Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 38 (1853)

Artikel: Essai sur les anciens glaciers du Jura

Autor: Benoît, Emile

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-89860

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

XVI. ESSAI SUR LES ANCIENS GLACIERS DU JURA,

par M. Emile Benoît, *de la Soc. géol. de France.*

—

L'existence d'anciens glaciers dans le Jura est admise maintenant, mais non encore étudiée. Déjà en 1806, Plaifair faisait venir les glaciers des Alpes jusqu'au Jura. Après lui, MM. Venetz et de Charpentier ont donné des explications systématiques du phénomène. En présence de cette grande extension des glaciers des Alpes, confirmée en 1847 par M. Ch. Martins, l'existence de dépôts glaciaires jurassiques sur plusieurs point du pied des grandes chaînes qui bordent le bassin suisse a été facilement acceptée, quand MM. Agassiz, Guyot et Lardy sont venus signaler ces dépôts dans le voisinage des lacs de Bienne et de Neuchâtel. Enfin en 1847, MM. Pidancet et Lory n'ont trouvé aucun incrédule, quand ils ont signalé des dépôts glaciaires avec des roches striées et polies dans l'intérieur des chaînes jurassiques : la distance des points qu'ils ont cités (Les Rousses, St-Laurent, le Fort de Joux, Ste-Croix) indique assez que l'intention, qu'ils ont annoncée alors, de continuer leurs observations dans toutes les hautes vallées du Jura, était fondée sur la certitude d'une vaste extension du phénomène glaciaire.

On sait donc maintenant que le Jura a eu ses glaciers propres ; que les matériaux erratiques des Alpes, des Vosges et de la Forêt-Noire ont pénétré dans l'intérieur des chaînes jurassiques, ainsi que l'ont depuis longtemps signalé MM. Thurmann, Gressly et Quiquerez, et l'on peut hardiment conclure de ces faits, que les anciens glaciers du Jura étaient con-

temporains de ceux des Alpes des Vosges et de la Forêt-Noire. C'est cette contemporanéité, cette connexion, qui a été surtout l'objet de nos études dans le Jura. Pour exposer quelques-uns des faits qui sont venus à notre connaissance, nous nous contenterons de décrire brièvement le phénomène glaciaire dans le Jura méridional.

Disons d'abord que l'allure des glaciers dans le Jura a été tout-à-fait identique à celle des glaciers des Alpes et des Vosges, quoique plus restreinte. Dispersion des matériaux dans les vallées environnant la région glaciaire, moraines en place dans les vallées intérieures, action des affluents sur les moraines latérales, ampleur des glaciers proportionnellement à l'étendue des bassins d'alimentation, roches en place polies et striées, etc., etc., tout se retrouve dans le Jura. On verra dans le rapide exposé qui va suivre qu'on peut y distinguer trois formes de glaciers, selon qu'ils sont situés dans les vallées longitudinales, dans les cluses, ou sur les plateaux, et qu'ils ont eu diverses époques d'extension et de retrait.

Vallée de la Valserine. Cette vallée étroite et profonde est située dans un pli néocomien entre les deux dernières chaînes du Jura : elle va en ligne droite et avec une faible pente, du pied de la Dôle à celui du Sorgiat (Grand-Crédoz de la carte française de l'Etat-major), où elle s'ouvre sur un bas plateau nécomonien qui porte les villages de Montanges, Champfromier et Confort (fig. 1). Ce plateau offre de nombreuses traces d'anciens glaciers jurassiques. Près de Montanges, le pied du crêt néocomien relevé selon la faille qui met le keupérien en affleurement, présente des surfaces montonnées, polies, striées puis recouvertes de blocs, galets, sable et boue glaciaires. Ces dépôts se rencontrent sur plusieurs points du plateau de l'un et de l'autre côté de la Valserine, et revêtent assez haut le pied du Sorgiat. Un fait remar-

