

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 15 (1877-1878)  
**Heft:** 79: Le Musée géologique de Lausanne

**Artikel:** Contributions à l'étude de la limnimétrie du Lac Léman. Part 3  
**Autor:** Forel, F.-A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-287514>

### **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:** 13.01.2026

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

# CONTRIBUTIONS

## A L'ÉTUDE DE LA

# LIMNIMÉTRIE<sup>1</sup> DU LAC LÉMAN

par le Dr F.-A. FOREL

professeur à l'Académie de Lausanne.

---

### III<sup>e</sup> SÉRIE<sup>2</sup>

(Pl. 22.)

---

#### § XVIII. — Les limnimètres du lac (*suite*).

Dans le § I<sup>er</sup> de ma première série, j'ai donné la description des limnimètres existant sur le lac au commencement de l'année 1877; j'ai quelques adjonctions et corrections à faire à ces notes.

1<sup>o</sup> *Limnimètre de Vevey*. Depuis la réparation faite en janvier 1877, l'équation du limnimètre de Vevey a été changée. J'ai indiqué la nouvelle équation d'après une comparaison de onze jours d'observation avec le limnimètre de Morges; j'avais obtenu ainsi  $c = + 0^m.19$ .

<sup>1</sup> Dans le supplément de 1877 du grand dictionnaire Littré, le mot *Limnimètre* est indiqué comme étant fautif et comme devant s'écrire, d'après les règles de la composition des mots, *Limnomètre*. Cette remarque est parfaitement exacte. Mais l'usage de plus de 50 années me force à conserver le mot, qui est passé dans la langue courante.

<sup>2</sup> Voir la I<sup>re</sup> série. Bull. XIV. 589-652.

II<sup>e</sup> série. Bull. XV. 129-174.

Une nouvelle comparaison portant sur 110 jours me permet une approximation plus approchée.

1877		<i>h</i> Vevey.	<i>h</i> Morges	<i>c.</i>
		m.	m.	m.
Février	18 jours	1.305	1.495	+ 0.190
Mars	31 »	1.209	1.392	+ 0.183
Avril	30 »	1.250	1.437	+ 0.187
Mai	31 »	1.469	1.660	+ 0.191
				Moyenne + 0.188

A supposer exacte l'équation du limnimètre de Morges (enregistreur), la correction du limnimètre à flotteur de Vevey serait de + 0<sup>m</sup>.188.

Une opération de nivellement a été faite le 14 novembre 1877 par M. L. Gonin, ingénieur cantonal vaudois. Voici les détails de cette opération.

A 3 h. de l'après midi, le lac étant calme, la surface de l'eau a été nivelée et on a trouvé qu'elle était au-dessous du repère fédéral N.F. 71 . . . . . 2<sup>m</sup>.245

Ce repère est à la cote limnimétrique absolue . . . 3<sup>m</sup>.582

Différence . . . 1<sup>m</sup>.257

Le limnimètre marquait à ce moment . . . . . 1<sup>m</sup>.065

Différence, soit correction *c* du limnimètre de Vevey . . . . . + 0<sup>m</sup>.192

Ce chiffre, qui ne diffère que de 4<sup>mm</sup> de celui que nous avait donné une comparaison de 110 jours avec le limnimètre de Morges, est celui que nous adopterons comme représentant l'équation du limnimètre de Vevey à dater du 11 février 1877.

Je trouve dans cette opération un contrôle intéressant de l'exactitude de l'équation du limnimètre enregistreur de Morges.

2° *Limnimètre de Genthod*. Règle en fer divisée en centimètres, fixée contre le mur du port, dans le Creux-de-Genthod, devant la propriété de M. Henri de Saussure.

Correction *c* = + 0.012<sup>m</sup>.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Hirsch et Plantamour*. Nivellement de précision de la Suisse. V, 357, Genève 1874.

3° *Limnimètre enregistreur de Sécheron*. M. Philippe Plantamour a fait établir dans le jardin de sa campagne à Sécheron un appareil enregistreur construit d'après les principes de celui de Morges <sup>1</sup>. Il diffère cependant de ce dernier en quelques points.

Cet appareil, très délicat et très soigné, sort des ateliers de la « Société de construction d'instruments de physique de Genève ; » il fonctionne depuis le milieu de juin 1877 et a révélé une foule de faits nouveaux et curieux sur les allures des seiches dans la rade de Genève.

Nous aurons à utiliser dans les paragraphes suivants plus d'une donnée fournie par ce limnimètre.

4° *Limnimètre du Jardin anglais* de Genève. — D'après une communication de M. E. Plantamour, depuis quelques années une double lecture est faite journellement à ce limnimètre par deux employés différents ; l'une à 8 ou 9 h. par un agent de l'administration des Eaux, l'autre à 11 h. ou midi par un employé de l'Observatoire. Ces deux lectures sont comparées, et quand, par une cause quelconque, elles diffèrent, on prend pour hauteur de ce jour la moyenne des deux lectures. De cette manière, les erreurs graves provenant des seiches sont en partie annulées.

5° *Limnimètre de la machine hydraulique* de Genève ; cet appareil à flotteur, placé dans la salle du bâtiment la plus rapprochée de la rive gauche, donne le niveau de l'eau mesuré au-dessus de la machine, c'est-à-dire dans le port de Genève. Mais le courant très appréciable et surtout très variable dans son intensité qui existe dans le port lui-même, et à son entrée dans le lac, le courant surtout qui a lieu depuis l'île des Barques et le pont des Bergues jusqu'à la Machine, empêchent d'utiliser les données fournies par cet appareil pour l'étude du niveau du lac. Les critiques qu'on peut faire à ce sujet au limnimètre du Jardin-anglais sont *à fortiori* applicables à celui de

<sup>1</sup> V. I<sup>re</sup> série, p. 10 sq.



la Machine hydraulique. D'ailleurs l'agitation violente de l'eau qui va se précipiter sous les roues de la Machine et les remous violents qui secouent l'appareil donnent une incertitude générale à l'exactitude des lectures. La correction de cet appareil est d'après le nivellement de 1874 :

$$C = + 0^m,129. ^1$$

### § XIX. — Dénivellations temporaires continues (*suite*).

Au § XIII (II<sup>e</sup> série), j'ai décrit sous ce nom les dénivellations non rythmiques du lac se continuant pendant plusieurs heures ou plusieurs jours et dues à des variations dans la pression atmosphérique.

En comparant les chiffres des observations de Morges (enregistreur) et de Genève (limnimètre du Jardin anglais), j'ai montré que ces dénivellations pouvaient avoir une importance parfaitement appréciable, atteignant entre Genève et Morges jusqu'à 10 centimètres ; quant à la cause de ces dénivellations, j'ai dû la rapporter essentiellement au vent. J'ai constaté en effet que d'une manière générale l'eau était toujours soulevée sur la rive vers laquelle souffle le vent, et déprimée sur la rive d'où il vient.

Grâce à l'aimable obligeance de M. Ph. Plantamour, qui depuis que son enregistreur fonctionne a bien voulu me communiquer, mois par mois, les tracés de son appareil, j'ai pu poursuivre cette étude dans des conditions particulièrement favorables. J'ai en effet pu, jour après jour, faire la comparaison des hauteurs absolues du lac données par les deux appareils enregistreurs de Morges et de Sécheron ; j'ai pu mesurer avec toute l'exactitude que je voulais y mettre, heure par heure quand c'était nécessaire, avec la règle millimétrique, la hauteur du lac dessinée sur les tracés ; j'ai pu en particulier

<sup>1</sup> *Hirsch et Plantamour* (loc. cit. p. 2), p. 357.

m'affranchir absolument des erreurs dues aux seiches <sup>1</sup>. Et certes ces erreurs peuvent être fort importantes; l'étude que j'en ai faite me l'a bien montré. Je vais essayer d'utiliser ces matériaux précieux pour quelques comparaisons.

