Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 51 (1916-1917)
Heft: 189

Artikel: Les sources du massif de Morcles
Autor: Gagnebin, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-269904

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: 04.07.2025

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

Les sources du massif de Morcles

PAR

E. GAGNEBIN

Pendant les mois de juillet et d'août 1915, je fus chargé d'examiner les eaux réputées potables du massif de Morcles. L'étude comportait une mesure thermométrique, une mesure de la teneur en calcaire, une analyse bactériologique sommaire, l'examen des captages et des canalisations.

Les résultats des mesures thermométriques et hydrotimétriques peuvent avoir un intérêt pour le géologue, par leur rapport à l'altitude de la source et à la composition des terrains du bassin d'alimentation. Il est possible d'en tirer quelques considérations : c'est ce que je voudrais tenter ici[1].

La région qui me fut assignée comprenait le versant droit de la vallée du Rhône, de Leytron en Valais jusqu'à Bex. Elle s'étendait jusqu'aux sommets du Petit-Muveran, des Dents de Morcles, de la Pointe de Savoleyre, et se limitait au Nord par l'Avançon, englobant le Pont de Nant et le village des Plans.

Sur ce territoire, toutes les sources dont j'ai pu avoir connaissance ont été examinées. Il m'en est certainement échappé quelques-unes : depuis la fin de mon travail sur le terrain, on m'en a signalé trois. De plus, les sources inaccessibles de la plupart des cours d'eau n'ont pu être étudiées. En tout, les mesures ont été prises à 155 sources.

[1] Une petite note préliminaire a paru sur ce sujet dans le procès-verbal de la séance du 16 février 1916 de la Société vaudoise des Sciences nat.

Elles émergent naturellement à des altitudes très différentes, qui varient entre 400 m., au niveau de la vallée du Rhône, et 2500 m. sur les flancs des Dents de Morcles, dont le sommet atteint 2980 m.

Esquisse géologique du massif de Morcles.

Il est peut-être utile, pour faire mieux comprendre les relations entre les eaux d'une région et les terrains qui la constituent, de rappeler succinctement la structure géologique du massif de Morcles. Elle a été décrite, après de Saussure et Studer, par E. Renevier, dans son mémoire sur les Alpes vaudoises, accompagné d'une carte géologique au 1 : 50 000 [cit. 1]. Actuellement, M. M. Lugeon a repris en détail l'étude de ces régions et le lever de la carte. Tout en préparant son mémoire, il a publié quelques notes préliminaires.

La base des Dents de Morcles, de Saillon aux Bains de Lavey, est formée par un massif cristallin, prolongement de celui des Aiguilles-Rouges. On sait qu'il représente un reste de la chaîne hercynienne plissée avant le dépôt des schistes stéphaniens (phase ségalaunienne) [cit. 7]. Ce sont des gneiss, nés du métamorphisme de terrains sédimentaires paléozoïques, et copieusement injectés de filons échappés d'un magma granitique profond. Ces roches, plissées monoclinalement et redressées jusqu'à la verticale, enserrent un vaste synclinal de terrains carbonifères et permiens. Ce synclinal n'est pas simple, comme on l'a cru longtemps. La charnière inférieure s'en voit admirablement aux environs de Dorénaz[1], mais dans la région des lacs de Fully et du Diabley, on peut observer de larges plis d'allure appalachienne dirigés NNE : anti-

[1] Un coin de gneiss pénètre même, en cet endroit, dans les couches carbonifères (cf. M. Lugeon, cit. 15).

clinaux où apparaissent les couches carbonifères (schistes ardoisiers, grès compacts ou grossiers, conglomérats) et synclinaux permiens fermés par les grès et les conglomérats rouges du Verrucano. Ces plis auraient surgi pendant la phase allobrogienne, avant la pénéplénation générale du massif hercynien et la décomposition en arkose de la partie alors superficielle des gneiss[1].

Sur ce massif cristallin sont couchés, en discordance, les terrains mésozoïques dits autochtones : quartzites, schistes argileux, cornieules et calcaires dolomitiques du Trias ; calcaires plus ou moins siliceux et plaquetés du Lias et du Dogger ; oolite ferrugineuse et calcaire à entroques calloviens, schistes marneux de l'Oxfordien. Le jurassique supérieur est représenté par les calcaires compactes si répandus dans les Alpes, et dont se distingue à peine, ici, le Valanginien. L'Hauterivien est plus siliceux, et il est recouvert immédiatement par les calcaires nummulitiques. Sur le tout s'amassent les schistes argileux et les grès du Flysch. Flysch et nummulitique transgressent du Nord au Sud sur le Crétacé, puis sur le Malm.

M. Lugeon [cit. 11 et 12] a montré que ces terrains soi-disant autochtones ont été rabotés intensément par la nappe de Morcles qui les domine ; que sur le versant sud du massif cristallin ils ne forment plus qu'une mince pellicule de Trias écrasé ; qu'ils s'entassent au contraire dans le creux du synclinal carbonifère et viennent enfin s'empiler abondamment sur le flanc nord du massif cristallin, dont la retombée de ce côté est fort brusque.

C'est M. Lugeon aussi qui a découvert la lame de granite [cit. 9] très écrasée qui s'intercale entre ces terrains parautochtones et la nappe de Morcles ; elle représente très probablement, avec les lentilles triasiques,

[1] Sur une particularité de cette décomposition, cf. M. Lugeon, cit. 14.

jurassiques et nummulitiques qui l'accompagnent, une apophyse du massif du Mont-Blanc, qui aurait été culbuté par-dessus celui des Aiguilles-Rouges.

La nappe de Morcles est formée presque entièrement, dans notre territoire, de terrains calcaires. Le noyau triasique, de calcaire dolomitique et de cornieule, n'en apparaît que près du village de Saillon, enveloppé des calcaires silicieux du Lias inférieur et moyen. Les schistes marneux du Lias supérieur forment le sol ou le sous-sol du versant nord-est de la vallée de la Salenze. Le Bajocien et le Bathonien, représentés par des calcaires très riches en silice, tant que celle-ci s'agglomére parfois en énormes rognons, constituent la plus large partie des massifs de la Grande-Garde et du Chavalard, qui sont taillés dans le flanc renversé de la nappe. Le Six à Germain, le Six Neir et le Petit-Muveran sont formés des mêmes terrains, représentant là le noyau du grand pli couché et une partie de son flanc normal. C'est du reste tout ce que nous avons, dans notre région, de ce flanc normal. Sous la Pointe d'Aufalle apparaissent les schistes de l'Oxfordien, que l'on peut suivre jusque dans la paroi occidentale du Grand-Chavalard. La Dent Favre, la Pointe de Fénestral, les parois qui dominent à l'ouest la Luy d'Août sont en Malm.

