La capacité du Lac Léman

Autor(en): **Forel, F.-A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **24 (1888)**

Heft 98

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-261773

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles.
Vol. XXIV. N° 98. 1888.

LA CAPACITÉ DU LAC LÉMAN

par F.-A. FOREL, prof.

Plusieurs auteurs se sont occupés dernièrement de la capacité, c'est-à-dire du cube du lac, et de la quantité d'eau qu'y apporte le Rhône, son principal affluent. Les uns estiment que l'eau du Rhône du Valais y séjourne des centaines d'années avant d'arriver à l'émissaire de Genève [1]; les autres calculent que le Rhône du Valais emploierait de 68 à 106 ans pour remplir le lac, à supposer que celui-ci eût été vidé [2].

Je voudrais reprendre ce calcul sur quelques bases nouvelles et arriver à des chiffres plus rapprochés de la vérité.

On admet pour le volume du lac 90 milliards de mètres cubes; c'est un chiffre moyen des deux extrêmes, 80 à 100 milliards, que j'ai obtenus par deux procédés différents de supputation. Nous n'aurons un chiffre plus précis que le jour, trop lent à venir, où la carte hydrographique du Léman sera enfin terminée [3].

Pour le débit du Rhône du Valais, le correspondant de l'*Estafette* a choisi la valeur de 27 m.^{3} à la seconde. C'est le chiffre obtenu en février 1858 par MM. L. Dufour et F. Burnier [4]. Mais ce jaugeage, exécuté à la suite d'une période prolongée de

[1]) *Fol* et *Dunant*. Arch. de Genève, XIII, 115. 1885.

[2]) *Estafette* de Lausanne, 6 mars 1887.

[3]) Pour achever le lever de cette carte, il ne restera plus à la fin de l'année 1888 que la partie des eaux vaudoises qui s'étendent de St-Sulpice à Coppet. En effet, les eaux genevoises ont été levées et publiées en 1875 par le major Ed. Pictet; les eaux françaises ont été levées en grande partie en 1887 par les ordres de M. A. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Thonon, et seront terminées dans l'été de 1888; le Haut-lac français, valaisan et vaudois, feuilles 460, 464, 465 et 467 de l'atlas Siegfried, ont été levées en 1885 par M. J. Hörnlimann, ingénieur du bureau topographique fédéral; enfin les feuilles 438 *bis* et 440 ont été levées en 1873 par M. Ph. Gosset, du même bureau, publiées en première édition en 1874 et revisées en 1886 par M. J. Hörnlimann. L'ouvrage est bien avancé; pourquoi ne pas le terminer?

[4]) Bull. S. V. S. N., VI, 6. Lausanne, 1861.

grande sécheresse, ne donne qu'une valeur minimale et non la moyenne de l'année.

Voici quelques autres estimations sur lesquelles je me fonderai.

M. l'ingénieur R. Lauterburg, de Berne, dans ses études sur le débit des fleuves suisses [1]), évalue comme suit le débit par seconde du Rhône du Valais :

Débit moyen annuel	199 m³
» » de l'hiver	58 »
» » de l'été	737 »
» exceptionnel en temps d'inondation	1692 »

Ce dernier chiffre est probablement trop élevé ; la plus forte crue connue du lac, celle du 24 mai 1878, m'a donné pour le débit total de tous les affluents du lac une valeur de 1475 m³ à la seconde [2]).

Dans un travail précédent [3]), j'ai donné les éléments d'un calcul basé sur une formule de M. l'ingénieur A. Bürkli-Ziegler, de Zurich, qui m'a permis de calculer le débit du Rhône d'après la hauteur des eaux du fleuve, mesurées à la Porte du Scex et au pont de Collombey. J'ai fait ce calcul pour les années 1879 et 1886 et je suis arrivé pour le débit moyen annuel aux chiffres de 200 m³ à la seconde pour 1879, de 142 m³ pour 1886. La valeur du débit de 1879 est plus sûre que celle de 1886, la première de ces dates étant plus rapprochée de l'époque où ont été faits les jaugeages servant de base à la formule de M. Bürkli. En revanche, l'année 1879 était une année exceptionnelle par les eaux très hautes de l'été. La hauteur moyenne du lac a été, en 1879, de 427 mm. au-dessus de la moyenne annuelle des soixante années antérieures ; le maximum de l'été a dépassé de 504 mm. la moyenne des maximums des soixante-quinze années précédentes.