quable, c'est que ces débris glaciaires de l'embouchure de la vallée de la Valserine sont tous et sans mélange, d'origine jurassique, tandis qu'au-dessus d'eux, sur le même flanc du Sorgiat, on trouve à une grande hauteur des cailloux alpins épars sur le sol. Ainsi, on remarque ces cailloux alpins dans le petit val de Mantière, qui est suspendu au flanc du Sorgiat et domine la Valserine ; on les retrouve encore dans le bois qui garnit les crêtes du Sorgiat au-dessus du Grand Crédoz. La hauteur à laquelle ils se trouvent est de près de 800 mètres au-dessus du cours de la Valserine et du Rhône ; ils ont sans doute passé par le Fort-l'Ecluse ; mais au lieu de continuer leur marche vers le midi, ils auraient tourné autour de la brusque terminaison de la dernière chaîne jurassique, et remonté ainsi plus ou moins loin dans la vallée de la Valserine ; leur arrivée sur les flancs du Sorgiat date probablement du commencement de l'époque glaciaire ; elle fait supposer que ceux qui ont pu se déposer à des niveaux plus bas et jusqu'au fond de la vallée de la Valserine, ont été ensuite balayés par l'invasion des glaciers jurassiques. Quoiqu'il en soit, c'est l'altitude actuelle des cailloux alpins au Sorgiat qui est importante à considérer, au point de vue des mouvements orographiques qui ont pu avoir lieu pendant ou après l'époque glaciaire, car elle indique un exhaussement de la chaîne après leur dépôt : cette idée est confirmée par l'étude orographique de la contrée et corroborée par d'autres exemples pris dans tout le Jura.

A partir de la localité qui nous occupe, c'est-à-dire du plateau de Montanges, on voit, en descendant les rives de la Valserine jusqu'au Rhône, les matériaux glaciaires jurassiques se mélanger de plus en plus avec les matériaux alpins, qui deviennent tout-à-fait dominants à Bellegarde. Si, au contraire, on remonte la vallée de la Valserine, on retrouve le phénomène glaciaire purement jurassique. La vallée, dans

toute sa longueur, offre ça et là quelques restants de moraines latérales, mais point de moraines frontales bien marquées, si ce n'est à son extrémité supérieure; ce qui indique que le glacier, après avoir occupé toute la vallée, a éprouvé un retrait brusque considérable avant de disparaître tout-à-fait. Ce retrait est un fait général dans le Jura, et se reproduit identiquement dans les Alpes; il ne faut pas parcourir de grands espaces pour reconnaître qu'il est indépendant de la longueur des vallées, mais qu'il s'est produit dans une proportion inverse des pentes, c'est-à-dire suivant la loi des lignes isothermes de l'époque glaciaire.

Vallée de la Semine. La Semine est un affluent de la Valserine, coulant de l'ouest à l'est, depuis près de Nantua jusqu'à Châtillon-de-Michaille. La vallée, comme beaucoup d'autres dans le Jura, est constituée par une suite de cluses qui coupent les massifs montagneux plus ou moins perpendiculairement aux directions des chaînes. C'est dans les vallées de cette sorte que l'on trouve les matériaux glaciaires en très-grande abondance. Les glaciers qui les remplissaient, avaient des affluents descendant des plateaux élevés et des hautes vallées de ploiement. Dans la vallée de la Semine, ces affluents arrivaient presque tous par la rive gauche: car la rive droite est hautement escarpée, et les plateaux supérieurs qu'elle limite brusquement ont généralement leur pente vers le sud, ce qui fait que les glaciers de ces plateaux se déversaient peu dans la vallée de la Semine. Aussi remarque-t-on que les puissants affluents de la rive gauche ont refoulé sur la rive droite les moraines latérales; celles-ci forment actuellement, jusqu'à de grandes hauteurs, des revêtements nombreux, composés de gros blocs arrondis, striés ou polis, de galets de toute grosseur, également usés par l'action glaciaire, de matériaux sableux et menus, le tout confusément mêlé et cimenté par une boue glaciaire très-abondante faisant