Dans le tableau XVI, à la fin de ce mémoire, j'ai donné à côté de la valeur  $h$ , hauteur absolue du lac pour chaque jour de l'année, une valeur  $d$  tirée de la comparaison des tracés de Morges et de Sécheron. Je prends la hauteur absolue du lac à midi à Morges  $h^m$  et la hauteur absolue du lac à Sécheron à la même heure  $h^s$  et j'en fais la différence

$$h^m - h^s = d$$

Si l'eau est plus élevée à Morges, la différence est positive (c'est le sens de la pente du lac); si l'eau est plus élevée à Genève, la différence  $d$  a le signe négatif. Les valeurs de  $d$  sont exprimées en millimètres <sup>2</sup>.

Un premier coup d'œil jeté sur ce tableau montre de grandes variations d'un jour à l'autre.

Sur les 146 <sup>3</sup> valeurs de  $d$ ,

72 ont le signe positif,

9 sont égales à zéro;

65 ont le signe négatif.

<sup>1</sup> Pour mesurer la hauteur moyenne du lac à une heure donnée, au milieu des ondulations souvent fort irrégulières des seiches, je me sers d'une règle en corne transparente de 20 centimètres de longueur que je place au juger sur le tracé, de telle manière que la surface des ondulations qui dépassent au-dessus le plan moyen soit équivalente à la surface de celles qui le dépassent au-dessous. Avec un peu d'exercice je suis arrivé à ne pas faire d'écart entre deux évaluations indépendantes de plus d'un millimètre pour les seiches relativement simples de Morges, de plus de deux à trois millimètres pour les seiches plus compliquées de Genève.

<sup>2</sup> La pente du lac entre Morges et Sécheron pouvant être considérée comme nulle, je n'ai pas, comme dans la valeur  $d'$  du tableau IX (II<sup>e</sup> série), eu à faire intervenir ici la correction variable de la pente de la sortie du lac.

<sup>3</sup> Je ne dispose que de 146 jours de comparaison. En effet, le limnimètre de Sécheron n'a commencé à fonctionner régulièrement qu'à dater du 18 juin 1877. Puis entre le 18 octobre et le 25 novembre les eaux ont été trop basses pour que l'enregistreur de Morges ait pu travailler.

Alors même que les valeurs positives de  $d$  sont en majorité, l'importance de certaines valeurs négatives est telle que la moyenne générale a le signe négatif.

La moyenne de ces 146 valeurs de  $d$  est  $-2^{\text{mm}}$ .

C'est-à-dire que si dans cette seconde moitié de l'année 1877, le nombre de jours où la pente a lieu dans le sens normal, de Morges à Genève, a été le plus fort, cependant si l'on fait intervenir la notion de la grandeur de la pente, la pente a été renversée, l'eau étant en moyenne de 2 millimètres plus élevée à Genève qu'à Morges.

Les valeurs extrêmes des écarts ont été :

Avec le signe positif  $+ 31^{\text{mm}}$  le 17 juillet.

Avec le signe négatif  $- 87^{\text{mm}}$  le 20 décembre.

D'après ces chiffres, la dénivellation maximale aurait été de 87 millimètres. Nous allons rencontrer mieux que cela.

En étudiant ces questions l'année dernière, j'ai trouvé un rapport évident entre le sens de ces dénivellations et la direction des vents, l'eau étant déprimée dans la région d'où vient le vent, et relevée dans la région vers laquelle il souffle. Avec la notation que j'ai adoptée, et étant données les conditions du lac Léman, cette loi se formule sur notre lac (entre Morges et Genève) en ces termes : La dénivellation est positive par les vents du Sud et négative par les vents du Nord.

Voyons si cela s'est confirmé cette année.

J'utiliserai pour cela les observations météorologiques publiées par l'Observatoire de Genève<sup>1</sup>. Je préfère prendre ces observations plutôt que mes notes personnelles qui pourraient être entachées d'erreurs involontaires par suite peut-être de quelques idées préconçues.

Sur les 146 jours dont je dispose, j'en trouve 99 pour lesquels la direction du vent est indiquée à Genève<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Dans les cahiers mensuels des Archives des sciences physiques et naturelles de Genève.

<sup>2</sup> Pour les autres, le vent est noté comme variable, ou bien la valeur  $d$  de mon tableau étant égale à zéro, je ne puis l'utiliser pour une comparaison.

Sur ces 99 jours, 74 répondent à la loi,  $d$  étant positif par les vents de S., S.-E. ou S.-O., et négatif par les vents du N., N.-E. ou N.-O. — 25 jours ne suivent pas la loi.

25 sur 99, c'est plus du quart. — La loi ne répond donc pas d'une manière bien suffisante à la réalité. Examinons cela de plus près.

Lorsque le vent est faible, il dure peu et il s'étend peu sur le lac; les vents faibles marqués sur les observations avec le facteur 1 sont souvent des vents locaux ou passagers. Leur effet de dénivellation doit être presque nul. Il vaut donc mieux s'adresser aux jours où le vent d'intensité puissante doit agir avec efficacité pour déniveler le lac.

Je prends donc sur les observations de Genève les jours où le facteur des vents est supérieur à 1, où il atteint 2, 3 ou 4. Sur les 146 jours d'observation je trouve donc ces conditions sur 18 jours de vent du Nord (N., N.-E. ou N.O.) :

17 ayant  $d$  négatif.

1 » positif.

La valeur moyenne de  $d = - 27^{\text{mm}}$ .

Sur 16 jours de vent du Sud (S., S.-O. ou S.-E.) :

14 ayant  $d$  positif.

2 » négatif.

La valeur moyenne de  $d = + 13^{\text{mm}}$ .

La loi est donc ici brillamment confirmée.

Il y a cependant 3 jours qui ne répondent pas à la loi ; ce sont :

Le 24 juillet, vent du S.-S.-O. 2  $d = - 3$ .

19 août, » S.-S.-O. 2  $d = - 9$ .

8 décembre, » N. 2  $d = + 6$ .

En consultant mes notes personnelles, je trouve l'explication de ces écarts ; voici en effet ce que j'ai noté sur les circonstances atmosphériques à Morges :

24 juillet, 7 h. du matin. Grand calme. Grand beau. Orage de Joran à 8 h. 40 soir. (La hauteur du lac étant mesurée à

midi, la dénivellation négative que j'ai constatée n'a rien à faire avec l'orage de Joran, vent d'O., qui a soufflé le soir.)

19 août, 2 h. du soir. Calme. Grand beau.

8 déc., 7 h. du matin. Vent du Midi III<sup>1</sup>. Pluvieux.

Les tracés de mon limnimètre confirment ces indications ; d'après eux certainement, il ne régnait pas à Morges, à l'heure de midi, un fort vent du Sud le 24 juillet et le 19 août, et la forte bise qui soufflait le 9 décembre au matin ne s'était pas encore levée le 8 décembre à midi.

L'exactitude de mes notes est confirmée par une comparaison avec les notes de mon collègue M. Ch. Dufour, dont les indications sont absolument conformes aux miennes.

