30
	20	—	0,20	0,50
	25	—	0,40	0,90
	31	—	0,25	1,00
	5	Février 1894.	0,10	0,80
	10	—		0,50
	15	—		0,30
	20	—		0,30
	25	—		0,30
	28	—		0,30
	5	Mars 1894.	0,05	0,30
	10	—	0,02	0,40
	15	—	0,40	0,60
	20	—	0,30	0,50
	25	—	0,00	0,30
	31	—	0,30	0,60
	5	Avril 1894.	0,35	0,30
	10	—	0,00	0,20
	15	—	0,50	0,50
	20	—	0,45	0,50
	25	—	0,25	0,40
	30	—	0,45	0,40
	5	Mai 1894.	0,15	0,40
	10	—	0,30	0,30
	15	—	0,10	0,20
	20	—	0,16	0,20
	25	—	0,33	0,30
	31	—	0,35	0,40
	5	Juin 1894.	Manque	Manque
10	—	0,03		
15	—	0,07	0,03	
20	—	0,04		
	Juillet 1894.			

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Col de Fréjus. (Suite.)	Août 1894.	0 ^m 00	
	3 Septembre 1894	0,02	0 ^m 02
	11 —	0,05	
	15 —	0,08	0,05
	20 —	0,02	
	30 —	0,01	0,02
	6 Octobre 1894.	0,12	0,12
	20 —	0,40	0,40
	25 —	0,20	0,30
	31 —	0,02	0,25
	6 Novembre 1894		0,15
	11 —	0,10	0,20
	16 —	0,60	0,80
	21 —	0,15	0,90
	26 —	0,05	0,95
	30 —	0,30	1,25
	6 Décembre 1894		1,20
	11 —		1,20
	16 —		1,20
	21 —	0,30	1,50
26 —	0,20	1,70	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Le Truc. (Altit. : 1,550*).	6 Janvier 1894.	0 ^m 00	
	11 —	0,03	0 ^m 03
	16 —	0,00	
	21 —	0,14	0,05
	25 —	0,05	0,05
	31 —	0,15	0,03
	5 Février 1894.	0,11	0,02
	11 —		
	16 —	0,17	0,10
	26 —	0,05	0,05
	28 —	0,15	0,15
	5 Mars 1894.	0,10	0,10
	10 —	0,40	
	15 —	0,17	0,35
	20 —	0,10	0,05
	21 Avril 1894.	0,05	
	1 ^{er} Mai 1894.	0,12	
	1 ^{er} Juin 1894.	0,10	
	Juillet 1894.	0,00	
	Août 1894.	0,00	
	30 Septembre 1894	0,01	
	5 Octobre 1894.	0,00	
	10 Novembre 1894	0,07	
	13 —	0,08	
	15 Décembre 1894	0,16	
	20 —	0,40	0,30
	25 —	0,12	0,35
31 —	0,29		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Seloge. (Altit. : 1,825*).	10 Janvier 1894.	0 ^m 04	Pas d'observations.
	15 —	0,00	
	20 —	0,07	
	25 —	0,05	
	30 —	0,10	
	5 Février 1894.	0,02	
	10 —	0,10	
	15 —	0,10	
	20 —		
	25 —	0,05	
	28 —	0,25	
	5 Mars 1894.	0,20	
	10 —	0,50	
	15 —	0,15	
	20 —	0,75	
	25 —		
	20 Avril 1894.	0,15	
	Mai 1894.		
	Juin —		
	Juillet —		
Août —			
Septembre —			
Octobre —			
Novembre —			
20 Décembre 1894	0,85		
25 —	0,50		
31 —	0,82		

Postes de Tarentaise et de Maurienne.

Année 1894.

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Les Sollières. (Altit. : 2,700 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 20	0 ^m 50
	10 —	0,10	0,60
	15 —		0,50
	20 —	0,30	0,50
	25 —	0,45	0,60
	31 —	0,70	1,10
	5 Février 1894.	0,90	1,10
	10 —		0,80
	15 —	0,30	0,80
	20 —		0,60
	25 —	0,20	0,60
	28 —	0,10	0,50
	5 Mars 1894.	0,30	0,60
	10 —	0,20	0,60
	15 —	0,70	1,10
	20 —	0,61	1,20
	25 —		0,90
	31 —	0,30	0,50
	5 Avril 1894.		0,40
	10 —		0,30
	15 —	0,25	0,20
	20 —	0,40	0,40
	25 —	0,20	0,40
	30 —	0,30	0,40
	5 Mai 1894.	0,30	0,35
	10 —	0,30	0,40
	15 —	0,20	0,40
	21 —	0,35	0,40
25 —	1,40	1,00	
31 —	1,60	0,80	
5 Juin 1894.		0,30	
10 —	0,25	0,35	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Les Sollières. (Suite.)	15 Juin 1894.	0 ^m 50	0 ^m 50
	20 —	0,00	
	15 Juillet 1894.	0,05	
	Août 1894.	0,00	
	5 Septembre 1894	0,02	
	10 —	0,03	
	30 —	0,10	0,10
	5 Octobre 1894.	0,27	0,10
	10 —	0,05	0,05
	15 —	0,02	0,02
	20 —	0,22	0,22
	25 —	0,15	0,20
	1 ^{er} Novembre 1894	0,10	0,05
	5 —		0,15
	10 —	0,30	0,35
	15 —	0,35	0,50
	20 —		0,40
	25 —		0,38
	1 ^{er} Décembre 1894	0,20	0,50
	5 —		0,50
	10 —		0,40
	15 —	0,05	0,40
	20 —	0,15	0,60
	25 —	0,10	0,65