Les terrains crétacés du flanc renversé de la nappe sont fort écrasés, semblablement aux terrains autochtones, sur le versant sud du massif cristallin. Près de Saillon, ce n'est qu'une mince bande s'élargissant graduellement à la base de la Grande-Garde et du Chavalard ; vers le Nord, ces couches s'épaississent, se replient, forment toute la partie supérieure des Dents de Morcles, de la Dent Rouge et de la Pointe de Savoleyre. Le Valanginien est un calcaire compacte semblable au Malm, schisteux à la base ; l'Hauterivien est plus siliceux, le Barrémien plus marneux. L'Urgonien est un calcaire construit, d'une

grande pureté, marmoréen même près de Saillon ; il s'enrichit en fer à sa partie supérieure, et l'Aptien qui forme la Dent Rouge est tout imprégné de ce métal.

Les calcaires et schistes nummulitiques enveloppent tout le front de la nappe ; ils occupent souvent une grande épaisseur, plissés et empilés qu'ils sont indépendamment des terrains crétacés moins plastiques. Ils reposent sur le Flysch de la série autochtone.

Parmi la masse de ce Flysch autochtone, la nappe de Morcles, dans son irrésistible mouvement d'avancée, a feutré et enchevêtré en avant de son front des lentilles de terrains appartenant à l'une des nappes préalpines inférieures. On y reconnaît des roches identiques à celles qui constituent, dans la chaîne bordière des Préalpes, les Pleïades et le Niremont : calcaires lités du Kimméridgien, avec rognons de silex, schistes et calcaires marneux ou siliceux du Néocomien. schistes et calcaires nummulitiques entremêlés de bancs gréseux[1].

— Après la naissance des nappes de recouvrement et la surrection générale de la chaîne, le démantèlement a commencé. La vallée du Rhône peu à peu s'est creusée. Les grands glaciers ont envahi toute la partie basse de notre territoire, déposant par places de fortes épaisseurs d'argile à blocaux, de sables et de cailloutis. De plus petits glaciers locaux affluaient vers celui du Rhône, creusant les cirques de Saille et d'Ovronnaz, du Grand-Pré, des lacs de Fully et du Creux de Dzéman, accumulant leur moraine de fond contre le flanc du glacier principal. Un glacier latéral plus important emplissait la vallée de l'Avançon.

Depuis le retrait des glaciers, l'attaque des sommets et des parois par les forces atmosphériques a fait naître par places de considérables accumulations d'éboulis,

[1] C'est ce que Renevier, qui le premier décrivit ces terrains dans notre région, avait appelé *Néocomien à céphalopodes*. (Cf. *op. cit.*)

tandis que les cours d'eau, déposant les matériaux arrachés plus haut, ont alluvionné activement certains fonds de vallée.

On a pu s'en rendre compte : au point de vue géologique, notre région offre une variété de terrains, une complication de structure peu communes. Nous aurons à revenir sur certains détails de cette tectonique pour expliquer quelques particularités dans la teneur en calcaire de plusieurs sources, qui paraissent tout d'abord des anomalies.

Méthodes d'observation.

Avant d'exposer les résultats des mesures et de les discuter, il est nécessaire d'indiquer en quelques lignes comment elles ont été prises et d'en faire la critique.

Le thermomètre employé avait été contrôlé par le chimiste cantonal vaudois et reconnu exact. Autant que possible, les mesures ont été faites au point d'émergence des eaux, ou non loin de là. Dans plusieurs cas cependant, nous n'avons pu plonger le thermomètre que dans une fontaine fort éloignée de la source : ces mesures n'ont aucune valeur pour nous.

Il va sans dire qu'une seule prise de température ne peut fournir aucun renseignement exact sur la thermique d'une source. Une mesure par mois au moins serait nécessaire, pendant au moins une année, et devrait être accompagnée d'observations météorologiques. Les conditions dans lesquelles j'ai travaillé ne m'ont pas permis de prendre la température plus d'une fois pour chaque source. et encore l'ai-je fait à des heures très diverses de la journée, et par tous les temps. Aucune conclusion ne pourra donc être tirée de mes observations pour ce qui concerne le régime de chaque source. Mais toutes ces mesures ont été faites à la même saison, et les variations diurnes ne sont

pas très fortes pour les émergences de nappes aquifères un peu profondes. Il sera donc possible d'établir des rapports qualitatifs entre la température et l'altitude des sources, et de comparer à ce point de vue les eaux des divers versants du massif, avec quelque chance de ne pas se tromper trop lourdement.

Pour mesurer la teneur en calcaire (dureté, s'exprimant en degrés hydrotimétriques), je me suis servi de la méthode classique, proposée par Clarke en 1847 et perfectionnée par Boutron et Boudet [cit. 4, cf. pp. 161 et 118-123]. Cette méthode, on le sait, est basée sur la propriété du savon de précipiter les sels calcaires et magnésiens dissous dans l'eau. sous forme de grumeaux de stéréates et d'oléates alcalins, avant de mousser au contact de cette eau. Un degré hydrotimétrique français correspond par définition à la précipitation de 0,1 gr. de savon par les matières minérales contenues dans un litre d'eau, ce qui représente environ 5 milligrammes de chaux. On emploie une liqueur de savon alcoolique titrée, qu'on verse goutte à goutte dans 40 cm. d'eau, au moyen de la burette graduée de Gay-Lussac ; dès qu'une mousse persistante après agitation se forme à la surface de l'eau, on lit directement sur la burette le nombre de degrés hydrotimétriques exprimant la dureté de l'eau.

Cette méthode est loin d'être précise ; d'autres éléments que la chaux ou la magnésie peuvent retarder la formation de la mousse sur l'eau (NaCl, CO^2, $Si\ O^2$, Al O, Fe ; leur action est du reste négligeable). De plus, l'instant où la mousse devient persistante ne peut toujours se marquer exactement. Nous ne chercherons pas donc à tirer de ces mesures des renseignements sur la teneur en calcaire de chacune des sources. D'autre part, le degré hydrotimétrique d'une eau varie avec son débit et avec sa température. Et nous n'avons pu faire aucune mesure de débit.

Cependant, comme la même méthode a été appliquée à toutes les sources, nous pourrons les comparer entre elles, et voir si des rapports peuvent être établis entre les terrains constituant le bassin d'alimentation d'une source et la dureté de son eau.

Répartition des sources.