Enfin, comme dernière vérification, je me suis adressé à l'administration des bateaux à vapeur, et j'ai pu, grâce aux rapports des différents bateaux, avoir l'état du temps dans les diverses régions du lac. D'après ces rapports, le 24 juillet et le 19 août il faisait beau temps, le 8 décembre pluie et vent du S.-O.

De cette manière, les dénivellations qui semblaient anormales d'après les observations de Genève sont parfaitement excusées, et je n'ai plus une seule exception inquiétante à ma loi dans les 146 jours d'observation que je critique <sup>2</sup>.

Pour mieux nous rendre compte des allures de ces dénivellations, je vais étudier plus en détail un cas spécial.

Je prendrai pour exemple la violente bise qui a commencé à souffler dans l'après-midi du 19 décembre 1877 ; je l'étudie-

<sup>1</sup> Mes facteurs de l'intensité des vents sont un peu plus forts que ceux de l'Observatoire de Genève ; j'atteins les facteurs IV et V plusieurs fois par année.

<sup>2</sup> J'ai eu, grâce à une obligeante communication de M. E. Plantamour, les observations faites à Genève pendant les trois jours en question, toutes les deux heures, de 6 h. du matin à 10 h. du soir. Ces observations montrent qu'il régnait alors à Genève une grande irrégularité dans la force et la direction des vents. Il est probable que ces coups de vent locaux ne peuvent avoir une grande influence pour les dénivellements que nous étudions ici.



rai heure par heure en donnant dans le tableau suivant la hauteur du lac  $h$  à Morges, la hauteur du lac à Sécheron, la valeur  $d$  différence des deux hauteurs, et l'intensité de la bise  $V$  appréciée d'après les vibrations dessinées sur le tracé de l'enregistreur de Sécheron.

Tableau XII.

Dénivellations du lac Léman. Bise des 19-20 décembre 1877.

Date.	Heures.	$h$ Morges.	$h$ Sécher.	$d$	V	Date.	Heures.	$h$ Morges.	$h$ Sécher.	$d$	V
		m	m	mm				m	m	mm	
19 déc.	12	1,412	1,421	— 9	$\frac{1}{2}$	20 déc.	8	1,376	1,501	— 125	4
	13	11	22	— 11			9	77	1,497	— 120	
	14	08	27	— 19			10	80	87	— 107	
	15	06	29	— 23			11	87	81	— 94	
	16	04	35	— 31	1		12	89	80	— 91	
	17	03	37	— 34			13	88	71	— 83	
	18	08	32	— 24			14	88	55	— 67	
	19	06	29	— 23			15	89	47	— 58	
	20	00	33	— 33			16	89	42	— 53	3
	21	1,397	42	— 45	2		17	91	35	— 48	
	22	1,403	49	— 46			18	92	29	— 37	
	23	1,397	47	— 50			19	91	21	— 30	
20 déc.	0	95	51	— 56	3		20	91	16	— 25	2
	1	94	49	— 55			21	91	17	— 26	
	2	86	55	— 69			22	89	15	— 26	
	3	83	63	— 80			23	89	13	— 24	
	4	86	70	— 84		21 déc.	0	89	12	— 23	
	5	86	73	— 87			1	89	14	— 25	1
	6	83	83	— 100			2	88	14	— 26	
	7	81	97	— 116	4		3	88	13	— 25	

Pendant ces jours, le baromètre était très haut, de 6 à 8 millimètres au-dessus de la normale. Voici d'après les observations de Genève la hauteur moyenne des 24 heures, rapportée à la normale :

Le 19 décembre, + 7<sup>mm</sup> 49.

20 » + 6<sup>mm</sup> 72.

21 » + 8<sup>mm</sup> 52.

Cet exemple donne une très bonne idée des allures des dénivellations continues du lac. Il montre les eaux s'élevant assez régulièrement à Genève sous l'influence de l'augmentation d'intensité de la bise<sup>1</sup> : du 19 décembre à 12 h. au 20 à 8 h., soit en 20 heures, le lac s'est élevé dans cette station de 80<sup>mm</sup>, soit en moyenne de 4<sup>mm</sup> par heure. Pendant ce temps l'eau s'abaissait à Morges, mais de 36<sup>mm</sup> seulement, un peu moins de 2<sup>mm</sup> par heure. La dénivellation est ainsi beaucoup plus intense, de plus du double, au fond du golfe long et étroit de Genève, qu'à Morges, où le lac a sa plus grande largeur.

Au moment où la dénivellation est à son maximum, 20 décembre, à 8 h., la différence de niveau entre les deux stations est de 125<sup>mm</sup>. C'est la plus forte dénivellation que j'aie jusqu'à présent constatée directement.

A partir du moment du maximum, la dénivellation diminue rapidement d'intensité, pour arriver le 20 décembre à 20 h., à un état à peu près stationnaire, où  $d = - 25^{\text{mm}}$  seulement. A ce moment, la bise était d'intensité modérée.

Les conclusions que je tire de ces faits et observations peuvent se formuler comme suit :

1° Les dénivellations temporaires continues du lac existent ; elles sont faciles à constater entre les limnimètres de Morges et de Genève ; entre ces deux ports leur valeur maximale peut atteindre au moins 125 millimètres.

2° Elles sont dues à l'action du vent, qui déprime l'eau dans la région d'où il vient et l'élève dans la région vers laquelle il souffle.

Si nous faisons attention au fait que toute dénivellation qui élève l'eau vers la sortie d'un lac augmente temporairement le débit de l'émissaire, et par conséquent tend à abaisser le niveau moyen, étant donnés les rapports d'écoulement entre les affluents et l'effluent du lac, et que toute dénivellation en sens contraire a un effet opposé, cela nous amène aux résul-

<sup>1</sup> Ces variations d'intensité de la bise sont confirmées par les notes de M. Ch. Dufour.



tats suivants pour le lac Léman dont l'émissaire à Genève est dans la direction du S.-O.

a) Les vents du N. et N.-E. en augmentant le débit du Rhône de Genève tendent à abaisser le niveau moyen du lac.

b) Les vents du S. et S.-O. en abaissant localement le niveau à Genève, diminuent le débit de l'émissaire et tendent à élever le niveau moyen de l'eau.

Sur notre lac cette action tend donc à s'additionner à l'effet général des vents du Nord qui sont normalement secs et font tarir les affluents, et à celui des vents du Sud, en général accompagnés de pluie et de crue des fleuves et torrents.

Sur un lac dont l'émissaire serait orienté en sens inverse, comme les lacs de Neuchâtel et de Bienne, par exemple, ces deux ordres d'actions auraient des effets opposés.

Si j'ai insisté sur ces faits, c'est qu'ils sont d'un intérêt général; qu'ils se retrouvent sur tous les lacs et toutes les mers; qu'ils ne sont pas partout dans d'aussi heureuses conditions d'observation que sur notre lac; qu'ils peuvent enfin acquérir un intérêt pratique dans certaines hautes marées équinoxiales de l'océan, où des dénivellations analogues à celles que nous venons d'étudier augmentent considérablement la hauteur de l'eau et par suite les ravages et les désastres; que par conséquent ils méritent d'être étudiés avec attention.