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Platte. (Altit. : 2,000 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 00	0 ^m 35
	10 —	0,06	0,40
	15 —	—	0,40
	20 —	0,15	0,50
	25 —	0,05	0,55
	31 —	0,15	0,70
	6 Février 1894.	0,14	0,27
	10 —	—	0,23
	15 —	0,23	0,38
	20 —	—	0,35
	25 —	0,06	0,40
	28 —	0,15	0,40
	5 Mars 1894.	0,27	0,50
	10 —	0,45	0,40
	15 —	0,60	0,80
	21 —	0,10	0,80
	26 —	—	0,70
	31 —	—	0,70
	5 Avril 1894.	0,01	—
	20 —	0,21	—
	1 ^{er} Mai 1894.	0,25	—
	10 —	0,10	—
	15 —	0,02	—
	1 ^{er} Juin 1894.	0,25	—
	Juillet 1894.	0,00	—
	Août 1894.	0,00	—
	6 Septembre 1894	0,05	—
10 —	0,13	—	
30 —	Légère	0,04	
1 ^{er} Octobre 1894.	0,03	0,03	
21 —	0,10	—	
26 —	0,10	—	
1 ^{er} Novembre 1894	0,10	—	

NOM DU POSTE	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Platte. (Suite.)	11 Novembre 1894	0 ^m 12	0 ^m 05
	15 —	0,13	0,05
	16 Décembre 1894	0,05	0,05
	21 —	0,54	0,48
	26 —	0,31	0,40

NOM DU POSTE.	DATES. 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	exi-tant à la fin des 5 jours.
Les Chapieux. (Altit. : 1,550 ^m).	10 Janvier 1894.	0 ^m 10	0 ^m 45
	15 —	0,05	0,50
	20 —	0,20	0,60
	25 —	0,10	0,60
	31 —	0,45	
	5 Février 1894.	0,20	0,60
	10 —	0,00	0,60
	15 —	0,45	0,70
	20 —	0,05	0,40
	25 —	0,21	0,45
	28 —	0,30	0,30
	5 Mars 1894.	0,45	0,40
	10 —	0,40	0,60
	15 —	0,35	0,60
	20 —	0,45	0,55
	25 —	0,00	0,30
	31 —	0,00	0,20
	5 Avril 1894.	0,00	0,15
	10 —	0,00	0,10
	20 —	0,02	0,04
	30 —	0,05	
	30 Mai 1894.	0,20	
	15 Juin 1894.	0,20	
	Juillet —	0,00	
	Août —	0,00	
	5 Septembre 1894	0,05	
	Octobre 1894.	0,00	
	10 Novembre 1894	0,05	
	15 —	0,03	
	15 Décembre 1894	0,15	
	20 —	0,47	0,40
25 —	0,33	0,65	
31 —	0,42		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Redoute Ruinée. (Altit. : 2,412*.)	5 Février 1894.	0 ^m 18	1 ^m 00
	10 —	0,00	0,40
	15 —	0,45	0,60
	20 —	0,05	0,30
	25 —	0,10	0,30
	28 —	0,20	0,40
	5 Mars 1894.	0,55	0,90
	10 —	1,30	1,20
	15 —	0,21	1,40
	20 —	1,25	2,50
	25 —		2,00
	1 ^{er} Avril 1894.		1,90
	5 —	0,04	1,50
	10 —		1,00
	15 —		0,50
	20 —	0,24	0,45
	25 —		0,30
	30 —		0,30
	5 Mai 1894.	0,60	0,25
	10 —	0,23	0,45
	15 —	0,41	0,65
	20 —		0,20
	25 —	0,04	0,21
	30 —	0,99	1,00
	5 Juin 1894.	0,00	0,21
	10 —	0,27	
	15 —	0,55	0,60
	20 —	0,05	0,10
	Juillet 1894.	0,00	
	Août 1894.	0,00	
5 Septembre 1894	0,02	0,02	
10 —	0,22	0,22	
30 —	0,07	0,07	
5 Octobre 1894.	0,04	0,04	
10 —	0,11	0,11	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Redoute Ruinée. (Suite.)	15 Octobre 1894.	0 ^m 08	0 ^m 08
	20 —	0,33	
	25 —	0,39	
	1 ^{er} Novembre 1894	0,12	
	5 —	0,43	
	15 —	0,55	
	15 Décembre 1894	0,12	0,12
	20 —	2,02	2,02
	25 —	0,54	1,50

Postes du Briançonnais.

Année 1894.

