

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 66 (1954-1957)
Heft: 294

Artikel: Composition chimique de l'eau du Léman : grandes analyses
Autor: Ramuz, Aimé
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-274732>

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: 08.01.2026

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

Composition chimique de l'eau du Léman : Grandes analyses

PAR

Aimé RAMUZ
Dr Ingénieur-chimiste

(Séance du 18 avril 1956)

Le lac Léman, depuis FOREL, a été l'objet d'assez nombreuses recherches axées principalement sur les phénomènes de pollution et sur son utilisation comme réservoir d'eau potable. Dans la majorité des cas, cependant, ces travaux ont été faits dans un but précis et relativement limité par des chercheurs isolés, et il est actuellement très difficile de fixer des normes relatives à la composition de l'eau ou à la vie biologique, en se basant sur les résultats acquis autrefois. C'est une des principales raisons qui nous ont incité à entreprendre une étude approfondie du lac, et dans ce but, nous nous sommes d'abord fixé deux objectifs : procéder en premier lieu à des analyses complètes de l'eau du Léman, travail qui, à notre connaissance, n'a encore jamais été fait, puis aborder l'étude des variations de composition de l'eau en fonction de la vie biologique et de la thermique du lac.

Nous avons, à cet effet, procédé à deux séries de prélèvements au printemps et en automne 1955, à 5 et 100 mètres de profondeur, en un point choisi suffisamment au large de manière à éviter, tout au moins en partie, les phénomènes de pollution des rives et des égouts et les fluctuations de composition nécessairement plus importantes dans ces conditions. Ce point est situé à environ 2 km au sud des bains de Lausanne-Ouchy-Plage par un fond de 180 m.

Sur les quatre échantillons prélevés, ont été effectuées des analyses complètes, comportant le dosage de tous les éléments courants, travail qui représente, par échantillon, 32 déterminations chimiques ou physiques. Les dosages ont été effectués

soit sur place, lors des prélèvements, comme le dosage des gaz, oxygène et gaz carbonique, la mesure du pH, soit en laboratoire, le plus rapidement possible après le prélèvement, de manière à éviter une modification de composition qui a tendance à se produire dans toute eau stockée, par suite de phénomènes biologiques, de dégazage, de précipitations, etc.

Le but de ce travail n'est pas de donner des « constantes » de l'eau du lac. Ces analyses représentent un instantané et ont pour objectif essentiel de fixer l'ordre de grandeur précis de la teneur des éléments minéraux et les rapports de ces éléments entre eux.

Les résultats de ces grandes analyses effectuées sur eau filtrée à travers le filet à plancton sont consignés dans le tableau ci-après.

Ils nous montrent que l'eau du lac est relativement peu minéralisée, riche principalement en carbonates, sulfates et calcium. Ils nous montrent également l'absence de certains éléments, notamment aluminium, manganèse, iode. Ces éléments pourraient-ils jouer un rôle dans la vie biologique ? Doivent-ils être considérés comme des facteurs limitants pour certaines espèces animales ou végétales ? Questions que l'on peut se poser et qui n'ont pas encore trouvé d'explication satisfaisante.

Fait intéressant, la composition de l'eau est, à température égale, pratiquement la même en mars à 5 et à 100 mètres et septembre à 100 mètres (température 5°6). Elle présente par contre en septembre à 5 mètres (à 20°) des différences très notables par rapport au fond, indice d'une véritable stratification chimique.

Cette stratification dépend-elle uniquement de la température de l'eau, ou est-elle en relation avec la vie biologique, celle du plancton principalement ? Avant de répondre à cette question, rappelons dans leurs grandes lignes les phénomènes thermiques dont le lac est le siège : à une période de grande circulation d'hiver et de printemps qui homogénise l'eau de la surface au fond, et est caractérisée par la même température à toute profondeur, succède la période de stagnation d'été, dont le phénomène essentiel est constitué par le saut thermique, marqué par une brusque chute de température à une profondeur variant suivant l'importance du lac ; au-dessous de ce saut, la température descend très lentement jusqu'au fond.

Sur le graphique I, nous avons porté les courbes de tem-

Analyse ordinaire.

	I 3.III.1955 5 m	III 3.III.1955 100 m	III 7.IX.1955 5 m	IV 7.IX.1955 100 m
Résidu sec	178,25	178,50	163,00	190,00
Résidu calciné	170,00	170,25	150,00	171,00
Alcalinité	96,0	97,5	81,0	95,5
Oxydabilité	4,24	3,76	9,05	4,78
Dureté totale	13,86	13,83	12,01	13,72
Dureté passagère	9,60	9,75	8,10	9,55
Dureté permanente	4,26	4,08	3,91	4,17

Analyse ionique.