Dans notre territoire, comme du reste sur toute la surface de la terre, les sources sont réparties très irrégulièrement. De grandes étendues calcaires, de vastes parois de gneiss en sont totalement dépourvues, alors qu'en d'autres endroits elles foisonnent.

Les dépôts glaciaires d'une certaine épaisseur sont des réservoirs admirables où l'eau se peut filtrer parfaitement, s'enrichir en matières minérales et s'accumuler en nappes abondantes. Les grands cônes de déjection des torrents, formés de sables et de cailloutis, jouent un rôle analogue. Tandis que les plaines d'alluvion, que l'eau imprégne entièrement, où elle circule en divaguant sous la surface du sol, ne sont en général pas des filtres suffisants : les fins matériaux dont elles sont formées sont trop meubles.

Les marnes du Flysch, finement feuilletées, froissées et plissotées très irrégulièrement par la force tectonique, entremêlées de bancs de grès, sont imperméables en grande épaisseur. L'eau ne s'y accumule généralement pas en fortes quantités. Mais toute la masse de ces terrains est humide, et de petites sources jaillissent nombreuses sur les côteaux s'étageant sur le Flysch.

Les grandes masses calcaires offrent à l'eau des conditions toutes différentes. Perméables en grand, grâce à leur moindre plasticité qui les a laissé fissurer et diaclaser par la force orogénique, grâce surtout à leur plus

grande solubilité, elles ne retiennent pas l'eau. C'est au pied des parois calcaires que les sources alors jaillissent, avec un débit parfois considérable, généralement aussi très variable. C'est ainsi qu'à la base de la grande paroi qui tombe, au Sud-Ouest, des Dents de Morcles (paroi de Bella-Crêta), plusieurs venues d'eau très abondantes se font jour, arrêtées dans leur marche descendante par les schistes oxfordiens ou les calcaires siliceux plaquetés du Lias. Elles se rejoignent toutes pour former le torrent de l'Aboyeu. Au bas de la haute muraille calcaire de la Grande-Garde, près de Saillon, sortent les sources bien connues de la Sarvaz[1]. En hiver, elles sont presque complètement à sec : une seule émergence, la plus basse (près du Moulin), est encore active ; au mois de juin, par contre, l'eau jaillit de partout, d'une multitude de petites ouvertures dans le rocher. Ces sources drainent tout le massif calcaire de la Grande-Garde, dont la base gneissique, imperméable en grand, arrête la descente des eaux. Il est probable aussi que les grands bassins fermés du lac de Fully et du Grand-Pré s'écoulent en partie par la Sarvaz [cit. 8].

Les grès et les poudingues permiens et carbonifères, très diaclasés eux aussi par les poussées tectoniques qui les ont plissés, sont perméables en grand. L'eau est en général arrêtée par les schistes anthracifères qui s'intercalent dans les grès stéphaniens, et elle s'accumule dans le fond de petits synclinaux. Entre Plex et le Haut d'Arbignon, une nappe aquifère semblable donne lieu aux grandes sources dites « Fontaine de Moïse », qui jaillissent précisément au contact des grès permiens et des schistes stéphaniens.

Les gneiss sont imperméables en grand. L'eau y peut

[1] Il vient d'en paraître une nouvelle étude, cit. 16.

cependant pénétrer par des diaclases, circuler dans leur masse et former des sources. Celles qui sortent de la roche en place sont rares : je n'en ai rencontré que six dans le territoire étudié. Mais souvent les versants de gneiss sont recouverts d'une épaisse couverture d'éboulis qui peuvent jouer le rôle de réservoir.

Sur les 155 sources que j'ai examinées, 73 sortent de dépôts glaciaires, cônes de torrents, alluvions, éboulis de toutes sortes ; 33 jaillissent du Flysch, 21 des divers calcaires mésozoïques, 10 du carbonifère et 18 du gneiss ou d'éboulis de gneiss.

Variations de la température des sources selon leur altitude et l'exposition des versants.

On sait que la température de l'atmosphère décroît à mesure qu'on s'élève en altitude. Dans le Valais ce refroidissement serait plus intense qu'ailleurs, d'après M. Billwiller (*Das Klima der Schweiz* [cit. 5]), et monterait à 0°,555 pour une différence de 100 m. d'altitude. C'est là une moyenne annuelle, calculée sur les observations faites entre les années 1864 et 1900. Ce chiffre varie avec les saisons ; il est notablement plus fort en été qu'en hiver (juillet : 0°,628 ; août : 0°,575 ; septembre : 0°,571).

Il est donc naturel que la température des sources varie aussi avec leur altitude. Mais les diverses venues d'eau subissent cette influence d'une façon très irrégulière, suivant la vitesse et la durée de la circulation souterraine : les sources de provenance superficielle y seront beaucoup plus sensibles que les émergences de nappes aquifères profondes. Et comme il est impossible de marquer une limite nette entre ces deux sortes de sources, j'ai dû établir les moyennes sur l'ensemble des émergences examinées.

D'autre part, on peut prévoir que les rapports entre la température des eaux et l'altitude ne seront pas les mêmes sur toute l'étendue de notre territoire. Il s'étend en effet sur trois versants, différemment orientés, du massif de Morcles. A savoir : 1° le flanc de la vallée *longitudinale* du Rhône, de Leytron au coude de Martigny, exposé au Sud (S.-SW.) ; 2° le flanc de la vallée *transversale* du Rhône, entre son coude et la ville de Bex ; il est tourné à l'Ouest (W.-SW.) ; 3° le versant gauche de la vallée de l'Avançon, regardant vers le Nord. Les météorologistes s'accordent à déclarer que ces trois régions se distinguent soit par leur température, soit par la quantité de précipitations qui les arrosent [cf. cit. 2, et 6, tome VI, p. 177-178, au mot Valais, l'article de R. Billwiller sur le climat du Valais]. Malheureusement nous ne pouvons avoir aucune donnée précise sur ces différences météorologiques. Il n'existe pas de station météorologique dans la vallée de l'Avançon, ni dans la partie de la vallée longitudinale du Rhône qui nous intéresse. Pour toute la région étudiée, nous n'avons que trois stations : Bex, Savatan et Dailly[1]. Cependant, il est établi que le versant de notre massif exposé au Sud (et nous n'y comprenons pas le bassin fermé des lacs de Fully), jouit d'un climat plus chaud que celui de la vallée transversale du Rhône.

Voici le tableau des moyennes obtenues pour la température des eaux jaillissant dans les zones artificielles d'altitude différente :

---

[1] Depuis quatre ans environ, des pluviomètres et thermomètres de toutes sortes ont été placés en divers points de notre région par M. H. Gams, qui en étudie la flore infatigablement et d'une façon très approfondie. Mais les résultats de ses mesures ne sont pas encore publiés.