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours
Les Acles. (Altit. : 2,250 ^m). et Plampinet. (Altit. : 1,488 ^m).	5 Janvier 1894.	A. 0 ^m 12	0 ^m 24
		P. 0,00	0,06
	10 —	A. 0,00	0,23
		P. 0,00	0,06
	15 —	A. 0,00	0,22
		P. 0,00	0,06
	20 —	A. 0,10	0,28
		P. 0,04	0,10
	25 —	A. 0,24	0,52
		P. 0,15	0,25
	30 —	A. 0,03	0,50
		P.	0,20
	5 Février 1894.	A.	0,44
		P.	0,10
	11 —	A.	0,28
		P.	0,08
	15 —	A. 0,03	0,26
		P.	0,07
	20 —	A.	0,20
		P. 0,01	0,08
	25 —	A.	0,18
		P.	0,06
	28 —	A.	0,13
		P.	0,04
5 Mars 1894.	A.	0,08	
	P.	0,00	
11 —	A. 0,04	0,07	
	P. 0,04	0,00	
15 —	A. 0,19	0,24	
	P. 0,07	0,04	
20 —	A. 0,05	0,22	
	P. 0,05		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Les Acles. et Plampinet. (Suite.)	25 Mars 1894.	A. 0,08 P. 0,03	0 ^m 09
	31 —	A. 0,15 P. 0,02	0,18 0,02
	5 Avril 1894.	A. 0,00 P. 0,00	0,05
	10 —	A. 0,02 P. 0,00	
	15 —	A. 0,03 P. 0,00	
	20 —	A. 0,04 P. 0,00	
	30 —	A. 0,03 P. 0,00	
	5 Mai 1894.	A. 0,08 P. 0,00	
	11 —	A. 0,02 P. 0,00	
	Juin 1894.	A. 0,00 P. 0,00	
	Juillet 1894.	A. 0,00 P. 0,00	
	15 Septembre 1894.	A. Neige P. 0,00	légère.
	5 Octobre 1894.	A. 0,35 P. 0,00	0,35
	19 —	A. 0,15 P. 0,00	
	20 —	A. 0,03 P. 0,15	0,20 0,03
	21 —	A. 0,05 P. 0,00	
	25 —	A. 0,05 P. 0,00	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE.	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Les Acles. et Plampinet. (Suite.)	10 Novembre 1894	A. 0 ^m 08 P. 0,00	0 ^m 10 0,06 0,02 0,80 0,83 0,68 0,67 0,64
	15 —	A. 0,25 P. 0,06	
	20 —	A. 0,00 P. 0,00	
	25 —	A. 0,00 P. 0,00	
	30 —	A. 0,87 P. 0,28	
	5 Décembre 1894	A. 0,02 P.	
	10 —	A. 0,78 P. 0,11	
	15 —	A. P.	
	20 —	A. 0,07 P. 0,05	
	26 —	A. 0,06 P.	
	30 —	A. 0,08 P.	
	31 —	A. 0,06 P.	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
L'Olive. (Altit. : 2,250 ^m .)	5 Janvier 1894.	0 ^m 15	0 ^m 50
	10 —	0,00	0,50
	15 —	0,00	0,40
	20 —	0,00	0,40
	25 —	0,40	0,95
	6 Février 1894.		0,80
	10 —		0,70
	15 —		0,65
	26 —		0,55
	28 —		0,55
	6 Mars 1894.		0,45
	11 —		0,45
	16 —	0,15	0,55
	21 —	0,10	0,55
	26 —		0,35
	31 —	0,25	0,45
	6 Avril 1894.		0,20
	11 —		0,05
	16 —	0,08	0,05
	21 —	0,15	0,05
	6 Mai 1894.	0,10	
	11 —	0,05	
	30 —	0,05	
	Juin 1894.		
	Juillet 1894.		
	Août 1894.		
	Septembre 1894.		
6 Octobre 1894.	0,10		
21 —	0,23		
16 Novembre 1894	0,70		
21 —	0,67		
26 —	0,48	0,02	
30 —	0,40		
6 Décembre 1894		0,30	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
L'Olive. (Suite.)	11 Décembre 1894		0 ^m 28
	15 —		0,25
	21 —	0 ^m 25	0,30
	26 —		0,35

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Le Janus. (Altit. : 2,530 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 10	0 ^m 50
	10 —	0,03	0,60
	15 —		0,55
	20 —	0,28	0,70
	25 —	0,37	1,05
	30 —	0,20	1,10
	5 Février 1894.	0,03	1,05
	10 —		0,94
	15 —		0,94
	20 —		0,85
	25 —		0,70
	28 —		0,50
	5 Mars 1894.	0,02	0,40
	10 —	0,08	0,37
	15 —	0,33	0,65
	20 —	0,12	0,70
	25 —	0,03	0,55
	31 —	0,75	1,25
	5 Avril 1894.		0,95
	10 —		0,62
	15 —	0,03	0,40
	20 —	0,38	0,60
	25 —	0,0025	0,60
	30 —	0,08	0,30
	6 Mai 1894.		0,28
	10 —	0,20	0,20
	15 —	0,10	0,12
	20 —		0,03
	25 —		0,02
30 —	0,94	0,05	
Juin 1894.	0,00		
Juillet 1894.	0,00		
Août 1894.	0,00		
15 Septembre 1894	0,02		
6 Octobre 1894.	0,13	0,05	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Le Janus. (Suite)	26 Octobre 1894.	0 ^m 19	0 ^m 06
	11 Novembre 1894	0,05	0,03
	16 —	0,28	0,25
	21 —	0,05	0,12
	26 —	0,02	0,05
	30 —	0,92	0,95
	5 Décembre 1894		0,60
	10 —		0,52
	15 —		0,40
	20 —	0,06	0,25
	25 —	0,02	0,19