l'office de mortier. Près du village de Saint-Germain on voit très-bien cet effet d'un affluent puissant, qu'on doit même considérer comme la branche principale du glacier. On y remarque aussi au confluent des deux vallées, une sorte de moraine médiane, triangulaire, commune aux deux branches. Si l'on remonte les vallées latérales que suivaient les affluents, on parcourt d'assez grandes distances sans rencontrer de matériaux glaciaires importants, si ce n'est, au fond des ravins, des blocs autrement arrondis que n'auraient pu le faire des eaux torrentielles. Mais quand on arrive dans les régions un peu élevées, là où les plateaux s'abaissent par de larges gouttières qui conduisaient les glaciers dans les cluses profondes, alors on voit fréquemment des barrages arqués, plus ou moins prononcés, successifs, qui ont les caractères et toute la constitution des moraines frontales. C'est dans ces régions, c'est-à-dire sur les points de déclinaison des plateaux, qu'on rencontre le plus fréquemment les roches en place nivelées, striées et polies ; pour les voir en parfait état de conservation, il faut toujours détourner les matériaux meubles qui les recouvrent et qui les préservent de l'action corrosive des agents atmosphériques.

Vallée de St-Claude. La vallée de St-Claude est encore une de ces excavations profondes formées d'une suite de cluses se réunissant en un point où est située la ville, et formant une figure qui ressemble assez à un X, dont une des branches sert d'écoulement à toutes les autres. Les glaciers suivaient ces cluses et se réunissaient comme le font habituellement les torrents. Aussi la vallée est-elle encombrée d'immenses entassements de matériaux glaciaires. Comme dans la vallée de la Semine, on voit qu'un puissant affluent, descendait par la vallée des Bouchoux, et a repoussé sur la rive droite du Tacon les débris de roches qui composaient plusieurs moraines latérales réunies un peu plus haut. Le dépôt de ces

matériaux glaciaires du fond de la vallée ne date pas de l'époque de la plus grande extension des glaciers, mais d'une époque postérieure; car on trouve plus bas sur les rives escarpées de la Bienne, des restes de moraines frontales reposant sur des roches montonnées et remontant assez haut sur les parois de la gorge étroite qui sert d'écoulement général. Ces matériaux glaciaires qui encombrent le fond de la vallée de St-Claude proviennent évidemment du travail des glaciers, après le retrait qui a reporté leur front dans les vallées élevées où ils ont séjourné longtemps; car les moraines en place qu'ils y ont laissées sont plus considérables et plus nombreuses que celles que l'ont peut rattacher à l'époque de la plus grande extension. Ils ont d'ailleurs, et comme dans toutes les vallées analogues, été remaniés par les eaux pendant l'activité des glaciers et offrent une stratification apparente, mais confuse; et puis, chose remarquable, ils n'ont généralement plus cette *boue glaciaire* qu'on retrouve cependant sur quelques-uns de leurs talus, lesquels présentent alors tous les caractères de lambeaux d'anciennes moraines en place. Evidemment, à une époque moyenne de la période glaciaire, le niveau des eaux montait assez haut dans les vallées les plus profondes du Jura. On en a une preuve bien évidente dans la structure des moraines frontales qui barrent les vallées voisines un peu élevées. Ainsi, près de St-Claude, dans l'étroite et profonde vallée des Foules, on voit plusieurs moraines frontales successives qui remontent très-haut sur les pentes et dont la partie basse ou centrale est lavée, c'est-à-dire privée de la boue glaciaire qui forme un ciment solide dans les parties plus élevées que ne baignaient pas les eaux. Bien plus, on voit nettement la ligne de démarcation ou ancien niveau des eaux quand la moraine a été ravinée et présente un talus très-incliné privé de végétation, ce qui est un cas fréquent. La figure 2 représente un exemple de ce fait; au pied de la mo-

raine, les matériaux les plus fins ne sont que du sable lavé ne troublant presque pas l'eau, tandis que si l'on prend dans la partie supérieure du talus, au milieu des blocs et cailloux, une poignée des matériaux de la moraine, et qu'on l'agite dans l'eau, cette eau reste longtemps laiteuse et tient en suspension des molécules excessivement ténues. On peut estimer à 170 mètres au-dessus des rivières actuelles la hauteur de cet ancien niveau des eaux.