Ion ammonium	NH ₄ ⁺	0,00	0,00	0,00	0,00
Ion sodium	Na ⁺	2,24	2,12	2,04	2,10
Ion potassium	K ⁺	1,81	1,81	1,36	1,60
Ion magnésium	Mg ⁺⁺	6,32	6,34	5,98	6,42
Ion calcium	Ca ⁺⁺	46,58	46,45	40,13	46,50
Ion strontium	Sr ⁺⁺	0,63	0,59	0,51	0,62
Ion fer	Fe ⁺⁺	0,03	0,03	0,06	0,06
Ion aluminium	Al ⁺⁺⁺	0,00	0,00	0,00	0,00
Ion manganèse	Mn ⁺⁺⁺	0,00	0,00	0,00	0,00
Ion chlore	Cl ⁻	4,70	4,70	5,60	5,60
Ion iode	I ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00
Ion fluor	F ⁻	0,11	0,12	0,11	0,12
Ion sulfhydrique	SH ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00
Ion sulfurique	SO ₄ ⁼	48,46	48,89	45,90	48,27
Ion phosphorique	HPO ₄ ⁼	0,04	0,03	0,02	0,01
Ion nitreux	NO ₂ ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00
Ion nitrique	NO ₃ ⁻	1,12	1,20	0,56	1,20
Ion hydrocarbonique	HCO ₃ ⁻	112,65	110,66	91,67	107,82
Acide métasilicique	H ₂ SiO ₃	1,69	2,34	0,26	2,01
TOTAL		226,38	225,28	194,13	222,33

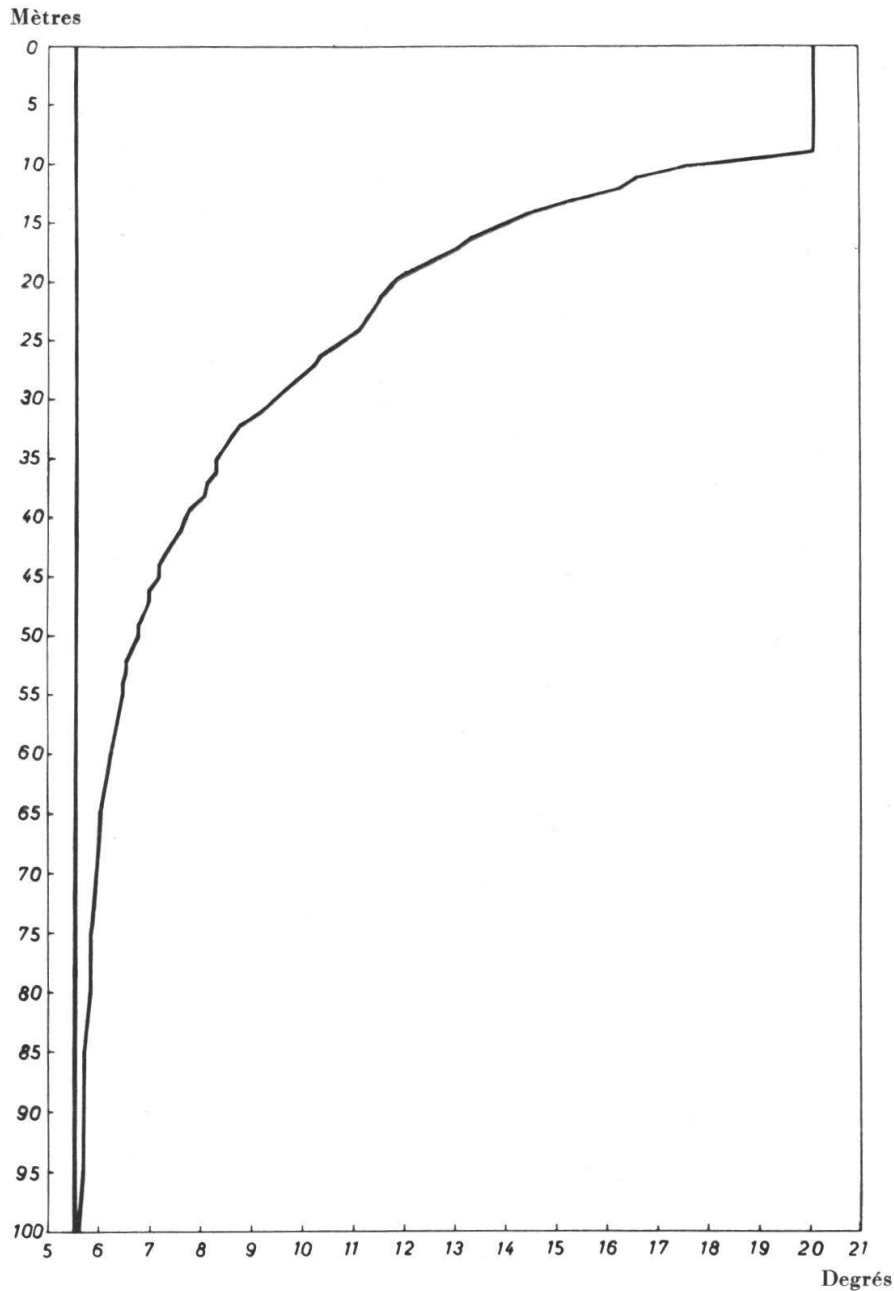
Gaz dissous.