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Gondran C. (Altit. : 2,450 ^m).	6 Janvier 1894.	0 ^m 05	0 ^m 55
	11 —	0,09.	0,60
	16 —		0,55
	21 —	0,38	0,90
	25 —	0,37	1,25
	1 ^{er} Février 1894.	0,15	1,40
	5 —	0,04	1,30
	10 —		1,15
	15 —		1,00
	21 —		0,95
	25 —		0,89
	1 ^{er} Mars 1894.		0,70
	5 —	0,02	0,40
	10 —	0,08	0,40
	16 —	0,25	0,50
	21 —	0,13	0,60
	26 —	0,43	0,50
	1 ^{er} Avril 1894.		0,90
	6 —		0,85
	11 —		0,55
	16 —	0,04	0,20
	21 —	0,40	0,60
	26 —		0,45
	1 ^{er} Mai 1894.	0,10	0,25
	6 —	0,25	0,25
	11 —	0,10	0,15
	16 —		0,10
	21 —		0,05
	26 —		
	1 ^{er} Juin 1894.	0,22	0,05
	Juillet 1894.	Pas de neige.	Pas de neige.
Août 1894.	Id.	Id.	
6 Octobre 1894.	0,13	0,04	
15 au 20 —	0,15	0,05	
26 —	0,10	0,10	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Gondran C. (Suite.)	7 Novembre 1894		
	11 —	0 ^m 04	0 ^m 03
	16 —	0,30	0,25
	21 —	0,05	0,12
	26 —	0,01	0,07
	1 ^{er} Décembre 1894	0,66	0,73
	6 —		0,60
	11 —		0,57
	16 —		0,50
	21 —	0,06	0,56
	26 —	0,02	0,50

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE		
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.	
Gondran D. (Altit. : 2,420 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 07	0 ^m 55	
	11 —	0,09	0,60	
	15 —		0,55	
	21 —	0,38	0,90	
	26 —	0,37	1,25	
	31 —	0,15	1,40	
	6 Février 1894.	0,04	1,30	
	10 —		1,15	
	15 —		1,00	
	20 —		0,95	
	25 —		0,89	
	28 —		0,70	
	5 Mars 1894.	0,02	0,40	
	10 —	0,08	0,40	
	15 —	0,30	0,50	
	21 —	0,13	0,60	
	25 —	0,03	0,50	
	31 —	0,65	0,90	
	6 Avril 1894.		0,85	
	10 —		0,55	
	15 —	0,04	0,20	
	20 —	0,40	0,60	
	25 —		0,45	
	30 —	0,10	0,25	
	6 Mai 1894.	0,25	0,25	
	10 —	0,10	0,15	
	15 —		0,15	
	30 —	0,12	0,05	
	Juin 1894.	Pas de neige.		
	Juillet 1894.	Id.		
	Août 1894.	Id.		
5 Octobre 1894.	0,13	0,04		
20 —	0,15	0,05		
25 —	0,10	0,10		
10 Novembre 1894	0,04	0,03		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Gondran D. (Suite.)	15 Novembre 1894	0 ^m 30	0 ^m 25
	20 —	0,05	0,12
	25 —	0,01	0,07
	30 —	0,66	0,70
	5 Décembre 1894		0,57
	10 —		0,54
	15 —		0,45
	20 —	0,06	0,50
	25 —	0,02	0,45

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
L'Infernet. (Altit. : 2,350 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 04	0 ^m 35
	10 —	0,03	0,40
	15 —	0,00	0,40
	20 —	0,35	0,75
	25 —	0,45	1,20
	1 ^{er} Février 1894.	0,20	1,35
	6 —	0,02	1,25
	10 —	—	1,20
	15 —	—	1,15
	20 —	—	0,90
	25 —	—	0,85
	28 —	—	0,75
	3 Mars 1894.	0,02	0,60
	10 —	0,05	0,30
	15 —	0,15	0,30
	20 —	0,10	0,45
	25 —	—	0,20
	31 —	0,45	0,60
	4 Avril 1894.	—	0,35
	11 —	—	0,10
	16 —	—	0,05
	21 —	0,30	0,15
	1 ^{er} Mai 1894.	0,05	—
	5 —	0,25	—
	11 —	0,03	—
	30 —	0,20	—
	Juin 1894.	Pas de neige.	—
	Août 1894.	Id.	—
	Septembre 1894.	Id.	—
	1 ^{er} Octobre 1894.	0,20	—
21 —	0,10	—	
26 —	0,02	—	
11 Novembre 1894	0,04	—	
16 —	0,65	0,10	
21 —	—	0,04	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
L'Infernet. (Suite.)	26 Novembre 1894	0 ^m 01	
	1 ^{er} Décembre 1894	0,68	0 ^m 26
	6 —	0,63	0,10
	11 —	0,40	0,07
	16 —	0,23	0,03
	21 —	0,21	0,05
	26 —	0,47	0,09