Qu'il nous soit permis de prendre occasion de cette note pour remercier chaudement M. Gams pour l'amabilité avec laquelle il nous a signalé les sources existant sur ces pentes arides du Six Carro, où il nous fut un guide si précieux.

TABLEAU I.

(Les chiffres romains désignent : I le versant de la vallée longitudinale du Rhône ; II celui de la vallée transversale ; III celui de la vallée de l'Avançon. — Les chiffres entre parenthèses à côté des moyennes de température indiquent le nombre des sources sur lesquelles ces moyennes ont été calculées.)

Altitudes	I		II		III	
400 — 600	9,1	(2)	12,8	(13)		
600 — 800	11,3	(3)	11,4	(5)	10,9	(4)
800 — 1000	11,5	(8)	9,9	(6)	10,2	(1)
1000 — 1200	10	(3)	9,8	(10)	7,8	(14)
1200 — 1400	9,8	(5)	9	(7)	7,9	(9)
1400 — 1600	7,8	(2)	9,2	(3)	8	(7)
1600 — 1800	6	(3)	7	(6)	5,9	(9)
1800 — 2000	6,9	(3)	7,9	(5)		
2000 — 2200	6	(1)	4,4	(3)		

Et voici les chiffres donnés dans *Das Klima der Schweiz*[1] indiquant la température de l'air en Valais, aux diverses altitudes, pendant les mois d'été :

TABLEAU II.

Altitudes	Juillet	Août	Septembre	Moy. de l'année
400	19,7	18,5	15,7	10,1
600	18,5	17,4	14,6	9
800	17,2	16,2	13,5	7,8
1000	15,9	15,1	12,3	6,7
1200	14,7	13,9	11,2	5,6
1500	12,8	12,2	9,5	4
2000	9,7	9,3	6,6	1,2
2500	6,5	6,5	3,8	— 1,6

On voit que la courbe des températures des sources en fonction de leur altitude ne serait nulle part régulière,

[1] P. 216.

contrairement à celle des températures de l'air. Ces anomalies s'expliqueraient sans peine par la diversité des conditions qui déterminent les venues d'eau : profondeur de la nappe aquifère, rapidité de circulation souterraine en rapport avec les terrains traversés, nature et altitude du bassin d'alimentation. Il faudrait discuter chaque cas séparément, et cela ne se pourrait tenter que dans une monographie détaillée qu'il n'est pas dans nos intentions d'entreprendre.

On voit aussi que les différences entre les divers versants, assez nettes entre 800 et 1400 mètres, s'atténuent, et même changent de signe si l'on s'élève plus haut. C'est que, pour la région I, nous quittons proprement le flanc de la vallée exposé au Sud pour pénétrer dans l'intérieur du massif, tandis que sur le versant tourné vers l'Ouest, la paroi s'élève à peu près d'un jet jusqu'au sommet des Dents de Morcles.

Du reste, pour ces parties hautes, le nombre des sources existantes est trop petit pour que des moyennes aient une grande valeur.

Un fait plus frappant, c'est que la différence entre la température des sources émergeant sur le flanc de la vallée de l'Avançon (région III) et celle des sources de la région II semble plus forte que la différence entre les températures des secteurs II et I. Ceci est assez inattendu ; en effet, les météorologistes ont l'habitude de considérer la vallée longitudinale du Rhône comme une région à part, et d'assimiler plus au Nord à la vallée transversale celles qui y débouchent latéralement.

Variations du degré hydrotimétrique avec la température des sources et leur altitude.

On admet couramment que la dureté des sources varie, toutes conditions égales d'ailleurs, avec la température

de l'eau[1], et de même avec leur débit. Du débit, nous n'avons pu faire aucune mesure. Pour établir la valeur de cette variation avec la température, il eût fallu faire, à chaque source, un grand nombre d'observations à des époques différentes. Or, nous n'avons pris, à chaque émergence, qu'une mesure. Il est remarquable cependant qu'en classant toutes les sources de notre massif selon leur température et en prenant la moyenne des degrés hydrotimétriques on n'arrive pas à une courbe plus régulière :

TABLEAU III.

(Les chiffres entre parenthèses ont la même signification qu'au tableau I.)

3°	4°	5°	6°	7°	8°
—	—	—	—	—	—
10 (2)	10,2 (5)	12,5 (10)	15,2 (10)	16,8 (13)	17,2 (10)
9°	10°	11°	12°	13°	14°
—	—	—	—	—	—
16,2 (12)	21,1 (17)	22 (21)	20,8 (11)	27 (1)	23,5 (1)

C'est sans doute que la teneur en calcaire dépend avant tout de la nature du terrain d'émergence : ce facteur négligé perturbe trop nos moyennes. Mais en voici d'autres établies sur les eaux sortant d'un même terrain, le glaciaire et les alluvions par exemple, dont la composition minéralogique et chimique est si irrégulière qu'elle peut être considérée comme constante, ou bien le Flysch, dont la composition globale est à peu près partout la même :

[1] Je n'ai pu trouver nulle part, dans la littérature géologique ou physique, des tables ou des courbes représentant cette variation. La solubilité du $Ca\,CO^3$ étant fonction de la teneur de l'eau en CO^2, cette courbe serait assez compliquée. D'autant plus que la dureté est une notion complexe et imprécise, où la présence d'autres sels est comprise ($Mg\,CO^3$, $Ca\,SO^4$, etc.) Dans l'eau pure, le $Ca\,CO^3$ est presque insoluble : 1 gr. 31 peut être dissous par 100 gr. d'H^2O à 16° (d'après Schlösing ; cf. *Recueil des constantes physiques* de la Société française de physique, p. 364).

TABLEAU IV.

TERRAINS SUPERFICIELS.

6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
—	—	—	—	—	—	—
18,4 (4)	19,6 (5)	20,1 (6)	18,7 (9)	23 (11)	22,8 (16)	26,7 (6)

TABLEAU V.

FLYSCH.

4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
—	—	—	—	—	—	—
12,6 (3)	15,6 (3)	15,1 (4)	15,6 (3)	14 (1)	16,5 (1)	23 (3)

La variation n'est pas plus régulière que dans le tableau III. Et si nous cherchons à établir les rapports entre la dureté et l'altitude des sources, nous arrivons à des courbes toutes semblables.

TABLEAU VI.

(Dans la région I sont compris les bassins fermés des lacs de Fully, entre 2000 et 2500 mètres.)