Vallée de Villars-d'Héria. C'est un val longitudinal étroit, dans un ploiement portlandien. Elle offre plusieurs barrages ou moraines frontales bien dessinées ; les villages de Villars-d'Héria et Petit-Villars sont assis sur deux de ces moraines. Une autre moraine se trouve près de Jeure, à l'embouchure de la vallée dans celle de la Bienne ; mair ce dernier dépôt erratique est plns ou moins remanié et privé de boue glaciaire. La petite vallée en question est dirigée à peu près N-S, est peu inclinée, et n'a que 600^{m} d'altitude moyenne au-dessus de la mer. Elle servait d'écoulement à un glacier de plateau assez vaste, ce qui explique pourquoi les dépôts erratiques qu'elle contient sont plus abondants que dans certaines vallées plus grandes et plus élevées de niveau, mais moins alimentées ; car la longueur des glaciers était dans le Jura, comme dans les Alpes, proportionnelle aux besoins d'alimentation.

Plateau de St-Laurent ou *du Grandvaux.* Le plateau de St-Laurent est très-étendu, irrégulièrement ondulé, et formait un vaste bassin d'alimentation. Son altitude est en moyenne de 950^{m}. Il offre, sur une foule de points, des traces d'anciens glaciers. En 1847, MM. Pidancet et Lory, y signalaient des roches polies et des dépôts erratiques. Il suffit, en effet, de parcourir la campagne autour de St-Laurent pour rencontrer à chaque pas des matériaux glaciaires. Les blocs erratiques y sont excessivement nombreux, dispersés sur le sol,

ou réunis par groupes sur certaiues pentes ou dans certaines dépressions. Des lambeaux de moraines couvrent ça et là le sol et forment des monticules ou des *placages* composés de matériaux de toute grosseur, depuis la boue glaciaire et le grain de sable jusqu'aux blocs métriques. Partout ces blocs et cailloux sont arrondis ou taillés en facettes, présentant un poli souvent parfait et des stries d'une grande finesse. Parfois les surfaces polies et finement striées offrent des raies blanches et larges, qui semblent dues au frottement de deux cailloux l'un contre l'autre sans interposition de boue glaciaire. Sur plusieurs points on rencontre la roche soujacente nivelée, polie et striée, les stries étant en général dirigées suivant la plus grande pente locale. L'arrangement et la dispersion des matériaux erratiques font supposer que la grande nappe de glace qui couvrait le plateau avait, en raison de l'inégalité du sol, des moraines *sous-glaciaires* et glissait partiellement sur des pentes différentes ou opposées, tout en ayant un mouvement d'ensemble suivant la pente générale du plateau. Cette pente générale va au nord-ouest, c'est-à-dire vers la vallée de l'Ain, dans laquelle les eaux du plateau se déversent actuellement par une cluse étroite qui conduit à la Billaude. Le glacier trouvait là une issue, qu'il a pu franchir peut-être, ce qui est cependant douteux, à l'époque de sa plus grande extension, mais en deça de laquelle il est resté plus tard. Cependant, à deux lieues plus loin, à Champagnole, au pied du Mont-Rivel et en général tout le long de la vallée de l'Ain, on trouve d'immenses et de nombreux entassements de matériaux glaciaires, qui pourraient faire penser que les glaciers du Jura ont, dans un temps, poussé jusque-là leurs moraines frontales. Mais il est difficile d'admettre cette opinion si l'on considère que ces dépôts erratiques rangés ainsi en dehors et au pied du massif jurassique, sont constamment remaniés et lavés par les eaux, plus ou moins stratifiés ou triés suivant

les volumes, et souvent dispersés dans les plaines. Comme ces dépôts ne sont pas toujours rangés vis-à-vis l'embouchure des vallées et des cluses, il faudrait en outre supposer, ce que l'observation contredit, que les glaciers avaient une puissance hors de proportion avec l'étendue de leurs bassins d'alimentation; qu'ils franchissaient les chaînes de montagnes, ou bien, si on les fait rentrer dans les vallées et les cluses, qu'ils s'épanouissaient en larges éventails dans les plaines qui entourent le massif montagneux du Jura. La preuve que les glaciers étaient plus restreints et ne portaient pas un front presque continu hors du massif jurassique, c'est que sur la ligne de ces moraines supposées frontales, on trouve sur des roches en place, des stries dirigées en sens inverse. C'est ce qui se voit très-bien, par exemple, au bord de la route d'Orgelet à St-Claude, à l'endroit où elle va descendre dans la vallée de l'Ain, un peu au-dessus du Pont de la Pile. Selon nous, le charriage par des radeaux de glace, le transport par des eaux animées de vitesses variables et alternatives, des débacles estivales, etc., semblent rendre mieux compte de ce phénomène de dispersion. Quoiqu'il en soit, nos études dans les Alpes et dans le Jura nous portent à penser que la vallée de l'Ain, puis celles de Pontarlier et de Nozeroy, ont joué à l'égard des glaciers du Jura le même rôle que le Bassin suisse à l'égard des glaciers des Alpes, et que des deux côtés les phénomènes de transport et de dispersion sont les mêmes.