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Cochette. (Altit. : 2,353 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 04	0 ^m 35
	10 —	0,05	0,40
	15 —		0,40
	20 —	0,35	0,75
	25 —	0,45	1,20
	30 —	0,20	1,35
	5 Février 1894.	0,02	1,25
	10 —		1,15
	15 —		1,10
	20 —		0,90
	25 —		0,80
	28 —		0,70
	5 Mars 1894.	0,02	0,65
	10 —	0,05	0,35
	15 —	0,15	0,35
	20 —	0,10	0,45
	25 —		0,25
	31 —	0,45	0,60
	5 Avril 1894.		0,35
	10 —		0,10
	15 —		0,10
	20 —	0,30	0,15
	26 —		0,05
	30 —	0,05	
	10 Mai 1894.	0,05	
	31 —	0,20	
	Juin 1894.	Pas de neige.	
	Juillet 1894.	Id.	
	Août 1894.	Id.	
	Septembre 1894.	Id.	
	10 Octobre 1894.	0,03	
15 —	0,40	0,35	
20 —	0,15		
21 —		0,05	
26 —		0,03	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Cochette. (Suite.)	1 ^{er} Novembre 1894	0 ^m 00	
	17 —	0,00	0 ^m 05
	26 —	0,00	0,03
	1 ^{er} Décembre 1894	0,61	0,50
	6 —		0,40
	11 —		0,40
	16 —		0,25
	21 —	0,03	0,28
	26 —	0,04	0,30

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
La Croix de Bretagne. (Altit. : 2,000 ^m).	6 Janvier 1894.	0 ^m 15	0 ^m 35
	11 —	0,10	0,45
	16 —		0,43
	21 —	0,10	0,50
	26 —	0,35	0,85
	1 ^{er} Février 1894.	0,05	0,85
	6 —		0,72
	11 —		0,45
	16 —		0,36
	21 —		0,28
	26 —		0,24
	28 —		0,14
	6 Mars 1894.	0,03	0,07
	11 —	0,06	0,04
	16 —	0,25	0,22
	21 —		0,15
	26 —		
	1 ^{er} Avril 1894.	0,06	
	21 —	0,10	
	11 Mai 1894.		
	16 —	0,03	
	1 ^{er} Juin 1894.	0,02	
	Juillet 1894.	Pas de neige.	
	Août 1894.	Id.	
	Septembre 1894.	Id.	
	21 Octobre 1894.	0,08	
	11 Novembre 1894	0,05	
	16 —	0,15	0,04
	1 ^{er} Décembre 1894	0,12	0,07
	6 —		0,03
11 —	0,03	0,03	
16 —	0,07	0,02	
21 —	0,01	0,03	
26 —	0,03	0,02	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE		
		tombée pendant 5 jours	existant à la fin des 5 jours.	
La Seyte. (Altit. : 2,125 ^m).	5 Janvier 1894.	0 ^m 04	0 ^m 20	
	10 —	0,05	0,25	
	15 —	—	0,25	
	20 —	0,30	0,55	
	25 —	0,40	0,95	
	31 —	—	1,10	
	5 Février 1894.	0,01	1,00	
	10 —	—	0,80	
	15 —	—	0,75	
	20 —	—	0,70	
	25 —	—	0,65	
	28 —	—	0,60	
	5 Mars 1894.	0,02	0,60	
	10 —	0,05	0,30	
	15 —	0,15	0,30	
	20 —	0,10	0,40	
	25 —	—	0,15	
	31 —	0,35	0,55	
	5 Avril 1894.	—	0,25	0,25
	20 —	—	0,05	0,10
	28 —	—	0,05	—
	10 Mai 1894.	—	0,05	—
	31 —	—	0,10	—
	Juin 1894.	—	Pas de neige.	—
	Juillet 1894.	—	Id.	—
	Août 1894.	—	Id.	—
	Septembre 1894.	—	Id.	—
	20 Octobre 1894.	—	Neige	—
	11 Novembre 1894	—	0,02	—
	15 —	—	0,10	—
	30 —	—	0,25	0,22
5 Décembre 1894	—	0,10	—	
10 —	—	—	—	
15 —	—	—	0,05	
20 —	—	—	0,03	
25 —	—	0,05	—	

Postes du Queyras et de l'Ubaye.

Année 1894.

NOM DU POSTE.	DATES. — 1893-1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Château-Queyras. (Altit.: 1,425 ^m 40).	18 Novembre 1893	Neige	
	26 —	Id.	
	12 Décembre 1893	0 ^m 50	
	21 —	Neige légère	
	9 Janvier 1894.	Neige	
	18 —	Id.	
	23 —	Id.	
	26 —	Id.	
	29 —	Id.	
	Février 1894.		
14 Mars 1894.	Id.		