Altitudes	Région I	Région II	Région III	Moyenne
400 — 600	16,2 (2)	31,5 (14)		29,6 (16)
600 — 800	24 (3)	19 (5)	27 (4)	21,3 (12)
800 — 1000	20,6 (10)	25 (9)	24 (2)	22,8 (21)
1000 — 1200	17 (3)	20 (13)	18,7 (15)	19 (31)
1200 — 1400	16,4 (5)	12,2 (9)	17,6 (9)	15,2 (23)
1400 — 1600	12,5 (2)	10,6 (4)	18,6 (9)	15,7 (15)
1600 — 1800	10,5 (2)	12,5 (7)	16 (9)	14 (18)
1800 — 2000	14,6 (3)	13,3 (5)		13 (8)
2000 — 2200	8,1 (3)	6 (3)		8,6 (6)
2200 — 2500	7,7 (3)	13 (1)		9 (4)

Il est à noter, à propos du tableau VI, que les différences entre les diverses régions que nous avons distinguées (tableau I) ne sont pas de même nature si l'on con-

sidère la dureté des eaux que si l'on compare leur température : si, entre les altitudes de 800 et 1400 mètres, les sources du versant de la vallée de l'Avançon contiennent plus de calcaire que celles du flanc de la vallée longitudinale du Rhône, c'est que l'un (III) est formé de Flysch et de calcaires uniquement, tandis que l'autre (I) s'élève en majeure partie sur des pentes gneissiques.

TABLEAU VII.

TERRAINS SUPERFICIELS.

Altitudes	Dureté moyenne
400 — 600	30,8 (8)
600 — 800	23,2 (8)
800 — 1000	24,4 (9)
1000 — 1200	20,5 (21)
1200 — 1400	18,3 (14)
1400 — 1600	19 (7)
1600 — 1800	10,5 (2)

TABLEAU VIII.

FLYSCH.

Altitudes	Dureté moyenne
400 — 600	30,6 (6)
600 — 800	24,2 (2)
800 — 1000	27,5 (5)
1000 — 1200	—
1200 — 1400	—
1400 — 1600	15,6 (5)
1600 — 1800	15,2 (10)
1800 — 2000	14 (3)
2000 — 2200	13 (1)

Rien donc ne nous autorise à établir, pour l'ensemble des sources de notre région, une relation entre la dureté et la température ou l'altitude. Les facteurs déterminant la teneur en calcaire d'une eau sont trop nombreux et trop complexes pour que l'on puisse tenter d'énoncer une loi. Tout ce que l'on peut dire, c'est que parmi ces facteurs, celui de la température de l'eau ne joue pas un rôle prépondérant.

Relations entre l'hydrotimétrie des sources et les terrains du bassin d'alimentation.

Ici les relations seront plus nettes et nous permettront peut-être de tirer quelques conclusions. Remarquons

cependant d'abord que le bassin d'alimentation d'une source ne peut être déterminé avec quelque exactitude que par des expériences de coloration ; et encore n'arrive-t-on jamais à tracer des limites précises. D'autre part, la composition géologique d'un bassin d'alimentation est souvent fort complexe ; il est alors inutile de chercher un rapport entre l'hydrotimétrie d'une source et son point d'émergence.

Pourtant, dans la plupart des cas, nous avons pu nous assurer de la composition du bassin de nos sources. La région y est favorable, étageant assez régulièrement, en coupoles emboitées, le massif de gneiss avec son synclinal carbonifère, la couverture autochtone dont le Flysch a fui vers le Nord, enfin la nappe calcaire de Morcles. Et sur cet ensemble les terrasses glaciaires sont suspendues en gradins assez bien localisés. Des cas douteux nous ne parlerons point, si ne n'est peut-être incidemment, en discutant alors les données.

Eaux provenant de terrains superficiels.

Il y a de telles différences entre les diverses sources sortant des dépôts glaciaires, alluviaux, ou des éboulis de toute nature, en ce qui concerne leur dureté, qu'aucune norme ne peut être indiquée. Ces sources sont au nombre de 73 dans notre territoire, et la moyenne de leur teneur en calcaire est de 20,7 degrés hydrotimétriques français. Mais les chiffres varient entre 9 et 41. Ces deux extrêmes sont données par des eaux provenant des dépôts d'un même glacier local, celui de la vallée de la Salenze, qui descendait du Grand-Muveran vers le Sud.

La source mesurant 9 degrés hydrotimétriques est celle de *Saille*. captée tout en haut de cette vallée, à 1800 mètres d'altitude, pour alimenter le village de Leytron. Elle vient d'une petite moraine frontale que le glacier a édifiée lors d'un stade de retrait, avec des maté-

riaux provenant des massifs environnants : calcaires siliceux du Bajocien et du Bathonien.

La source de *Montagnon* au contraire, où deux mesures m'ont donné le chiffre de 41 degrés hydrotimétriques, s'alimente dans une grande masse glaciaire composée surtout des calcaires marneux et schisteux du Lias supérieur.

Il faudrait discuter ainsi tous les cas particuliers, sans même l'espoir de trouver pour chacun une explication plausible.

Eaux provenant du Flysch.

En prenant, pour notre massif, la moyenne des degrés hydrotimétriques des 32 sources qui naissent dans les schistes marneux et gréseux du Flysch, on trouve le même chiffre que pour celles qui s'alimentent dans les terrains superficiels : 20,7. Et les nombres sur lesquels cette moyenne se calcule varient entre 12 et 35,5. Pourtant la nature et la composition du Flysch lui-même est à peu près semblable dans toute l'étendue de notre région.

Mais ici intervient un phénomène tout différent. Nous avons déjà remarqué que, sous le front de la nappe de Morcles, des lentilles de terrains préalpins s'entremêlaient à la masse du Flysch autochtone. Ces terrains préalpins sont beaucoup plus riches en calcaires que le Flysch : on y distingue ceux du Kimméridgien et du Tithonique, très purs, où toute la silice s'est concentrée en rognons localisés, et les calcaires zoogènes du nummulitique, à côté des schistes et calcaires plus marneux du Valanginien et du Barrémien, et des calcaires siliceux de l'Hauterivien moyen[1]. Ces lentilles préalpines, dont la structure intime très compliquée n'a pas encore été étudiée, entrelardent très irrégulièrement le Flysch[2]. Elles

[1] Nous n'avons trouvé qu'une seule source émergeant directement du néocomien préalpin, au-dessous des chalets des Verneys. Sa dureté était de 31 degrés hydrotimétriques.