Considérations générales. Les exemples que nous venons de citer suffiront pour faire comprendre quelle a été l'allure des glaciers dans le Jura, et nous avons pu convaincre que le phénomène glaciaire est partout identique, dans les plus hautes chaînes, comme dans les chaînes moyennes.

Si, maintenant, on cherche à limiter l'espace occupé par les anciens glaciers du Jura, on voit qu'ils ont envahi toutes les grandes chaînes, depuis le Rhin jusqu'au Rhône. A ces

extrémités ils étaient en relation prochaine avec ceux des Vosges et de la Forêt-Noire d'une part, et en connexion intime avec ceux des Alpes d'autre part. La limite de cet espace est facile à dessiner du côté de la Suisse ; elle suit le pied des grandes chaînes depuis le Fort-l'Ecluse, ou plutôt depuis l'extrémité méridionale du Grand Colombier, jusque près de la fin des chaînes jurassiques dans le canton d'Argovie. Du côté de la France, cette limite est difficile à tracer rigoureusement, parce qu'elle passe dans la région des chaînes moyennes ; elle paraît faire des sinuosités souvent très-prononcées pour enceindre certains massifs isolément élevés en dehors de la ligne générale ; celle-ci passe, depuis l'extrémité méridionale du Grand-Colombier, ou les localités voisines, à peu près par Nantua, Oyonnax, Dortan, les chaînes de la rive droite de l'Ain jusqu'au dessous de Clairvaux, Champagnole, Nozeroy, Bonnevaux, Pontarlier, la Brévine, le Locle, le Noirmont, St-Brais, Porrentruy, Asuel et continue vers l'est pour entourer l'extrémité orientale du massif jurassique. On conçoit qu'en dehors de cette limite générale on trouve des limites de petits glaciers isolés, permanents ou temporaires. C'est en effet ce que nous avons remarqué sur plnsieurs points : l'étude de ces glaciers restreints, dont la vie n'a été souvent qu'une continuelle agonie, nous explique l'origine et l'arrangement de certains attérissements disséminés, de certains détritus placardés aux flancs des montagnes plus ou moins éloignées de la région glaciaire bien caractérisée. Par opposition, certains espaces dépourvus d'indices glaciaires se remarquent en dedans de cette même ligne générale. On pourrait pousser la limite encore plus au sud que le Grand-Colombier, c'est-à-dire jusque dans les environs de St-Genis, puis sur les flancs du Molard-de-Dom et ceux du Mont-du-Chat. M. Lory a, en effet, signalé dans cette région le mélange de roches jurassiques parmi les débris

erratiques alpins qui couvrent le bas plateau situé au nord du département de l'Isère, entre le cours du Rhône et celui de la Bourbe ; mais ici la région est autant alpine que jurassique, et la connexion des glaciers est évidente. Quant à l'existence des glaciers dans le Jura oriental, elle est grandement manifestée par les dépôts considérables qui encombrent les vals de Moutier, de Gänsbrunnen, de Ballstall, par les revêtements erratiques des crêtes de la partie orientale du Weisenstein, etc.