## § XX. — Variations de la pente de la sortie du lac.

Au § IV (I<sup>re</sup> série, p. 48), en étudiant la pente de la sortie du lac, je suis arrivé à la conclusion qu'elle avait varié; j'ai reconnu par la comparaison des observations de Vevey et de Genève que la différence très notable qu'on peut constater entre la hauteur de l'eau dans le lac lui-même et dans le port de Genève (limnimètre du Grand-Quai, limnimètre du Jardin-Anglais) et que j'ai appelée la pente de la sortie du lac, était

non-seulement variable avec les différentes hauteurs du lac, mais qu'elle avait varié d'année en année; j'ai reconnu :

Que de 1851 à 1855 cette pente était sensiblement plus faible qu'elle ne l'est actuellement ;

Que vers 1854 et 1855 cette pente a été considérablement exagérée et a dépassé notablement celle que nous connaissons actuellement ;

Que de 1855 à 1875 elle a été progressivement en décroissant.

J'ai attribué à la construction des jetées du port de Genève le changement important qui a eu lieu à ce point de vue dans le régime du lac vers l'année 1855.

Je puis aujourd'hui confirmer quelques-unes de ces déductions par de nouvelles comparaisons.

J'utiliserai les observations du limnimètre de Rolle des années 1846 à 1850. Je prends les moyennes mensuelles de ces lectures et leur applique, pour les ramener au limnimètre normal, la correction — 0<sup>m</sup>482, d'après les documents du bureau des Ponts-et-chaussées du canton de Vaud. Je compare ensuite les valeurs ainsi obtenues avec les moyennes mensuelles du limnimètre de Genève, d'après le tableau de M. E. Plantamour <sup>1</sup>, et je fais la différence de ces deux séries de chiffres.

$$h \text{ Rolle} - h \text{ Genève} = d$$

Ainsi par exemple :

$$\begin{aligned} \text{Janvier 1846 } h \text{ Rolle} &= 1^{\text{m}}033 \\ h \text{ Genève} &= 1^{\text{m}}064 \\ d &= - 31^{\text{mm}} \end{aligned}$$

Je donne dans le tableau XIII la valeur mensuelle de  $d$  pour ces 5 années, à savoir la pente indiquée par les observations que je viens de citer entre les deux stations.

<sup>1</sup> E. Plantamour. Notice sur la hauteur des eaux du lac de Genève, Genève 1874, p. 20.

## Tableau XIII.

$d$  soit pente du lac entre Rolle et Genève.

	1846	1847	1848	1849	1 850	Moy. de $d$
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Janvier	— 31	— 8	— 39	— 17	— 35	— 26
Février	— 52	— 38	— 11	— 45	— 42	— 38
Mars	— 47	— 54	— 50	— 59	— 57	— 53
Avril	— 71	— 48	— 52	— 78	— 60	— 62
Mai	— 86	— 54	— 80	— 92	— 103	— 83
Juin	— 92	— 83	— 75	— 92	— 75	— 87
Juillet	— 112	— 86	— 84	— 79	— 83	— 89
Août	— 75	— 84	— 76	— 78	— 74	— 77
Septembre	— 60	— 57	— 67	— 59	— 96	— 68
Octobre	— 58	— 61	— 56	— 58	— 68	— 60
Novembre	— 51	— 83	— 63	— 21	— 78	— 59
Décembre	+ 1	— 37	— 51	— 28	— 19	— 27

En étudiant ce tableau je remarque que toutes les valeurs de  $d$  sont négatives, ce qui signifierait que la pente serait renversée, l'eau étant plus élevée dans le port de Genève qu'à Rolle. Cela est absurde; il y a donc une erreur.

Pouvons-nous corriger cette erreur en modifiant l'équation des limnimètres, soit en diminuant la correction positive du limnimètre de Genève, soit plutôt en diminuant la correction négative du limnimètre de Rolle dont l'équation a été étudiée avec moins de soin? Cela ne suffirait pas à rétablir le parallélisme entre les deux séries d'observations. En effet, dans ces valeurs négatives de  $d$  il y a quelque chose de très frappant, c'est la variation de ces valeurs qui suit une loi évidente, très manifeste surtout dans la colonne des moyennes; la différence est notablement plus forte dans les mois d'été que dans les mois d'hiver; elle s'élève de  $-26^{\text{mm}}$  en janvier, à  $-89^{\text{mm}}$  en juillet. Cela signifierait que la pente en sens inverse, la pente négative, serait plus forte en été qu'en hiver; que l'accroisse-

ment estival de hauteur des eaux serait plus intense dans le port de Genève que dans le lac lui-même. Cela est absurde. Car c'est en sens inverse qu'ont lieu réellement les variations; en été par les hautes eaux, la pente positive s'accroît, les eaux s'élèvent plus rapidement et plus haut dans le lac que dans le port de Genève; la pente de la sortie du lac est plus accentuée en été qu'en hiver.

Avant d'aller plus loin, je me suis demandé si les irrégularités que je viens de constater ne tiendraient pas au limnimètre de Rolle, appareil à flotteur qui, vers l'année 1853, s'est dérangé et a donné des séries tout à fait fautives d'observations. L'appareil pourrait avoir été déjà pendant la période qui nous occupe, 1846-1850, insuffisamment mobile, la graduation pourrait avoir été incorrecte; le limnimètre à flotteur pourrait encore avoir été trop sensible aux variations de température, et la sphère du flotteur s'être trop enfoncée dans l'eau plus chaude et par conséquent moins dense de l'été, pas assez enfoncée dans l'eau plus dense de l'hiver. Pour vérifier si les irrégularités entre les séries d'observations de Genève et de Rolle tenaient au limnimètre de Rolle, j'avais un moyen bien simple et je l'ai employé en faisant le même travail sur les observations d'un autre limnimètre, celui d'Ouchy. Cette comparaison m'a donné un résultat presque identique; voici pour les cinq années 1846 à 1850, les moyennes de  $d$  entre le limnimètre d'Ouchy auquel j'applique la correction  $-0^m308$  donnée dans les notes du bureau vaudois des Ponts-et-chaussées, et le limnimètre du Grand-Quai de Genève d'après les moyennes de M. E. Plantamour :

1846-50.	Moyenné de $d$	1846-50.	Moyenne de $d$
Janvier . . . . .	— 33 <sup>mm</sup>	Juillet . . . . .	— 92 <sup>mm</sup>
Février . . . . .	— 36	Août . . . . .	— 82
Mars . . . . .	— 67	Septembre . . . . .	— 68
Avril . . . . .	— 60	Octobre . . . . .	— 47
Mai . . . . .	— 85	Novembre . . . . .	— 55
Juin . . . . .	— 96	Décembre . . . . .	— 25

Les variations de  $d$  présentent le même caractère que nous avons vu en comparant les séries Rolle et Genève; elles sont toutes négatives et beaucoup plus fortes dans les mois d'été que dans les mois d'hiver. La cause de l'anomalie ne réside donc pas dans le limnimètre de Rolle.

Il y a donc une erreur fondamentale. Quelle est-elle?

Je crois la trouver dans une correction apportée aux observations de Genève pour rendre comparables les lectures faites avant 1862 au limnimètre du Grand-Quai à celles faites depuis 1867 au limnimètre actuel du Jardin-Anglais. Lorsqu'il s'est agi de comparer les observations faites aux différents limnimètres qui se sont succédé dans le port de Genève, M. Plantamour a reconnu qu'il y avait une pente sensible de l'un à l'autre, qu'il y avait entr'autres une pente appréciable entre le nouveau limnimètre du Jardin-Anglais et celui qui avait été provisoirement établi de 1862 à 1867 à l'angle S.-E. de l'île Rousseau; il a reconnu que cette pente était variable et il a, dans le tableau de la page 13 de sa notice, déterminé pour chaque mois, d'après les observations des années 1864 à 1867, la correction à appliquer aux lectures du limnimètre de l'île Rousseau pour les transformer en hauteurs du limnimètre du Jardin-Anglais; il a enfin constaté que l'ancien limnimètre du Grand-Quai était, au point de vue du courant, dans des conditions très analogues à celles du limnimètre de l'île Rousseau. D'après cela, pour comparer le limnimètre du Grand-Quai à celui du Jardin-Anglais, il a appliqué aux lectures du premier la correction variable qu'il avait trouvée valable pour le limnimètre de l'île Rousseau.