Les observations faites à Genève en 1874 par les soins du Bureau vaudois des Ponts et Chaussées m'ont fourni les éléments d'un autre calcul. Une dizaine d'échelles limnimétriques et flu-

[1]) *R. Lauterburg.* Versuch zur Aufstellung der schw. Stromabflussmengen, p. 65. Bern, 1876.

[2]) *F.-A. Forel.* Limnimétrie du Léman, IVe série. Bull. S. V. S. N. XVI, 641. Lausanne, 1879.

[3]) *F.-A. Forel.* Le ravin sous-lacustre du Rhône. Bull. S. V. S. N. XXIII, p. 90. Lausanne, 1887.

viométriques avaient été établies dans le port de Genève et dans le Rhône, et un employé y faisait chaque jour la lecture de la hauteur de l'eau. J'ai dépouillé les hauteurs journalières de l'année 1874 et j'en ai tiré les moyennes mensuelles. J'ai choisi celles du limnimètre Q, situé à la Coulouvrenière, parce que cette localité est au-dessous du pont de la Machine et parce que c'était le lieu des jaugeages opérés par MM. Pestalozzi et Légler.

J'avais donc la hauteur moyenne mensuelle du Rhône à la Coulouvrenière; les jaugeages des experts vaudois me permettaient d'en déduire le débit moyen du fleuve pour cette hauteur de l'eau, et par suite de calculer le débit total du fleuve pendant chaque mois. Une addition me donnait le débit total du fleuve pendant l'année entière. Cette quantité d'eau qui s'est écoulée sous les ponts de Genève en 1874 a été de 6 940 512 mille m³.

Or le lac était, au 1er janvier 1874, à la cote 1.080 m. du limnimètre; au 31 décembre, il était à 1.245 m. Son niveau était donc de 165 mm. plus élevé à la fin de l'année qu'au commencement, c'est-à-dire qu'il était entré plus d'eau qu'il n'en était sorti.

La superficie totale du lac étant de 578 km², une couche de 165 mm. sur le lac représente un volume de 95 370 mille m³.

Si j'ajoute ce chiffre à la quantité d'eau écoulée par le Rhône de Genève pendant l'année, j'aurai donc la quantité d'eau apportée dans le lac par les affluents divers. Cela me donne un total d'entrée de 7 035 882 mille m³ ou un débit moyen d'entrée de 223 m³ par seconde.

Si l'on déduit de ce chiffre environ 25 m³ par seconde pour l'eau entrée directement dans le lac par les affluents autres que le Rhône, par la pluie et la condensation à la surface de l'eau, on voit que le débit moyen du Rhône a dû être de quelque peu inférieur à 200 m³ à la seconde.

Qu'a été l'état hygrométrique de cette année 1874? Si je me reporte aux observations météorologiques de Genève, je vois que, par rapport à la normale, la température moyenne de

l'année a été		+ 0.13°
la température moyenne	de l'été	+ 0.65°
l'humidité absolue	de l'année	— 0.15 mm.
»	de l'été	+ 0.30 mm.
la haut. d'eau météorique	de l'année	— 254 mm.
»	de l'été	+ 3 mm.

La hauteur moyenne du lac a été en 1874 de . 1.428 m.
tandis que la normale de 1851-1875 était . . . 1.468 m.
» 1818-1880 » . . . 1.349 m.

Cette année 1874 doit être considérée comme étant à peu près une année normale, plutôt un peu au-dessus de la moyenne, pour ce qui regarde le débit des affluents du lac.

De ces différents calculs, j'arrive à conclure que le débit moyen du Rhône du Valais doit être probablement entre 180 et 200 m^3 à la seconde.

Suivant que nous adoptons l'un ou l'autre chiffre, nous trouverons que le volume total du lac serait rempli par le Rhône, coulant seul, en 16 ou 14 années.