Nous avons tout à l'heure fait passer par Porrentruy la limite occidentale de l'espace occupé par les glaciers. Cette allégation a besoin d'être démontrée. D'abord, on concevra la possibilité de l'existence d'un ancien glacier à Porrentruy, en considérant que le niveau est ici de 450 mètres au-dessus de la mer, et qu'en face, au pied des Vosges, la moraine frontale, si bien caractérisée, sur laquelle le village de Giromagny est bâti, n'est qu'à 434 mètres. L'avenue de l'ancien château de Porrentruy s'étend sur une moraine latérale gauche ; plus loin de l'autre côté de la Halle, la colline est flanquée d'une moraine latérale droite. Le bassin glaciaire occupait tout le versant du Mont-Terrible depuis Bressaucourt à Charmoille, débouchait partiellement par la vallée de la Halle, mais avait probablement son principal écoulement par la large vallée molassique de Miécourt et de Cœuve. C'était un glacier de plateau ; il a laissé sur différents points des moraines *sous-glaciaires*, dont on retrouve des lambeaux, dans toutes les dépressions de la petite chaîne du Banné. Le bassin de Porrentruy ressemble beaucoup, quoique plus restreint, à celui de St-Laurent, quant à la position et au mode de l'action glaciaire. Cette analogie, dont nous avons vu d'autres exemples, nous porte à regarder comme d'origine glaciaire ces dépôts si nombreux auxquels on a donné le nom de *nagelfluhs*, de *gompholites*. Mais ils ont un caractère glaciaire

particulier, qui rend compte du classement équivoque qui en a été fait. Disons d'abord que l'époque de la formation de ces dépôts est antérieure à celle de la plus grande extension des glaciers, et qu'il y a probablement eu interruption du phénomène glaciaire, après cette première apparition. Des observations oragraphiques démontrent cette proposition. Vers la fin de l'époque tertiaire, les glaciers envahirent plusieurs chaînes jurassiques nouvellement soulevées et émergées. Ces glaciers étaient isolés et ont trouvé les roches encore dans un certain état de mollesse. Aussi, le glacier du bassin de Porrentruy, qui date probablement de cette époque initiale, a-t-il laissé des matériaux erratiques caractérisés par des stries pâteuses et par l'impression, la pénétration réciproque des cailloux en place. Ces cailloux ainsi impressionnés et striés, sont dispersés dans les terrains récents des environs de Montbéliard, Delle et Belfort ; leur stratification et l'enchevêtrement qu'ils présentent avec certaines assises marneuses et grésiformes, pourraient faire croire qu'ils sont en rapport de formation avec la molasse; mais nous pensons qu'une étude locale les montrera indépendants et mêlés seulement à de la molasse et à d'autres terrains remaniés. Quoi qu'il en soit, les cailloux impressionnés des environs de Montbéliard, qui présentent une collection de toutes les assises du terrain jurassique, sont pour nous d'origine glaciaire, puisqu'on les retrouve presque au point de départ dans le bassin de Porrentruy d'où ils ont cheminé par divers moyens de transport; car les uns, en raison de leur mollesse d'alors, ont pris facilement la forme ovoïde ou elliptique des cailloux roulés par les eaux, tandis que d'autres ont conservé les formes capricieusement anguleuses des cailloux glaciaires, et montrent alors un certain poli qui rappelle celui des matériaux des moraines en place. Mais c'est surtout dans les chaînes du Jura méridional que ces cailloux impressionnés

sur les lieux mêmes où on les voit actuellement sont curieux à étudier. Par exemple, on les trouve au pied de la faille qui passe derrière la citadelle de Besançon et suit les flancs de la montagne de Montfaucon (fig. 3, 4 et 5). Ici ils semblent avoir la même origine que ceux de Montbéliard, car Besançon est très-loin de toutes station glaciaire, ce qui n'exclut pas cependant la possibilité de leur trouver un autre point de départ que Porrentruy. Leur position élevée sur les flancs des montagnes qui avoisinent Besançon, indique un mouvement orographique considérable après la première apparition des glaciers.

Ces mêmes cailloux impressionnés se remarquent en grande abondance dans les vallées et sur les flancs des chaînes des environs de Pontarlier.

Une autre station remarquable est la perte du Rhône (fig. 6), où ces cailloux, toujours impressionnés, reposent immédiatement sans mélange sur les tranches de la molasse, surmontés qu'ils sont bientôt par les cailloux alpins, avec lesquels ils sont en relation si intime, que l'origine glaciaire de ceux-ci ne peut être refusée à ceux-là.

Ainsi, dans le Jura, des matériaux erratiques d'origine jurassique et d'un caractère particulier ont été déposés avant l'arrivée des matériaux alpins, vosgiens et hercyniens. Dans le Jura suisse, M. Quiquerez a remarqué que les cailloux vosgiens de la vallée de Delémont sont arrivés après le dépôt des cailloux calcaires, qui comblaient déjà le fond de la vallée, et cette disposition se reproduit en effet partout.