Les chiffres du tableau de la page 20 de la notice Plantamour, qui représentent les moyennes mensuelles et annuelles de la hauteur du lac dans le port de Genève, sont donc pour les années 1846 à 1850, qui nous occupent, calculés de la manière suivante : la lecture faite au limnimètre du Grand-Quai reçoit la correction fixe de l'équation du limnimètre ( $+0^m225$ ), puis la correction variable avec le mois de l'année qui doit supprimer l'effet de la pente de l'eau dans l'intérieur du port



et rendre la lecture comparable à celle faite au limnimètre du Jardin-Anglais.

Mais cette opération suppose que la pente de l'eau observée de 1864 à 1867 existait déjà de 1846 à 1850 et avait alors la même intensité qu'à présent. Or, nous avons vu dans une étude précédente (§ IV, I<sup>re</sup> série) que cette pente de la sortie du lac avait varié, qu'en particulier avant 1853 elle était beaucoup plus faible qu'actuellement et était presque nulle.

Appliquons cette donnée à la comparaison qui nous occupe. Enlevons la valeur de la correction variable appliquée aux chiffres du limnimètre du Grand-Quai de Genève, rétablissons la valeur primitive des observations faites dans le port de Genève avant la correction. Cela revient à diminuer les moyennes mensuelles de Genève de 32<sup>mm</sup> pour les observations de janvier, 45<sup>mm</sup> pour celles de février, etc.

Si nous faisons cette opération, les valeurs  $d$  de notre tableau XIII se transforment comme suit : dans la première colonne je donne la valeur  $d$  obtenue au tableau XIII en faisant la différence entre les moyennes de Rolle et celles de Genève d'après les calculs de M. Plantamour ; dans la seconde colonne je donne la valeur C de la correction appliquée aux observations du limnimètre du Grand-Quai pour les rendre comparables à celles du limnimètre du Jardin-Anglais ; dans la troisième colonne je donne la valeur de  $d$  modifiée en supprimant la correction C.

1846-1850	$d$ (tableau XIII)	C.	$d$ modifié.
	mm	mm	mm
Janvier . . .	— 26	+ 32	+ 6
Février . . .	— 38	+ 45	+ 7
Mars . . .	— 53	+ 61	+ 8
Avril . . .	— 62	+ 69	+ 7
Mai . . .	— 83	+ 76	— 7
Juin . . .	— 87	+ 85	— 2
Juillet . . .	— 89	+ 88	— 1
Août . . .	— 77	+ 81	+ 4
Septembre . .	— 68	+ 75	+ 7
Octobre . . .	— 60	+ 72	+ 12
Novembre . .	— 59	+ 60	+ 1
Décembre . .	— 27	+ 40	+ 13

La valeur  $d$  modifiée de la troisième colonne représente donc la différence entre les moyennes mensuelles de Rolle et du limnimètre du Grand-Quai, ces moyennes n'ayant pas reçu d'autre correction que celle de l'équation des instruments. Ces valeurs ont repris des grandeurs et des signes normaux ; leur moyenne donne une pente de  $+4^{\text{mm}}$ , pente positive cette fois-ci et non inverse comme dans le tableau précédent ; les écarts de ces valeurs restent aussi dans les limites d'exactitude d'observations de cette nature.

Il y a bien encore certaines variations dans la valeur de  $d$  qui, au lieu d'être plus forte dans la saison des hautes eaux que dans celle des basses eaux, reste négative en été et est positive en hiver ; je ne sais à quoi attribuer cette erreur. Mais je constate que l'écart, qui était dans mon tableau XIII de  $63^{\text{mm}}$  entre les extrêmes de  $d$ , a été réduit à  $20^{\text{mm}}$  ; que par conséquent si je n'ai pas entièrement corrigé l'erreur qui séparait les deux séries de chiffres, tout au moins en ai-je atténué l'importance.

Je crois donc être suffisamment fondé à conclure qu'il n'y a pas lieu, pour la période 1846 à 1850, d'appliquer aux lectures du limnimètre du Grand-Quai la même correction qui était nécessaire de 1864 à 1867 ; que par conséquent avant 1850 la pente dans l'intérieur du port était moins forte qu'elle l'est depuis 1864 ; qu'elle était nulle ou presque nulle.

Si je remonte dans l'histoire du port de Genève, je trouve qu'entre ces deux périodes est intervenu un événement important, qui, d'après d'autres considérations, a causé une aggravation considérable de la pente de la sortie du lac, à savoir la construction des jetées du port de Genève. Je suis donc confirmé dans les conclusions tirées précédemment qui attribuent à ces jetées la pente de la sortie du lac, pente variable, et dont la valeur peut atteindre, aux hautes eaux, 8 à 9 centimètres.

Je suis encouragé dans cette opinion par un fait qui, dès le début de ces études, m'a d'abord beaucoup inquiété, et qui



corrobore entièrement les résultats auxquels j'arrive actuellement.

M. le colonel F. Burnier a présenté à la Société vaudoise des sciences naturelles, réunie à Morges le 22 juin 1854, un travail de comparaison sur les limnimètres du lac d'après les observations des années 1843 à 1853<sup>1</sup>. Il a comparé entr'autres les divers limnimètres du lac, ceux de Vevey, Ouchy, Morges, Rolle, Nyon et Coppet avec celui de Genève (Grand-Quai), et a déterminé l'équation de ces appareils. Il a « supposé que la surface du lac était en moyenne de niveau; il a choisi des périodes de dix jours consécutifs dans les conditions les plus favorables à cette supposition<sup>2</sup>. La moyenne du limnimètre de Genève donnait la cote moyenne du lac pour les dix jours; enfin les moyennes de ces mêmes dix jours à chaque limnimètre, comparées à cette cote, donnaient les corrections cherchées. Il a fait huit ou dix comparaisons semblables par année, puis la moyenne de chaque année, et enfin la moyenne de ces moyennes. »

Or, en faisant ce travail, M. Burnier n'a pas remarqué traces de différences dans la correction entre les mois d'été et les mois d'hiver; rien n'est venu l'arrêter dans sa supposition que « le lac est en moyenne de niveau. » Non-seulement il n'en parle pas dans son mémoire, mais il a pu me le répéter

<sup>1</sup> *F. Burnier*. Sur les limnimètres du lac Léman. Bull. Soc. vaud. sc. nat. IV, 149.

<sup>2</sup> J'ai retrouvé dans les carnets d'observations limnimétriques, conservés au bureau des Ponts-et-Chaussées de Lausanne, les traces de ces calculs, et j'ai vu que les séries de dix jours qui avaient servi aux comparaisons de M. Burnier étaient toujours des périodes de grand calme, avec un lac presque immobile, sans variations considérables de hauteur du commencement à la fin de la série.