Il y a loin de cela aux centaines d'années que réclame le préjugé auquel j'ai fait allusion.

Est-ce à dire que toute l'eau du Rhône traverse le lac en une quinzaine d'années? que certaines parties de cette eau n'y séjournent pas plus longtemps? Non, certainement non. Suivant les hasards des vents et des courants, certaines parties de l'eau apportée aujourd'hui par le Rhône arriveront fort vite à Genève et pourront ressortir du lac dans deux ans, dans un an, peut-être même plus tôt; d'autres parties, immobilisées dans les grands fonds du lac ou saisies par des remous, peuvent, au contraire, y séjourner presque indéfiniment. Le chiffre de 14 à 16 ans représente la moyenne du temps que l'eau du Rhône séjourne dans le lac Léman.

Le Rhône apporte constamment dans le Léman sa charge d'alluvion en suspension, qui se dépose au fond du lac et tend à le combler.

En combien d'années le lac Léman sera-t-il comblé? Cette question intéresse la géologie. Si l'on pouvait lui donner une réponse, on y trouverait une notion sur l'activité des phénomènes d'alluvion.

Sans espérer une solution complète et précise, je crois cependant avoir les éléments d'une réponse provisoire en me basant sur les données que je possède pour l'année 1886.

Ainsi que je l'ai exposé dans mon étude sur le Ravin sous-lacustre du Rhône[1]), j'ai calculé le débit du Rhône du Valais pour les 12 mois de l'année 1886.

[1]) Loc. cit., p. 91.

D'autre part j'ai, par les analyses partielles de M. B. Buenzod, la charge en alluvion impalpable de 15 échantillons d'eau puisés à des époques diverses de la même année par M. le chanoine Besse, de St-Maurice. En rapportant cette teneur en alluvion à la hauteur du fleuve aux jours de la prise d'eau, j'ai reconnu que la charge varie notablement suivant que le fleuve est en crue ou en décrue. J'ai corrigé par la méthode graphique les irrégularités expérimentales et j'ai dressé le tableau suivant donnant la charge d'alluvion en grammes par mètre cube, pour les différents débits du fleuve, soit en crue, soit en décrue :

Débit du Rhône.	Charge d'alluvion (grammes par m³).	
m³ par seconde.	En crue.	En décrue.
40	80	40
80	550	200
120	950	400
160	1250	630
200	1530	810
240	1740	990
280	1940	1160
320	2100	—
360	2250	—

D'après ce tableau, j'établis la charge d'alluvion de l'année 1886 :

	Débit par seconde. m³	Charge par m³ d'eau. gr.	Charge par seconde. kgr.
Janvier . .	47.0	120	6
Février . .	45.2	70	3
Mars . . .	57.3	250	14
Avril . . .	79.2	550	44
Mai . . .	132.2	1050	139
Juin . . .	198.8	1530	304
Juillet. . .	381.7	2320	886
Août . . .	281.7	1180	332
Septembre .	227.2	940	214
Octobre . .	123.2	430	53
Novembre .	84.3	220	19
Décembre .	47.8	40	2

Soit en moyenne 168 kilogrammes d'alluvion transportés par seconde pendant toute l'année.

Cela représente 14 515 tonnes de transport par jour ; 5 297 mille tonnes de transport par an.

La densité de l'argile lacustre moderne du lac Léman étant 2.6 [1]), nous calculons que 5 297 mille tonnes d'alluvion représentent 2 038 mille m³.

Le transport du Rhône dans le lac Léman aurait donc été en 1886 d'environ deux millions de mètres cubes.

Discutons la signification de ce chiffre :

1° L'année 1886 a été une année à peu près moyenne. D'après les observations de Genève et du St-Bernard, l'année (météorologique) a été :

Pour la température :

A Genève de	0.54°	au-dessus de la normale ;
Au St-Bernard de . .	0.11°	id.

Pour la pluie (hauteur totale de la chute d'eau) :

A Genève de	68.2 mm.	au-dessus de la normale ;
Au St-Bernard de . .	210.4	id.

L'année a donc été une année chaude et humide.