[2] Dans sa carte géologique au 1 : 50 000, Renevier a donné une extension beaucoup trop grande et trop régulière à ces terrains, qu'il considère

constituent une partie des collines de Chiètres, où la Tour de Duin repose sur le Kimméridgien. On en trouve sur les pentes où s'étale le hameau des Monts sur Bex, dans le torrent de Serrisson, sur la route de Bex aux Plans, sur celle qui monte des Plans à Javerne. Ces terrains forment en partie la paroi qui domine le plateau des Verneys, et celle du Grand-Châtillon.

Mais on n'en remarque aucune trace au sud de la Croix de Javerne.

Et il est remarquable que les sources émergeant du Flysch au sud de la Croix de Javerne aient *toutes* une teneur en calcaire notablement moindre que celles, de provenance analogue, sortant dans le voisinage d'affleurements préalpins. Voici les chiffres : dans la région où les lentilles préalpines n'ont pas été signalées, nous avons examiné 17 sources provenant du Flysch. Leur dureté s'exprime par des chiffres compris entre 12 et 17 degrés hydrotimétriques ; la moyenne en est 14,4. Tandis que pour les 15 sources sortant du Flysch au nord de la Croix de Javerne et dans les collines de Chiètres, la moyenne des degrés hydrotimétriques est 28,5, calculée sur des nombres compris entre 19 et 35,5.

Nous en devons conclure que ces lentilles préalpines, égrenées dans le Flysch, ont une grande importance pour la circulation des eaux. Le Flysch lui-même étant peu perméable, elles doivent jouer le rôle de poches où l'eau des masses avoisinantes se concentre.

Nous en devons conclure aussi qu'un assez grand nombre de ces lentilles existe en profondeur, dont on n'aperçoit aucune trace en surface et que rien ne peut déceler sinon précisément l'analyse des eaux qui en proviennent.

---

comme entièrement hauteriviens et dont il n'a pas remarqué la structure lenticulaire. Il colore du reste comme étant faite de Néocomien toute la chaîne de Javerne, formée en réalité de Flysch. Mais il a vu tous les affleurements préalpins que nous avons pu observer. — Cf. *op. cit.* 1, p. 258-263 et 271-275.

Nous n'en pouvons pas indiquer avec exactitude la position, mais elles ne doivent pas être très éloignées du lieu d'émergence de la source. La circulation des eaux n'est pas aisée à travers les couches marneuses du Flysch, et nous voyons les sources des Collatels, peu distantes du Grand-Châtillon, n'être influencées en rien par ce massif en partie préalpin : six de ces sources sortent du Flysch, avec une dureté de 15 à 16 degrés hydrotimétriques.

Voici environ où se placeraient, en profondeur, ces lentilles plus calcaires : dans la masse du Flysch qui forme les collines de Chiètres, sous le petit lac de Luissel par exemple, et sous le flanc sud de ces collines. Aux environs du hameau des Petits-Monts, sur Bex, on en pourrait déterminer plusieurs : au sud du hameau, sous le torrent de la Croisette, entre les altitudes de 850 et 1000 mètres ; à l'est, vers l'altitude de 900 mètres ; au nord, sous le plateau des Verneys, à 800 mètres, et au nord-est des Petits-Monts, aux environs de 700 mètres. Enfin, au sud du village de Javerne, deux sources semblent indiquer une lentille préalpine en profondeur, à l'altitude de 1700 ou 1800 mètres. Rien ne nous permet jusqu'ici de tenter une évaluation de leur profondeur sous la surface du sol.

Eaux provenant des terrains mésozoïques.

Des eaux provenant des massifs formés de calcaires ou de schistes jurassiques ou crétacés, nous ne pouvons rien conclure. Elles ont traversé trop de terrains différents, en une circulation souterraine dont rien ne nous autorise à évaluer la longueur ou la durée.

Eaux provenant des terrains permiens et carbonifères.

Les sources qui s'alimentent dans les grès ou les poudingues anthracolitiques sont remarquables par leur très faible teneur en calcaire. Sur les 10 que nous avons examinées, aucune ne dépasse 8 degrés hydrotimétriques, et

plusieurs descendent jusqu'à 2,5 ou 3 degrés. La moyenne en est 5,5. Et ceci est à retenir, car ces terrains anthracolitiques se sont sédimentés aux dépens de gneiss semblables à ceux qu'ils recouvrent actuellement. M. P. Hartmann, qui en a fait une étude pétragraphique [cit. 13], n'y a reconnu, outre les schistes argileux stéphaniens, que des éléments d'aplite, de cornéenne et de porphyre réunis par un ciment sériciteux, sans aucun fragment de calcaire (si ce n'est les traces de calcite nées de la décomposition des feldspaths). Et nous allons voir que les eaux provenant du massif gneissique sont souvent plus riches en chaux que celles qui sortent des terrains anthracolitiques[1].

Eaux provenant des gneiss.

Un fait curieux ne peut manquer de frapper lorsqu'on mesure la dureté des eaux sortant des gneiss et des schistes cristallins qui forment le socle du massif de Morcles. C'est la diversité des résultats obtenus, et parfois la haute teneur en calcaire qu'ils décèlent dans ces sources. Au surplus, en voici la liste :

TABLEAU IX.

Sources	Altitudes	Dureté	Terrain d'émergence
Source des Concessions, près Morcles	1140 m.	9,5	Gneiss en place.
Source d'Es Loex, près Morcles.	1190	12	» »
» des fontaines de »	1200	14	» »
» de la Joux Rotta (très faible).	1400	2,5	Eboulis de gneiss.
» de la Vuargne près Morcles	1650	7	» »
» de Plan Essert . . .	1510	7	» »
» du Haut d'Arbignon .	1730	12	» »

[1] M. H. Gams a fait une remarque analogue pour la distribution des plantes de cette région : la flore des gneiss est moins calcifuge que celle qui croît sur les terrains carbonifères.

Sources	Altitudes	Dureté	Terrain d'émergence
Fontana da Saut, aux Follaterres	805	5	Eboulis de gneiss.
Source du Mayen Tsé, sur Branson	820	22	» »
Source du Creux du Loup, sur Branson	820	19,5	» »
Source du Mayen à Loton . .	890	19,5	» »
Source du Plan Bouet, sur Tassonnières	895	20	» »
Source des Mayens de Mélierine.	1080	17,5	Gneiss en place.
Source de Plagnuy	1140	16	» »
» des Largettes, sur Buitona	1230	17	» »
2e » des Largettes . . .	1220	15,5	» »

Nous ne mentionnons pas dans ce tableau deux sources sortant d'éboulis de gneiss qui recouvrent des terrains glaciaires : leur eau peut provenir de ces dépôts sous-jacents. Et nous avons séparé les sources du versant de la vallée transversale du Rhône (pe 101) et celles de la vallée longitudinale (pe 102). On remarquera que c'est précisément entre les deux groupes que s'établit le contraste. Les sources du flanc de la vallée transversale, plus la Fontana da Saut, ont comme moyenne de dureté 8,6, tandis que celles du second groupe (moins la Fontana da Saut) ont pour la même moyenne 18,4 environ.