Ces périodes de grand calme et de lac sans variation de hauteur étant plus fréquentes en hiver qu'en été, on aurait pu craindre que M. Burnier n'ait été entraîné à prendre ses périodes de comparaison seulement dans la saison des basses eaux. Mais il n'a pas commis cette faute et j'ai constaté que ses séries de 10 jours étaient très régulièrement distribuées dans les diverses saisons de l'année. Voici, par exemple, les mois où j'ai retrouvé des traces de ses calculs pendant l'année 1846 : janvier, avril, mai, juillet, août, octobre et novembre.

directement et lorsque je lui ai communiqué mes recherches sur la pente du lac, il a été fort étonné du résultat auquel j'arrivais. Est-il possible d'admettre qu'une différence que nous avons vu varier de 1 à 9 centimètres, et qui saute aux yeux dès les premiers calculs, ait échappé à un travail consciencieux d'un observateur expert et compétent ? Est-il admissible que si la pente que nous constatons aujourd'hui avait existé avec la même intensité et les mêmes caractères de variabilité de 1843 à 1853, elle ne se soit pas révélée aux calculs de M. Burnier ? Il est évident pour moi que la chose n'est pas possible et que si M. Burnier n'a pas été troublé par cette pente variable, c'est que cette pente n'existait pas, ou du moins qu'elle était très faible et presque nulle.

Cette pente était-elle nulle ? Non. Elle existait et devait même avoir une certaine valeur. En effet, le courant du Rhône était, comme chacun s'en souvient, déjà assez sensible, autrefois comme aujourd'hui, sur le banc du Travers, et il y avait un courant très visible entre les rangées des pilotis des estacades de l'ancien port. Ce courant était la preuve indiscutable d'une pente appréciable.

Quelle était la valeur de cette pente ? Je ne puis me hasarder à la donner, n'ayant pas encore trouvé les éléments du calcul nécessaire pour la déterminer. Tout ce que je puis dire, c'est qu'elle était certainement beaucoup plus faible qu'aujourd'hui et qu'elle restait probablement dans les limites des écarts et des erreurs des observations limnimétriques ordinaires ; qu'elle ne peut, par conséquent, pas être trouvée par la comparaison directe des observations limnimétriques du lac.

Je conclurai enfin de l'étude comparative que je viens de faire des observations Genève-Rolle, 1846-1850, qu'il y a probablement lieu, pour obtenir la hauteur absolue du lac, si l'on veut, pour les années antérieures à 1853, utiliser les moyennes mensuelles et annuelles de la hauteur du port de Genève calculées par M. E. Plantamour, de leur appliquer une correction.

Il faudrait retrancher des moyennes mensuelles la correction variable C du tableau de la page 13 de la notice de M. Plantamour (voir deuxième colonne du tableau de la page 16 de ce paragraphe), et retrancher des moyennes annuelles la valeur de 65<sup>mm</sup>, moyenne des corrections mensuelles C. Il faudrait enfin remplacer ces corrections évidemment trop fortes par une correction beaucoup plus faible qui n'est pas encore déterminée.

En combinant cette conclusion avec celles que j'ai déjà tirées dans mes recherches précédentes (§§ II et IV, I<sup>re</sup> série), je résumerai ces études en disant que si l'on veut utiliser les observations du port de Genève et les moyennes calculées par M. E. Plantamour pour en tirer les hauteurs absolues du lac lui-même dans les années écoulées (et l'on n'a jusqu'à présent rien de meilleur et aucune série dont les corrections aient été étudiées avec plus de soin, plus d'attention et plus de précision), il y a lieu d'apporter à ces moyennes les corrections suivantes :

a) Avant 1853, retrancher des moyennes mensuelles de Genève une valeur variable suivant le mois de l'année que j'estime approximativement de 2 à 6 centimètres, ou retrancher des moyennes annuelles une valeur fixe de 4 centimètres<sup>1</sup>.

b) Après 1855, ajouter aux moyennes mensuelles du port de Genève une valeur variable d'au moins 1 centimètre en hiver et 10 centimètres en été (voir mon tableau I, § IV, I<sup>re</sup> série).

c) Cette dernière correction devait avoir une valeur notablement plus forte, de près du double, dans les années qui ont suivi la construction des jetées du port de Genève.

<sup>1</sup> J'arrive à ces chiffres de la manière suivante : la correction C, qui a été ajoutée aux observations du limnimètre du Grand-Quai pour supprimer l'effet de la pente dans l'intérieur du port, supposée exister avant 1853 comme dans la période 1864-1867, a une valeur de 32 à 88<sup>mm</sup> suivant le mois, ou une valeur annuelle de 65<sup>mm</sup>; je retranche cette valeur et je la remplace par une valeur de 2 centimètres, valeur à laquelle j'estime approximativement, sans pouvoir justifier autrement cette évaluation, la pente réelle, variable aussi, cela va sans dire, qui existait entre le lac lui-même et le limnimètre du Grand-Quai.

## § XXI. — Limnimétrie de l'année 1877.

Je donne dans le tableau XVI et dans la planche IV les hauteurs journalières (*h*) et la courbe du niveau du lac pendant les 365 jours de l'année 1877. Les valeurs ont été mesurées d'après les tracés du limnimètre enregistreur de Morges, à l'exception de 39 jours, du 18 octobre au 25 novembre, pendant lesquels mon appareil ne fonctionnant plus, par suite de la baisse des eaux, je me suis adressé aux indications données par le limnimètre de M. Ph. Plantamour, à Sécheron près Genève.

De l'étude de ces valeurs je tire les remarques et observations suivantes :

*A. Etude générale de la courbe.* Si dans la planche IV j'étudie la courbe limnimétrique de l'année 1877, et si je la compare à la ligne normale NN, calculée d'après les moyennes mensuelles de 25 années (1851-1875), je vois la courbe commencer en janvier par être très sensiblement élevée au-dessus de la normale, 35 centimètres environ. Les beaux jours de janvier la font descendre jusqu'au 12 février et un premier minimum d'hiver est atteint avec la cote 1<sup>m</sup>.320. De grandes pluies font remonter le lac, qui atteint 1<sup>m</sup>.560 le 22 février. Puis viennent les froids du mois de mars, qui font redescendre l'eau le 29 mars à la même cote de 1<sup>m</sup>.320 déjà atteinte en février. La fonte des neiges basses et les premières pluies du printemps relèvent un peu le lac pendant le mois d'avril. Puis les fortes pluies du commencement de mai le font subitement remonter, du 4 au 20 mai, de 1<sup>m</sup>.456 à 1<sup>m</sup>.784. Vient ensuite une courte période de décrue qui ramène le lac à 1<sup>m</sup>.711 le 29 mai.

A ce moment commence la grande crue de l'été, qui se fait avec une intensité sans exemple depuis l'année 1846. Le 29 mai le lac était à 1<sup>m</sup>.711, le 19 juin il atteignait 2<sup>m</sup>.653,



ayant ainsi monté en 21 jours de 0<sup>m</sup>.942, soit de 45<sup>mm</sup> par jour.

A partir du 19 juin, le lac s'est maintenu à la hauteur des eaux d'inondation en présentant une série de maximums de plus en plus élevés <sup>1</sup>.

	m.	
Le 25 juin	2.718.	
4 juillet	2.717.	
8 »	2.741.	
18 »	2.744.	
21 »	2.746.	
26 »	2.761.	

Le maximum de l'année a été le 26 juillet par 2<sup>m</sup>.761 ; le lac s'est mis à décroître avec une assez grande vitesse, tellement que le 19 août il était revenu à 2<sup>m</sup>.403.