Tous ces faits indiquent plusieurs périodes encore peu déterminées pendant l'époque glaciaire, et tout porte à croire que leur étude apportera quelques modifications dans le classement des terrains les plus récents. Tandis que les glaciers du Jura restaient dans l'intérieur des chaînes, luttant isolément contre l'influence de l'agent atmosphérique, ceux des

Alpes, plus grandement alimentés, vomissaient par cent bouches d'énormes masses de roches broyées, qui bientôt dispersées au loin suivant un mode de transport particulier à l'epoque glaciaire, ont formé ces vastes dépôts qui comblent actuellement les vallées du Rhône et de la Saône et remontent par les vallées de l'Ognon, du Doubs et de la Loire, jusque dans les environs de Besançon. Ainsi, par exemple, on peut dire que ce qu'on appelle le *terrain de la Bresse* est d'origine glaciaire, et en grande partie du moins contemporain des glaciers, car les matériaux qui le constituent peuvent être suivis depuis les points éloignés des plaines jusqu'aux moraines en place dans les Alpes. Ces idées n'ont rien de surprenant quand on envisage l'ensemble et la corrélation du phénomène glaciaire dans les Alpes, le Jura, les Vosges et la Forêt-Noire; quand on considère les anciens glaciers dans leur activité d'abord isolée et indépendante, leur connexion à l'époque de la plus grande extension, puis leur retour à l'isolement régionnaire; quand on examine encore la similitude d'attérissement dans la grande vallée de la Suisse et dans les vallées de Pontarlier, Nozeroy et tout le cours de l'Ain.

De l'existence d'anciens glaciers dans le Jura, on peut tirer des considérations d'un autre ordre. Par exemple, la dispersion des plantes alpines et vosgiennes s'expliquera tout aussi bien que la dispersion des roches granitiques, surtout si l'on tient compte de l'ancien niveau des eaux dans les grandes vallées.

Avant de terminer cette courte notice, ajoutons notre hypothèse à celles qui ont déjà été faites sur la causes des glaciers. Il est un fait physique bien connu qui, selon nous, mérite quelque considération. Si l'on expose vers le ciel, par une nuit claire d'été, un thermomètre reposant sur des matières très-mauvaises conductrices de la chaleur, par exemple, sur un lit épais de duvet, cet instrument perd bientôt sa chaleur propre,

par suite du rayonnement de son calorique vers les espaces célestes ; et comme il ne peut en reprendre à cause de son isolement, on le voit descendre au-dessous de zéro, c'est-à-dire marquer une température de plus de dix degrés plus basse que celle de l'atmosphère ambiante.

Ainsi le rayonnement est une grande cause de froid. Deux thermomètres placés, l'un au milieu d'une marnière, l'autre dans l'herbe du pré voisin, s'abaissent bien différemment pendant une nuit claire, l'herbe ou le feuillage d'un arbre faisant écran pour le dernier et empêchant le rayonnement. Chacun sait qu'il ne gelle pas sous les sapins de nos montagnes. Or, c'est surtout à la fin de l'époque tertiaire que les plus grandes surfaces continentales ont été émergées. On peut donc admettre que ces surfaces nues et imprégnées d'eau ont dû s'abaisser assez de température, tant par le rayonnement que par l'évaporation, pour déterminer sur tout le globe un froid suffisant à l'existence des glaciers sur les montagnes qui en sont privées actuellement. On a calculé qu'une élévation de température de quelques degrés seulement suffirait pour fondre les glaces polaires. M. Ch. Martins a dit qu'un abaissement de 4° dans la température moyenne de Genève suffirait pour amener dans le bassin suisse les glaciers actuels des Alpes. La cause des glaciers n'est donc pas si extraordinaire et peut s'expliquer par les simples faits des phénomènes actuels. Les reboisements, la dessication des terrains, des mouvements orographiques nouveaux auraient ensuite servi de transition au régime actuel.