Est-ce dans une composition différente des gneiss que nous devons chercher une explication de ce fait ? Après avoir parcouru bien souvent ces pentes, il ne me semble pas. De Morcles à Saillon on voit les mêmes schistes métamorphiques plus ou moins injectés d'aplite, de porphyre ou de pegmatite. Je n'ai vu nulle part les diorites que A. Bonard [cit. 3] a déterminées et P. Hartmann, qui a fait une étude assez détaillée de ce massif [cit.

13], ne les a pas rencontrées non plus. Cet auteur distingue parmi les roches métamorphiques les cornéennes massives et les cornéennes schisteuses (schistes micacés et gneiss injectés) et des amphibolites très sporadiques, toutes également injectées.

Il faut ici envisager un autre phénomène.

On sait depuis longtemps que des bancs de calcaire marmorisés existent par places parmi les schistes cristallins du massif des Aiguilles-Rouges. De Saussure, Fournet, Gerlach, Renevier ont signalé leur présence. Enfin, M. M. Lugeon et Mme E. Jérémine en ont fait une étude approfondie, pétrographique et tectonique [cit. 10]. Ils ont constaté que ces bancs s'alignaient en lentilles selon quatre bandes parallèles qui représenteraient, dans la masse des schistes cristallins, des noyaux synclinaux. Ces bandes sont orientées SW. - NE., et la plus septentrionale s'aperçoit au sud du village de Dorénaz.

Ces lentilles de calcaire coupent donc le versant de la vallée transversale du Rhône normalement à sa surface, où elles occupent ainsi une place insignifiante. En fait, sur ce flanc du massif cristallin, on n'a jamais rencontré de calcaire autre part que sur le sentier qui monte de Dorénaz à Alesses, sur trois mètres d'épaisseur environ. Par contre, ces bandes sont à peu près parallèles au versant de la vallée longitudinale du Rhône, où elles apparaissent en plusieurs points : près de l'ancienne mine de graphite, aux Follaterres ; au Trappon, sur Branson ; au-dessus de Tassonnières, où le marbre a été autrefois exploité. M. Lugeon en a trouvé des débris au-dessus de Buitona et M. H. Gams nous en a signalé en d'autres points encore[1]. Les minéraux métamorphiques ne sont en général guère abondants dans ces calcaires marmorisés, qui sont donc très solubles.

[1] Cf. cit. 15 et 16.

Et il est à remarquer que plusieurs parmi les sources émergeant du gneiss sur ces pentes de la vallée longitudinale du Rhône, ont une teneur en calcaire plus forte non seulement que celles provenant des terrains anthracolitiques (ce qui peut encore s'expliquer par la lenteur de circulation plus grande à travers les gneiss qu'à travers les grès permiens et carbonifères), mais plus forte même que les sources provenant du Malm, ou d'éboulis de Malm. Nous avons, en effet, dans notre territoire, la source d'Erië au pied du Grand-Chavalard, deux petites fontaines aux alentours de la Luy d'Août, et la source du Petit-Pré qui émergent soit parmi les calcaires argoviens, soit dans les éboulis du Malm, et ne mesurent que 15 à 16 degrés hydrotimétriques, alors que les sources de Méliérine et des Largettes (voir le tableau IX) sortant de parois gneissiques, ont une dureté de 17 et 17,5 degrés.

Nous pouvons donc supposer que les lentilles calcaires égrenées entre les schistes cristallins jouent pour la circulation des eaux un rôle analogue à celui que nous avons attribué aux lentilles de terrains préalpins dont le Flysch autochtone est parsemé. L'eau y circulant plus facilement s'y rendrait de préférence, et s'y chargerait de calcaire avant de continuer sa route à travers les gneiss à la faveur de quelque diaclase. Pour les sources qui s'alimentent dans les grands éboulis, il est remarquable que celles du Mayen-Tsé, du Creux du Loup, du Mayen à Loton sortent dans le voisinage et au-dessous du gisement calcaire du Trappon, situé dans la paroi qui domine l'éboulis, et que celle de Plan Bouet soit proche du lieu où ces marbres ont été exploités autrefois. Tandis que la Fontana da Saut, de dureté très faible, qui émerge sur le sentier montant de Branson à Alesses, sort de l'éboulis formé par une des grandes parois gneissiques qui soutiennent le pâturage de la Joux brûlée, où jamais on n'a signalé de

calcaires. L'affleurement proche de la mine de graphite se trouve plus à l'est et domine un autre éboulis.

On est amené ainsi à supposer l'existence de lentilles calcaires au-dessus de Plagnuy (qui dominerait aussi Méliérine) et des Largettes, sans qu'on en ait jusqu'ici signalé des affleurements visibles. Peut-être les débris trouvés au-dessus de Buitona proviendraient-ils de la lentille que nous admettons aux Largettes. Pour celle de Plagnuy, il est fort possible qu'elle existe en profondeur sans montrer la moindre trace sur le terrain. Ces calcaires supposés se rattacheraient sans doute à la troisième bande synclinale qu'ont déterminée M. Lugeon et Mme Jérémine.

Conclusions.

Pour ce qui concerne la tectonique du massif de Morcles, l'étude des sources nous a donc amené à deux résultats hypothétiques. Nous avons admis l'existence, dans la masse du Flysch autochtone refoulé sous le front de la nappe de recouvrement, de lentilles préalpines semblables à celles que révèle l'observation sur le terrain. Ces lentilles, n'affleurant pas en surface, joueraient le rôle de poches que les eaux traverseraient de préférence aux couches du Flysch et où elles se chargeraient de calcaire.

De même, nous avons supposé, parmi les schistes cristallins qui forment le flanc de la vallée longitudinale du Rhône, des lentilles de calcaires marmorisés analogues à celles qu'ont déjà signalé de nombreux géologues.

Ce sont là de bien minces résultats ; aussi nous paraissent-ils moins intéressants en eux-mêmes que la méthode qui nous y a conduit.