Mais à ce moment sont survenues les pluies diluviennes qui ont fait grossir le Rhône, comme on ne l'avait pas vu en Valais depuis 1818. Elles ont jeté dans le lac quelque 200 mil-

<sup>1</sup> Ce fait est intéressant, car ces allures du lac Léman ont à cette occasion différé absolument de celles des autres lacs alpins. Comme le lac Léman, les autres lacs du nord des Alpes (lacs de Brienz, de Thun, lac des Quatre-Cantons, lac de Walenstadt, lac de Constanx), sous l'influence du Föhn et de grandes fontes de neiges, avaient eu une crue rapide et très intense au commencement de juin. Mais les circonstances de l'été étant redevenues normales, ils n'ont pas tardé à décroître, et du 15 au 25 juin, ils se sont tous mis en baisse rapide, de telle manière que les orages du commencement de juillet qui faisaient gonfler les affluents relevaient bien un peu le niveau de ces lacs, mais d'une manière peu dangereuse et peu inquiétante. Il en a été autrement pour notre lac. Au lieu de descendre rapidement dès le 25 juin, il s'est bien mis à baisser, mais très lentement, et lorsque les orages des premiers jours de juillet sont survenus, il n'était pas assez bas pour emmagasiner le supplément d'eau qui arrivait ; il a donc présenté un second maximum le 4 juillet, puis un troisième le 8, et ainsi de suite. Entre ces différentes crues le lac n'avait pas le temps de se vider, et le maximum suivant dépassait toujours le précédent.

De là la série de maximums qui ont fait de ces hautes eaux de 1877 une inondation désastreuse et fatale aussi bien par la hauteur atteinte par les eaux que par la durée de l'inondation.

Je vois là une des preuves les plus convaincantes de l'insuffisance notoire des débouchés du lac à son écoulement dans le Rhône.

lions de mètres cubes d'eau et ont fait remonter son niveau à 2<sup>m</sup>.622, le 27 août <sup>1</sup>.

A partir de ce moment, la grande décrue de l'automne s'est précipitée avec une rapidité énorme : le 27. septembre la courbe est descendue en dessous de la ligne des normales NN, et le 25-28 octobre, des minimums de 1<sup>m</sup>.218 ont été atteints.

A la fin de novembre, les pluies de l'hiver ont fait remonter le lac à 1<sup>m</sup>.446 (10 décembre) et depuis lors il s'est maintenu à cette hauteur assez supérieure à la ligne normale.

Si, reprenant en arrière l'automne 1876, je cherche les époques des maximums et des minimums, je les établirai comme suit en tenant compte des deux anomalies de retour de froid à la fin de mars et de pluies diluviennes vers le 20 août.

		m.
Minimum d'automne 1876,	11 novembre	1.287.
Maximum » »	11 décembre	1.535.
1 <sup>er</sup> minimum d'hiver 1877,	12 février	1.320.
1 <sup>er</sup> maximum de printemps,	22 »	1.560.
2 <sup>me</sup> minimum d'hiver,	29 mars	1.320.
2 <sup>me</sup> maximum de printemps,	20 mai	1.784.
Minimum »	29 »	1.711.
1 <sup>er</sup> maximum d'été,	25 juillet	2.761.
1 <sup>er</sup> minimum d'automne,	19 août	2.403.
2 <sup>me</sup> maximum d'été,	27 »	2.622.
2 <sup>me</sup> minimum d'automne,	25-28 octobre	1.218.
Maximum d'automne,	10 décembre	1.446.

D'après les circonstances météorologiques de l'année, j'estime pour cette année 1877 :

Le commencement de la grande crue d'été . 30 mai.

La fin » » » . 28 juillet.

<sup>1</sup> Si ces orages étaient survenus au mois de juillet alors que les eaux dépassaient 2<sup>m</sup>.7, nous aurions eu à enregistrer une inondation qui aurait laissé bien loin derrière elle celles de 1816, 1817 et même 1792.

Le lac a été au-dessous de la normale (des 25 dernières années) pendant 58 jours, à savoir :

Septembre. . . . 3 jours.  
 Octobre. . . . 31 »  
 Novembre. . . . 24 »

Pendant le reste de l'année, soit 307 jours, il a été plus élevé que la hauteur normale.

B. *Moyennes mensuelles.* Je donne dans la 1<sup>re</sup> colonne du tableau XIV les moyennes mensuelles de l'année 1877; dans la 2<sup>me</sup> colonne, la moyenne normale calculée d'après les vingt-cinq années 1851-1875; enfin dans la 3<sup>me</sup> colonne la différence en plus ou en moins des chiffres des deux premières colonnes.

## Tableau XIV.

Moyennes mensuelles de l'année 1877.

	1877	Normale 1851-1875	Différence
	m.	m.	mm
Janvier . . .	1.452	1.076	+ 376
Février . . .	1.446	1.062	+ 384
Mars . . . .	1.392	1.047	+ 345
Avril . . . .	1.437	1.154	+ 283
Mai . . . . .	1.660	1.328	+ 332
Juin . . . . .	2.437	1.700	+ 737
Juillet . . . .	2.716	2.064	+ 652
Août . . . . .	2.534	2.205	+ 329
Septembre. .	2.178	1.943	+ 235
Octobre. . .	1.357	1.525	— 168
Novembre . .	1.255	1.297	— 42
Décembre . .	1.404	1.213	+ 191

D'après ces chiffres, le lac a été au-dessus de la normale pendant tous les mois de l'année, sauf en octobre et en no-



vembre. C'est au mois de juin que l'écart a été le plus fort, par 737 millimètres. Sous ce rapport, on peut pour l'année 1877 établir comme suit la série des mois, en les ordonnant d'après leur hauteur relative au-dessus de la moyenne : juin, juillet, février, janvier, mars, mai, août, avril, septembre, décembre, novembre et octobre.

C. *Moyenne annuelle.* En prenant la moyenne arithmétique des douze moyennes mensuelles, je trouve pour l'année 1877 une hauteur moyenne de 1<sup>m</sup>.772.

Ce chiffre est de 304<sup>mm</sup> supérieur à la moyenne des 25 années 1851-1875 (1<sup>m</sup>.468).

Ce chiffre est de 100<sup>mm</sup> plus élevé que la moyenne de l'année précédente 1876.

Dans les 26 dernières années 1851-1876, une seule année est supérieure à 1877 au point de vue de la moyenne annuelle, c'est 1867, qui a atteint une hauteur moyenne de 1<sup>m</sup>.777. Les 25 autres années lui sont inférieures.

D. *Maximum et minimum absolus.* Le minimum de l'année a été atteint le 9 novembre 1877 par 1<sup>m</sup>.211.

Mais si je tiens compte de ce que les mois d'automne appartiennent à la période des basses eaux de l'année suivante, dans le cas actuel à l'hiver 1877-1878, je dois chercher le minimum de l'année dans l'hiver qui a précédé la crue estivale de 1877.

Je trouve pour minimum dans l'année 1877 le 12 février et le 29 mars par 1<sup>m</sup>.320.

Mais si je fais rentrer, comme je le dois, les derniers mois de 1876 dans la période des basses eaux 1876-1877, je trouve comme minimum dans ces basses eaux le 11 novembre 1876, 1<sup>m</sup>.287.

Le minimum de l'année 1877 doit donc être fixé au 11 novembre 1876 par . . . . . 1<sup>m</sup>.287.

Le maximum de l'année 1877 a eu lieu le 26 juillet  
par . . . . . 2<sup>m</sup>.761.

Différence entre les extrêmes . . . . . 1<sup>m</sup>.474,

ce qui représente un excès de l'entrée sur la sortie de 852 millions de mètres cubes.