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Col Agnel. (Altit. : 2 498 ^m).	5 Janvier 1894.		0 ^m 50
	10 —		0,50
	15 —		0,50
	19 —	0 ^m 10	0,60
	25 —	0,20	0,80
	30 —	Neige	0,70
	6 Février 1894.		0,60
	16 —		0,40
	26 —		0,39
	1 ^{er} Mars 1894.		0,35
	5 —	Un peu de neige	0,30
	10 —		0,25
	15 —	0,10	0,35
	15 au 20 —	Neige	0,35
	25 —		0,35
	29, 30, 31 Mars.	Neige	0,50
	1 ^{er} et 2 Avril 1894	Id.	0,50
	11 —		
	27, 29, 30 Avril.	Neige	
	1 ^{er} , 2, 3 Mai 1894.	Id.	0,10
	11 —		
	20 —	0,10	0,10
	25 —	0,40	0,50
	26, 27 et 29 Mai.	Neige	0,30
	6 Juin 1894.	Pas de neige	
	Juillet 1894.	Id.	
	Août 1894	Id.	
	29 et 30 Septembre	0,15	
	1 ^{er} Octobre 1894.		3,00
	2 —	0,40	
	3 —	0,60	
	15 —	0,20	
20, 25 Octobre.	Neige		
8, 9 Nov. 1894.	0,10		
16 —	Neige	0,10	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Col Agnel. (Suite)	21 Novembre 1894	4,10	0 ^m 10
	1, 2, 3, 4 Décembre		1,10
	11 —		1,00
	16 —		0,80
	21 —		0,70
	26 —		0,65

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Viraysse (batterie). (Altit. : 2,765 ^m).	5 Janvier 1894.		0 ^m 55
	10 —		0,50
	15 —		0,30
	20 —	0 ^m 18	0,50
	25 —	0,90	1,40
	30 —	0,32	1,70
	5 Février 1894.		1,70
	10 —		1,00
	15 —		0,90
	20 —	0,05	0,68
	25 —		0,50
	28 —		0,40
	5 Mars 1894.		0,35
	10 —	0,05	0,30
	15 —	0,05	0,45
	20 —	0,30	0,75
	25 —	0,40	0,90
	31 —	0,36	1,25
	5 Avril 1894.	0,04	1,00
	10 —		0,90
	15 —	0,08	0,50
	20 —	0,25	1,20
	25 —	0,05	0,90
	30 —	0,09	0,90
	5 Mai 1894.	0,20	0,65
	10 —	0,04	0,80
	15 —		0,60
	20 —	0,05	0,65
	25 —	1,70	1,30
	30 —	0,25	0,60
5 Juin 1894.		0,70	
10 —	0,04	0,60	
15 —	0,02	0,60	
20 —		0,40	
25 —		0,10	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE		
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.	
Viraysse (batterie). (Suite).	Juillet 1894.	0 ^m 00		
	Août 1894.	0,00		
	10 Septembre 1894	0,03		
	15 —	0,04	0 ^m 02	
	20 —	0,09	0,03	
	25 —	0,08		
	5 Octobre 1894.	0,14	0,35	
	10 —		0,10	
	15 —		0,03	
	20 —	0,45	0,45	
	25 —	0,00	0,00	
	30 —		0,10	
	5 Novembre 1894	Neige		
	10 —	0,12	0,12	
	15 —	1,19	0,40	
	20 —	0,17	0,35	
	25 —		0,28	
	30 —	0,10	0,45	
	5 Décembre 1894	0,02	0,52	
	10 —		0,50	
	15 —		0,45	
	20 —	0,02	0,47	
	25 —	0,02	0,47	
	30 —	0,05	0,50	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Viraysse (baraquement). (Altit. : 2,500 ^m).	3 Janvier 1894.	Pas	0 ^m 50
	10 —	de chute	0,25
	15 —	de neige.	0,25
	20 —	0 ^m 19	0,30
	25 —	0,65	1,20
	30 —	0,40	1,90
	6 Février 1894.		1,85
	10 —		1,60
	15 —		1,50
	20 —	0,05	1,60
	25 —		1,50
	28 —		1,40
	5 Mars 1894.		1,25
	10 —	0,05	1,20
	15 —	0,05	1,20
	20 —	0,30	1,30
	25 —	0,40	1,60
	31 —	0,33	1,45
	5 Avril 1894.	0,03	1,35
	10 —		1,25
	15 —	0,05	1,20
	20 —	0,22	1,15
	25 —	0,04	1,23
	30 —	0,09	0,90
	5 Mai 1894.	0,30	0,75
	10 —	0,04	1,00
	15 —		0,90
	20 —	0,04	0,85
	25 —	1,71	1,80
	31 —	0,35	1,00
5 Juin 1894.		0,50	
10 —	0,02	0,40	
15 —	0,01	0,40	
20 —	0,00	0,25	
25 —	0,00	0,05	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Viraysse (baraquement). (Suite.)	Juillet 1894.	Pas de neige	
	Août 1894.	Id.	
	15 Septembre 1894	0 ^m 02	0 ^m 02
	20 —	0,06	0,01
	5 Octobre 1894.	0,24	0,17
	10 —		0,06
	15 —		0,01
	20 —	0,16	0,09
	25 —		0,02
	31 —		0,03
	5 Novembre 1894		0,02
	10 —	0,06	0,08
	15 —	0,22	0,27
	20 —	0,10	0,32
	25 —		0,32
	30 —	0,18	0,50
	5 Décembre 1894	0,02	0,50
	10 —		0,50
	15 —		0,50
	20 —	0,04	0,50
25 —		0,50	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Roche La Croix. (Altit. : 4,900 ^m).	6 Janvier 1894.	Petite neige.	0 ^m 35
	10 —	0 ^m 03	0,35
	15 —		0,25
	20 —	0,25	0,50
	25 —	0,55	0,95
	31 —	0,45	1,00
	5 Février 1894.	0,05	0,90
	10 —		0,85
	15 —		0,60
	20 —		0,60
	25 —		0,60
	28 —		0,60
	5 Mars 1894.	Neige	0,30
	10 —		0,30
	15 —	0,30	0,75
	20 —		0,65
	25 —		0,60
	31 —	0,08	0,60
	5 Avril 1894.	Neige	0,30
	10 —		0,25
	15 —	0,01	0,10
	20 —	0,16	0,10
	25 —	Neige	
	30 —	Id.	
	5 Mai 1894.	Id.	
	Juin 1894.	Pas de neige.	
	Juillet 1894.	Id.	
	Août 1894.	Id.	
15 Septembre 1894	Id.		
30 —	0,15	0,05	
5 Octobre 1894.	0,05		
15 Novembre 1894	Neige	0,05	
25 —	0,03	0,03	
31 —	0,41	0,40	
5 Décembre 1894		0,25	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Roche La Croix. (Suite.)	10 Décembre 1894		0 ^m 20
	15 —		0,20
	20 —	0,05	0,25
	25 —		0,25
	31 —		0,30