Cependant le débit du Rhône a été relativement faible, 142 m³ en moyenne par seconde, tandis que l'année 1879 nous avait donné 200 m³.

De ce chef, le chiffre du transport doit être à peu près une valeur moyenne.

2° Nous n'avons tenu compte que de l'alluvion impalpable, en suspension à la surface du courant du fleuve, là où était puisée l'eau des échantillons. Il y a évidemment un transport considérable de galets, graviers et sables qui sont charriés sur le lit du fleuve et dont la valeur nous a échappé.

De ce chef, notre chiffre du transport doit être beaucoup trop faible. Il est donc un minimum.

3° Nous n'avons pas tenu compte des crues extraordinaires dues à une catastrophe, éboulement de montagne, glissement de terrains, rupture de lac temporaire, etc., qui amènent dans le lac en quelques heures des milliers et des milliers de mètres cubes d'alluvion.

L'année 1886 n'a pas présenté d'événement de ce genre.

De ce chef encore, notre chiffre du transport doit donc être un minimum.

[1]) D'après l'étude de M. le professeur E. Chuard.

Nous pouvons donc affirmer que le transport de l'alluvion du Rhône doit dépasser notablement, année moyenne, le volume de 2 millions de mètres cubes.

Deux millions de mètres cubes! Nous pouvons admettre que la région profonde du Grand-lac dans laquelle se dépose cette alluvion est à peu près le tiers de la superficie totale du Léman. Attribuons-lui 200 km². Réparti sur cette superficie, le transport annuel du fleuve y déposerait une couche d'un centimètre d'épaisseur. En un siècle, le fond du lac se relèverait d'un mètre.

Deux millions de mètres cubes d'alluvion sont versés par an dans un bassin de 90 mille millions de m³ de volume. Cela signifie qu'en 45 mille ans le bassin du lac sera comblé.

Mais le chiffre de transport étant, comme nous l'avons vu, un minimum, il en résulte que ce nombre d'années est un maximum et que nous devons dire: En moins de 45 000 ans, le bassin sera comblé.

En moins de 450 siècles il se sera formé dans l'ancien bassin du Léman, dont la superficie totale était de 578 km², une couche de plus de 300 m. d'épaisseur au point le plus profond.

Dans moins de 450 siècles, la plaine du Rhône, qui commence à la cluse de St-Maurice et s'arrête actuellement à Villeneuve et le Bouveret, arrivera jusqu'à Genève, et le lac Léman n'existera plus.

Je corrige dans ces termes le résultat de calculs analogues, mais beaucoup plus incertains, qui m'avaient fait dire en 1870 [1]) que le comblement probable du lac durerait moins de 300 mille ans.

J'arrive même à une conclusion générale plus importante. Dans mon Essai de Chronologie archéologique, j'avais montré que, depuis l'époque glaciaire, le Rhône du Valais avait comblé une partie de ce qui était au début le lac Léman, lequel commençait alors à la cluse de St-Maurice; que les alluvions du fleuve alpin d'une part avaient surélevé le fond du lac d'une quantité à nous inconnue, d'une autre part avaient diminué la superficie totale du lac d'une quantité égale à 150 kilomètres carrés, soit au cinquième environ de la superficie du lac primitif. Si le lac Léman, disais-je alors, qui mesure actuellement 578 km², doit être comblé en 300 000 ans, quelle a été la durée

[1]) *F.-A. Forel.* Essai de Chronologie archéologique. Bull. S. V. S. N. X, 587. Lausanne, 1870.

nécessaire pour faire le comblement de la partie qui s'étendait de Saint-Maurice à Villeneuve et Bouveret, et qui mesurait 150 km.^{2} ? Ce n'est pas un nombre infini de siècles, ce ne sont pas des millions d'années qui se sont écoulés depuis l'époque glaciaire ; c'est par centaines de mille ans que cette durée doit se chiffrer.

La correction importante que je fais aujourd'hui à ces calculs me fait changer aussi cette conclusion, et par le même raisonnement j'arrive à énoncer l'impression que la durée du temps qui s'est écoulé depuis l'époque glaciaire jusqu'à nous doit se chiffrer par dizaines de milliers d'années seulement.