Entre le maximum de l'été de 1876 . . . . . 2<sup>m</sup>.661,  
et le minimum de l'hiver 1876-1877 . . . . . 1<sup>m</sup>.287,  
il y a une différence de . . . . . 1<sup>m</sup>.374,  
représentant un excès de la sortie sur l'entrée de 794 millions de mètres cubes.

En utilisant les chiffres de l'année précédente, j'ai :  
du min. d'hiv. au max. d'été 1876 excès d'entrée 991 mil. de m. c.  
du max. d'été au min. d'hiv. 1877 » de sortie 794 »  
du min. d'hiv. au max. d'été 1877 » d'entrée 852 »

D'après les chiffres de M. E. Plantamour, les dates moyennes seraient :

Pour le minimum . . . 22 février.

Pour le maximum. . . 3 août.

Cette année, le minimum ayant eu lieu le 11 novembre, est donc en avance de 101 jours; le maximum ayant eu lieu le 26 juillet est en avance de 8 jours.

Dans les 26 dernières années, le maximum de 2<sup>m</sup>.761 n'a jamais été dépassé.

Dans les années précédentes, toutes réserves étant faites sur l'exactitude des anciennes cotes, il a été dépassé :

		m.
En 1792,	avec la cote,	2.95.
Le 16 juillet 1817,	»	2.93.
Le 26 août 1816,	»	2.90.
Le 17 juillet 1846,	»	2.795.

Le maximum de 1877 est de 419 millimètres plus élevé que la moyenne des maximums de la période 1851-1875 (1<sup>m</sup>.342).

Le minimum absolu de 1876-1877, soit 1<sup>m</sup>.287, est de 371<sup>mm</sup> plus élevé que la cote 0<sup>m</sup>.916, moyenne des minimums de 1851-1875.

Dans les 26 dernières années le minimum n'a jamais été aussi élevé; l'année 1867 qui s'en rapproche le plus a eu pour minimum 1<sup>m</sup>.275.

E. *Durée des hautes eaux.* Les hautes eaux ont été non-seulement exceptionnellement élevées, elles ont duré exceptionnellement longtemps. L'année dernière déjà, j'avais constaté que la durée de l'inondation avait dépassé tout ce que nous avons eu dans les années précédentes. 1877 laisse sous ce rapport l'année 1876 bien en arrière.

Je donne dans le tableau suivant le nombre de jours pendant lequel dans les deux années 1876 à 1877 le lac a été au-dessus de la cote indiquée.

### Tableau XV.

Durée des très hautes eaux en 1876 et 1877.

Cote. m.	1876 Jours.	1877 Jours.	Cote. m.	1876 Jours.	1877 Jours.
2.76	—	1	2.66	1	43
2.75	—	1	2.65	1	44
2.74	—	9	2.64	5	45
2.73	—	13	2.63	12	46
2.72	—	16	2.62	15	48
2.71	—	20	2.61	21	49
2.70	—	24	2.60	30	54
2.69	—	28	2.55	48	62
2.68	—	32	2.50	53	1
2.67	—	38			

E. *Répartition proportionnelle des hauteurs d'eau.* Durant l'année 1877, le lac s'est maintenu dans le décimètre au-dessus de la cote indiquée, pendant :

Cote. m.	Jours.	Cote. m.	Jours.
2.7	24	1.9	5
2.6	30	1.8	3
2.5	17	1.7	20
2.4	16	1.6	5
2.3	8	1.5	30
2.2	6	1.4	84
2.1	4	1.3	67
2.0	6	1.2	40

Si je réunis ces chiffres par hauteur de 50 centimètres, je puis les comparer à la moyenne des six dernières années 1871-1876.

	Cotes.			Moyenne de 6 ans	1877	Différence.
	m.		m.	Jours.	Jours.	Jours.
Très hautes eaux .	2.5	à	3.0	19	71	+ 52
Hautes eaux. . .	2.0	à	2.5	73	40	— 33
Eaux moyennes .	1.5	à	2.0	105	63	— 42
Basses eaux. . .	1.0	à	1.5	142	191	+ 49
Très basses eaux .	0.5	à	1.0	26	0	— 26

Ce qui signifie qu'en 1877 le lac a été relativement pendant trop longtemps dans les très hautes eaux et dans les eaux basses et trop peu longtemps dans les eaux hautes, moyennes et très basses.



Tableau XVI

Année limnimétrique 1877. Observations de Morges (et de Sécheron [{}])

	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i> <i>mm</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i> <i>mm</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i> <i>mm</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i> <i>mm</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i> <i>mm</i>	<i>h</i> <i>m</i>	<i>d</i> <i>mm</i>
1	1.489		1.376		1.518		1.350		1.474		1.918		2.664		2.664	+17	2.587	—	1.659	—	1.239		1.419	+
2	1.503		75		05		57		68		78		76		43	0	76	5	29	8	36		28	—
3	08		73		1.496		58		62		2.009		93		39	—	63	—	1.599	+	33		28	—
4	09		72		85		67		56		31		2.717		10	—	10	—	83	+	28		30	—
5	08		66		95		92		70		57		05		2.578	—	2.493	—	43	—	28		28	—
6	07		57		81		98		87		2.419		13		62	—	44	—	19	—	21		30	—
7	04		48		75		1.407		1.515		83		39		47	—	15	—	64	—	17		27	—
8	00		41		59		10		30		2.229		41		35	—	2.389	—	1.487	—	13		39	—
9	1.497		34		41		15		49		66		28		30	—	90	—	42	—	11		41	—
10	92		28		17		18		61		2.306		08	9	37	+	71	—	21	—	20		46	+
11	91		22		05		49		68		41		2.697	+	18	—	54	+	00	—	38		43	+
12	88		20		1.390		60		1.609		79		73	—	2.492	—	18	—	1.389	+	38		40	+
13	81		44		74		61		85		2.420		69	—	75	—	2.282	—	70	+	56		40	+
14	79		1.418		73		63		1.721		67		80	—	59	—	61	—	52	—	70		35	+
15	75		69		68		62		52		2.501		23	—	57	—	30	—	38	—	63		24	—
16	67		94		59		60		69		35		43	—	40	—	02	—	25	—	50		22	—
17	60		1.528		48		68		70		67		43	—	23	—	09	—	08	—	52		19	—
18	51		38		40		74		78		2.621	+	44	—	15	—	23	—	1.289	—	45		14	—
19	42		42		46		71		81		53	+	32	—	03	—	2.090	—	74	—	38		11	—
20	38		49		50		61		84		66	—	35	—	03	—	66	—	52	—	27		1.388	—
21	23		58		51		61		78		74	+	46	—	14	—	24	—	43	—	40		83	—
22	12		60		52		54		72		79	+	—	5	78	—	1.989	—	34	—	27		74	—
23	08		58		55		56		61		88	+	—	—	2.521	—	47	—	27	—	40		67	—
24	00		54		50		67		47		2.709	+	35	—	76	—	10	—	21	—	56		63	—
25	1.391		48		38		65		40		18	+	25	—	08	—	1.872	—	18	—	59		58	—
26	93		42		39		61		33		2.697	—	61	—	22	—	33	—	25	—	90	+	52	—
27	82		38		32		57		24		88	+	43	—	08	—	1.787	—	29	—	1.300	+	46	—
28	78		27		27		61		15		81	+	—	7	08	—	47	—	20	—	36	+	47	—
29	80				20		68		41		73	—	15	—	03	—	24	—	18	—	71	+	50	—
30	76				24		71		51		63	7	12	—	01	—	1.691	—	26	—	1.402	+	59	—
31	79				44				1.846				71	9	2.593	+			25				77	+