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours
Vallon-Claus. (Altit. : 2,100*).	5 Janvier 1894.		0 ^m 22
	10 —	0 ^m 45	0,60
	15 —		0,50
	20 —	0,25	0,70
	25 —	0,30	1,00
	31 —	0,20	0,90
	5 Février 1894.	0,05	0,75
	10 —		0,65
	15 —		0,55
	20 —		0,45
	25 —		0,40
	28 —		0,36
	5 Mars 1894.	0,02	0,35
	10 —	0,04	0,38
	15 —	0,25	0,55
	20 —	0,05	0,45
	25 —		0,35
	31 —	0,05	0,10
	5 Avril 1894.	0,05	
	15 —	0,02	
	20 —	0,38	0,15
	25 —		0,11
	30 —		
5 Mai 1894.	0,03		
10 —	0,04		
15 —	0,02		
25 —	0,02		
31 —	0,13		
Juin 1894.			
Juillet 1894.			
Août 1894.			
30 Septembre 1894	Pas de Neige	0,02	
19 Octobre 1894.	Id.		
10 Novembre 1894	0,11		
15 —	0,14	0,04	

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Vallon-Claus. (Suite.)	30 Novembre 1894	0 ^m 35	0 ^m 27
	3 Décembre 1894		0,16
	10 —		0,12
	15 —		0,09
	20 —	0,11	0,18
	25 —		0,16

NOM DU POSTE.	DATES. — 1894.	HAUTEUR DE NEIGE	
		tombée pendant 5 jours.	existant à la fin des 5 jours.
Cuguret. (Altit. : 1,864*).	5 Janvier 1894.		0 ^m 10
	10 —		0,13
	15 —		0,12
	20 —		0,23
	25 —		0,35
	31 —		0,35
	5 Février 1894.		0,25
	10 —		0,25
	15 —		0,20
	20 —		0,20
	25 —		0,15
	28 —		0,12
	5 Mars 1894.		0,10
	15 —		0,20
	Avril 1894.		
	Mai —		
	Juin —		
	Juillet —		
	Août —		
	30 Septembre 1894.		0 ^m 03
	Octobre 1894.		0,00
	15 Novembre 1894		0,03
	20 —		0,01
25 —		0,01	
30 —		0,08	
5 Décembre 1894		0,02	
10 —		0,01	
20 —		0,02	
25 —		0,01	

Pas de neige. Pas d'observations.

* * *

Voici, *par ordre d'altitude*, la liste des stations dont nous avons, dans ce travail, étudié l'enneigement :

1. } Château-Queyras (1425^m) ;
 } La Grave (1450^m) ;
2. Plampinet (1488^m) ;
3. Chapieux (1550^m) ;
4. Le Truc (1550^m) ;
5. Télégraphe (1600^m) ;
6. La Bérarde (1738^m) ;
7. Sapey (1750^m) ;
8. Seloge (1825^m) ;
9. Cuguret (1861^m) ;
10. Roche-la-Croix (1900^m) ;
11. Croix-de-Bretagne (2000^m) ;
12. La Platte (2000^m) ;
13. Vallon-Claus (2100^m) ;
14. La Seyte (2125^m) ;
15. Col de Valgelaye (2250^m) ;
16. Les Acles (2250^m) ;
17. Olive (2250^m) ;
18. Infernet (2350^m) ;
19. La Cochette (2353^m) ;
20. Redoute-Ruinée (2412^m) ;
21. Gondran D (2420^m) ;
22. Gondran C (2450^m) ;
23. Col Agnel (2498^m) ;
24. Col de Fréjus (2500^m) ;
25. Vyraisse (Baraquements) (2500^m) ;

26. La Turra (2600^m);
27. Janus (2530^m);
28. Les Sollières (2700^m);
29. Vyraisse (Batterie) (2765^m).

* * *

Cette statistique¹ nous suggère quelques remarques intéressantes :

On verra, en consultant avec soin nos tableaux, que les hauteurs de neige existant à la fin de cinq jours sont parfois (à Vyraisse, par exemple) *supérieures* à la somme des chutes observées. Cette particularité est due, sans doute, à l'action du vent accumulant la neige en certains points.