D'autre part, en comparant la température et la dureté des sources avec leur altitude et leur distribution sur les divers flancs du massif, nous avons mis en lumière les

différences météorologiques qui distinguent ces versants. Nous n'avons, par contre, trouvé aucune relation nette à établir entre la température des eaux et leur hydrotimétrie.

Dans tous les raisonnements que nous avons tentés au cours de ces pages, nous nous sommes basés sur des moyennes, calculées sur un nombre relativement petit de données. Il est à remarquer cependant que seules ces moyennes ont une signification. Si l'on examine en effet, par exemple, la liste des sources émergeant dans notre région entre 1000 et 1200 mètres d'altitude, il semble que nul rapport ne lie leur température ; ou si l'on parcourt le tableau des venues d'eau s'alimentant dans les couches du Flysch, on ne voit pas ce que leur dureté pourrait avoir de semblable. Les chiffres sont trop divers, compris entre des limites trop peu serrées, et ne paraissent pas différer sensiblement de ceux qu'on lit dans la colonne voisine. Ce n'est qu'en établissant des moyennes que les différences et les particularités se manifestent.

Notre raisonnement s'assimile donc à ceux qui se basent sur la loi des grands nombres. Et ce seul mot, par ce qu'il évoque, montre assez combien la valeur de nos moyennes est sujette à caution. Quand bien même nous serions certains d'avoir examiné toutes les sources du massif de Morcles (et nous sommes précisément sûrs du contraire), il faudrait avoir fait sur chacune d'elles une infinité d'observations pour obtenir un résultat valable, qui ne le serait du reste que pour l'étendue de notre région. Et encore l'imprécision des méthodes employées laisserait-elle place à un doute légitime. Or, nous n'avons étudié que 155 sources, sur un territoire limité arbitrairement, et pour chacune d'elles nous n'avons pu effectuer qu'une série de mesures.

C'est assez dire que sur nos moyennes ne saurait s'établir aucune loi, aucune certitude ; à peine peuvent-elles

nous suggérer certaines présomptions. En comparant ces résultats fragiles, nous avons pu toutefois tirer quelques conclusions. Aux observations futures à les confirmer ou à nous démentir.

Il nous a semblé qu'il valait la peine, cependant, d'extraire d'une longue série d'observations sans cela inutiles et dépourvues d'intérêt, les résultats, si hypothétiques qu'ils fussent, qui rentrent dans le domaine de la science géologique.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

1. — 1890. — E. RENEVIER : Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises et parties avoisinantes du Valais. — Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, 16e livraison. 1 vol. in-4°, VIII + 562 p., 7 Pl., dont une carte géologique au 1 : 50 000 Berne, 1890.

2. — 1898. — C. BUHRER : Le climat du Valais. — Extrait du *Bulletin* des travaux de la « Murithienne ». 1 vol. in-8°, 230 p. Sion. 1898.

3. — 1901. — A. BONARD : Etude pétrographique des roches éruptives du soubassement cristallin des Dents de Morcles — Dents du Midi. — *Bull.* Laboratoire de géol. Lausanne n° 1, 1901.

4. — 1906. — L. DE LAUNAY, E.-A. MARTEL, ED. BONJEAN et J. ODIER : Le sol et l'eau. — (Traité d'hygiène publié en fascicules sous la direction de P. Brouardel et E. Mosny, vol. II). — 1 vol. in-8°, 460 p., 2 Pl. Paris, 1906.

5. — 1909. — J. MAURER, R. BILLWILLER et C. HESS : Das Klima der Schweiz. — 2 vol. in-4°, Frauenfeld, 1909.

6. — 1910. — Dictionnaire géographique de la Suisse. — 6 vol. in-8°, Attinger, Neuchâtel, 1910.

7. — 1911. — M. LUGEON : Sur l'existence de deux phases de plissements paléozoïques dans les Alpes occidentales. — C.-R. Ac. Sc. Paris, séance du 30 octobre 1911.

8. — » . — M. LUGEON et E. JÉRÉMINE : Les bassins fermés des Alpes suisses. — *Bull.* Soc. vaudoise des Sc. nat., vol. XLVII, p. 461-650, 12 Pl., 1911. — *Bull.* Laboratoire de géol. Lausanne, n° 17.

9. — 1912. — M. LUGEON : Sur la tectonique de la nappe de Morcles et ses conséquences. — C.-R. Ac. Sc. Paris, 30 septembre 1912. — Eclogae geologicae Helvetiae, vol. XII, p. 180.

10. — 1913. — M. LUGEON et E. JÉRÉMINE : Sur la présence de bandes calcaires dans la partie suisse du massif des Aiguilles-Rouges. — C.-R. Ac. Sc. Paris, 13 mai 1913. — *Bull.* Soc. vaudoise des Sc. nat., vol. XLIX, p. 29-31.

11. — 1914. — M. LUGEON : Sur l'ampleur de la nappe de Morcles. — C.-R. Ac. Sc. Paris, 29 juin 1914.

12. — » . — M. LUGEON : Sur l'entraînement des terrains autochtones en dessous de la nappe de Morcles. — C.-R. Ac. Sc., Paris, 13 juillet 1914.

13. — 1915. — P. PLACIDUS HARTMANN : Zur Geologie des kristallinen Substratums der Dents de Morcles. — 1 vol. in 8°, 85 p., 10 Pl., Bern, Verlag Fancke, 1915.

14. — 1916. — M. LUGEON : Sur la coloration en rose de certaines roches du massif des Aiguilles-Rouges. — C. R. Ac. Sc. Paris, 20 mars 1916. — *Bull.* Soc. vaudoise des Sc. nat., vol. 51, P.-V. du 16 février 1910.

15. — » . — M. LUGEON : Gisements calcaires du massif des Aiguilles-Rouges et coin de gneiss d'Alesses (Valais). — *Bull.* Soc. vaudoise des Sc. nat., vol. 51, P.-V. du 19 avril 1916.

16. — » . — H. GAMS : La grande gouille de la Sarvaz et les environs. — Une brochure in-8°, 62 p. 4 Pl., Sion, 1916 (Murithienne).

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Les sources du massif de Morcles 81
Esquisse géologique du massif de Morcles 82
Méthodes d'observation 86
Répartition des sources 88
Variations de la température des sources selon leur altitude et l'exposition des versants 90
Variations du degré hydrotimétrique avec la température des sources et leur altitude 93
Relations entre l'hydrotimétrie des sources et les terrains du bassin d'alimentation 96
Eaux provenant de terrains superficiels 97
» du Flysch 98
» de terrains mésozoïques 100
» des terrains permiens et carbonifères 100
» des gneiss 101
Conclusions 105
Liste bibliographique 108