Addition. [1] J'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de vous faire connaître, mieux que ne le fait le procès-verbal de la

[1] Nous consignons à la suite de ce mémoire une lettre qui nous a été adressée par M. Benoît quelques jours après la session (9 août 1853). Comme elle répond à des objections faites en séance, nous avons cru devoir la reproduire.

section de géologie, les observations qui ont été émises après la lecture de mon petit mémoire sur les glaciers du Jura.

D'abord, aucune objection ne s'est élevée sur l'extension que j'ai donnée aux glaciers dans tout le Jura, ni sur les conséquences que j'ai tirées de la vaste dispersion des matériaux glaciaires alpins et jurassiques, pour expliquer la formation de certains terrains récents, celui de la Bresse, par exemple.

A propos des nagelfluhs ou gompholites que j'ai cités, M. Mérian a dit : « ainsi l'on attribue aux glaciers, outre le triage des roches et le transport des blocs et autres matériaux erratiques, une nouvelle fonction, celle d'impressionner les cailloux. » — J'ai répondu que : « cette impression, cette pénétration réciproque de certains blocs et cailloux erratiques du Jura n'était pas due à une fonction des glaciers, mais quelle avait eu lieu après la dispersion ou le transport ; qu'elle s'était faite en place et qu'elle était due à l'état de mollesse de la roche, ainsi que cela est expliqué dans le mémoire. »

M. Mérian a objecté ensuite que : « tous les nagelfluhs connus sont tertiaires. » — J'ai répondu que : « ne m'occupant pas ici de classement des terrains et ne voulant pas actuellement rechercher s'il y a eu plusieurs apparitions du phénomène glaciaire dans les derniers temps géologiques, mon mémoire n'avait en vue, concernant ce qu'on appelle *nagelfluhs*, ou *gompholites*, que ceux de ces dépôts qui sont sur la molasse et en discordance avec elle, faisant ainsi abstraction de ceux qui peuvent se trouver stratifiés dans la molasse. » — A l'appui de cette distinction, j'ai rappelé la coupe de la Perte-du-Rhône et tracé au tableau une coupe (moitié de la figure 7) que j'avais remarquée le matin même en passant à Boncourt, où l'on voit un mélange de matériaux erratiques jurassiques de toutes grosseurs (blocs arrondis à stries pâteuses, cailloux impressionnés, sables lavés) reposant sur

la molasse et recouverts par un diluvium avec cailloux vosgiens qui se répand sur toute la vallée.[1] — Ma réponse n'ayant pas été consignée au procès-verbal, après l'objection de M. Mérian, j'ai dû réclamer à la lecture, ainsi que vous vous le rappelez sans doute.

M. Lardy a cité ensuite, sur le versant oriental de la Dôle, un dépôt de blocs et de cailloux purement jurassiques sous des matériaux alpins, et mis à découvert assez récemment par des travaux de route; son observation ayant été omise au procès-verbal, vous vous rappelez aussi qu'il en a réclamé l'insertion. Mais lorsque cette observation s'est produite, j'ai dit que : « le dépôt en question était évidemment dû à un glacier propre au Jura, ainsi que le pensait M. Lardy; qu'on pourrait citer beaucoup d'autres faits analogues le long du Jura » ; pour abréger, j'ai tracé au tableau une coupe théorique montrant la disposition relative des matériaux erratiques du Jura et des Alpes le long des grandes chaînes. (fig. 8).....

[1] En retournant à Montbéliard, M. Contejean et moi, nous avons exploré l'autre côté de la vallée de la Halle, vis-à-vis de Boncourt, où une certaine éminence arquée qui suit la ligne de la frontière, m'avait fait croire, vue de Delle, à une moraine frontale. Nous avons bien reconnu, reposant sur le ptérocérien et sur le virgulien (autre moitié de la fig. 7) un dépôt erratique semblable à celui de Boncourt qui est en face; mais l'éminence entière n'en est pas uniquement formée : sa croupe montre bientôt, sous le diluvium vosgien, la roche virgulienne en place. Quoiqu'il en soit de ces deux dépôts et de leur mode de transport, ils ont pour moi tous les caractères erratiques, et sont venus par la vallée de la Halle; vous remarquerez l'analogie de la coupe de Boncourt avec celle de la Perte-du-Rhône (fig. 6).