Les postes qui reçoivent la *plus grande quantité de neige* sont tous très élevés (2412 à 2765^m) :

Vyraisse (Baraquements et Batterie),
Les Sollières,
Gondran C.,
Redoute-Ruinée.

Les stations *les moins enneigées* sont parmi les postes les moins élevés (1400 à 2000^m); ce sont :

Cuguret.
Vallon-Claus.

¹ Nous avons le regret de ne plus pouvoir nous charger, à l'avenir, de cette statistique qui exige des loisirs incompatibles avec nos occupations professionnelles.

Roche-la-Croix,
Croix-de-Bretagne,
La Grave,
Le Télégraphe.

Les époques où la neige a atteint *des maxima* d'épaisseur ont été :

Pour l'hiver 1892-93 : presque partout, la fin de *Février* et le commencement de *Mars* ;

Pour l'hiver 1893-94 : suivant les stations : *Octobre* (Fréjus), *Novembre* (La Turra), la fin de *Janvier* (La Seyte, l'Olive, Plampinet, Valgelaye, Cuguret, Vallon-Claus, Vyraisse, Roche-la-Croix) et le commencement de *Février* (Col Agnel, l'Infernet, La Cochette, Gondran C, Gondran D, Sollières) ; la fin de *Décembre* (Chapieux, l'Olive, le Janus, Croix-de-Bretagne, Vyraisse), le *25 Mai* (Turra, Sollières, Vyraisse), *Mars* (Janus, Vyraisse, le Truc, la Platte, la Turra, les Chapieux, Redoute-Ruinée), etc.

A la fin de l'année 1894, nous notons des *maxima* à Fréjus, le Truc, Seloge, la Platte, les Chapieux, la Redoute-Ruinée (2^m 02), le Col Agnel, Vyraisse (B^{ie}), etc.

Enfin, en comparant ces résultats avec les tableaux de variation de température donnés par M. Lachmann et les courbes déposées aux archives de la Société, on reconnaît que les maxima de chute de neige correspondent généralement, en hiver, à des élévations de température.

L'apparition de la neige se place en *Octobre* pour

la plupart des postes (Fréjus (1894), la Turra (1894), la Redoute-Ruinée (1894).

Au mois de Juillet il n'a neigé dans aucun des postes, sauf aux Sollières, en 1893 et 1894.

En Août il n'a neigé que dans une station (La Turra, 1894).

En Septembre, il a neigé à la Turra (1893, 1894), Viraysse (1893, 1894), les Chapieux (1894), Vallon-Claus (1894), Cuguret (1894).

En 1893, on remarque que le mois d'Avril a été, dans plusieurs postes, exempt de chutes de neige et partout très peu neigeux.

Il n'a pas neigé en Octobre dans les stations de : Chapieux (1893), le Truc (1893, 1894), les Sollières (1893), Cuguret (1894), La Platte (1893, 1894), l'Olive (1893), Seloge (1894).

Il n'a pas neigé en Novembre à Seloge, en 1894.

La *disparition de la neige* se place d'ordinaire vers le 25 Mai ou au commencement du mois de Juin; elle devance cette date dans les postes de :

La Grave (1894),

Cuguret (1893) (en 1894, il n'a pas neigé du
15 mars au 30 septembre).

Vallon-Claus (1893),

Les Chapieux (1893),

Seloge (1894),

Croix-de-Bretagne (1893),

Roche-la-Croix (1893),

L'Olive (1893, 1894),

Plampinet-les-Acles (1893, 1894).

Il a neigé en Juin à :

Vyraisse (1893, 1894),

Gondran (1894),

Sollières (1894).

En comparant les différents hivers, de 1892 à 1894-95, on arrive également à des résultats curieux que l'on tirera facilement de nos tableaux. C'est ainsi que les épaisseurs de neige constatées pendant l'hiver 1892-1893 ont été, en beaucoup de points et notamment à Vyraisse, beaucoup plus considérables que celles des années suivantes.

Ces réflexions suffisent pour mettre en évidence l'intérêt qu'offrent la coordination et la publication des précieuses observations que la création de postes d'hiver à la frontière alpine et la bonne volonté des officiers supérieurs qui en ont la haute direction ont permis de réunir.

Nous espérons que nos lecteurs sauront en tirer tout le parti qu'elles comportent, tant au point de vue scientifique qu'en ce qui concerne leurs applications pratiques (à la culture en montagne par exemple) et hygiéniques.

En outre, la continuation de ces statistiques qui, nous l'espérons, se poursuivra pendant de longues années encore, permettra sans doute de mettre en lumière les lois météorologiques qui règlent l'enneigement de nos Alpes. Il sera peut-être possible alors de prévoir en une certaine mesure l'avenir réservé à nos glaciers, à nos torrents et à nos rivières, qui contribuent si puissamment à la prospérité agricole et industrielle du Dauphiné.