Oxygène	11,53	11,20	10,08	10,60
Gaz carbonique	5,0	4,4	0,00	4,95

Propriétés physiques.

Température	5,6	5,6	20,1	5,65
Poids spécifique	1,00004	1,00004	1,00001	1,00004
Somme des millimoles	4,09	4,05	3,53	4,06
Conductibilité à 20°	2,65.10	2,68.10	2,56.10	2,69.10
pH	7,75	7,80	8,30	7,70
Transparence en mètres	10,80		7,40	

pérature en fonction de la profondeur, courbes qui illustrent clairement le phénomène que nous venons de rappeler.



Au printemps, en période de circulation, la température de 0 à 100 mètres est de 5°6.

En automne, en période de stagnation, la courbe présente une allure totalement différente : la température, constante de 0 à 9 mètres (20°1), tombe à 15 mètres à 13°9 accusant une différence de 6°2 pour une dénivellation de 6 m. Elle continue à descendre plus lentement jusqu'à 40 m où elle est de 7°7, ce qui ne représente plus qu'une différence de 6°2 sur

25 m. Au delà, de 41 m à 100 m, soit sur 59 m de profondeur, elle ne varie plus que de 2°15.

Abordons maintenant l'examen des principales variations de composition mises en lumière par les analyses complètes effectuées en ce point.

Au mois de mars, comme nous l'avons indiqué plus haut, composition pratiquement la même à 5 et 100 m. Tout au plus peut-on relever une teneur en silice plus élevée à 100 m provenant probablement d'une solubilisation de diatomées en décomposition.

L'oxydabilité, c'est-à-dire la teneur en matières organiques calculée en mg de permanganate de potassium par litre, est faible en tous points, indice de la pauvreté de l'eau en matières organiques.

En septembre, la situation change totalement. Nous pouvons relever entre 5 et 100 m une différence très notable de composition, portant principalement sur l'augmentation de l'oxydabilité et la baisse à 5 m du résidu calciné, c'est-à-dire des éléments minéraux en solution. Cette baisse porte principalement sur les éléments potassium, magnésium, calcium, sulfate, nitrate, la silice et l'acide carbonique. Notons de plus, la disparition totale de gaz carbonique libre avec, pour corollaire, l'augmentation du pH.

Pour tenter de donner une interprétation de cette stratification chimique, nous étudierons successivement les variations des divers éléments que nous venons de mentionner.

L'oxydabilité est à 5 m pratiquement le double de celle de 100 m. Ce fait nous prouve l'accroissement très notable à la surface de la teneur en substances organiques solubles ou solubilisées (produits de déchets des organismes vivants et des organismes morts en décomposition).

Dans le cadre de l'étude des éléments minéraux, nous grouperons tout d'abord : calcium, acide carbonique dépendant et libre, pH. L'eau contient normalement de l'acide carbonique sous deux formes, le CO_2 libre, gaz en solution, et le CO_2 dépendant, en équilibre avec le calcium, sous forme d'ions bicarbonate et d'ions calcium. Lorsque le CO_2 dépendant disparaît, pour une raison ou une autre, il y a rupture d'équilibre, formation de carbonate neutre de calcium insoluble qui précipite, enlevant ainsi au milieu une partie de son calcium soluble et de son CO_2 dépendant. C'est ce qui se produit dans le cas particulier : en effet, le calcium accuse une baisse à 5 m de 6,4 mg et l'ion hydrocarbonique HCO_3^- de 16 mg. Ce phénomène est imputable essentiellement à la vie du plan-

ton végétal, tout particulièrement abondant à 5 m au mois de septembre. Ce plancton, en effet, comme tout végétal, absorbe, dans ses échanges, en vue de la photosynthèse notamment, du gaz carbonique. Il utilise à cette fin tout d'abord le gaz carbonique libre; lorsque celui-ci est intégralement consommé, ce qui est le cas ici, il s'empare du gaz carbonique des bicarbonates. Ces phénomènes nous expliquent la disparition du gaz carbonique libre provoquant une augmentation du pH de 7,7 à 8,3 ainsi que la baisse des ions calcium et bicarbonates.

Une autre preuve de l'activité biologique et de son influence, est la baisse du magnésium, du potassium et des nitrates; le magnésium est utilisé par les algues vertes pour la synthèse de la chlorophylle qui, comme on le sait, renferme ce métal dans sa molécule. Quant au potassium et aux ions nitriques, ils entrent probablement dans le métabolisme du plancton en général, sans qu'il soit possible de trouver d'interprétation exacte de leurs variations.

La baisse des ions sulfates de 48,27 à 45,9 mg est également caractéristique, mais très difficile à expliquer. Il ne peut en effet s'agir d'une précipitation, étant donné la solubilité du sulfate de calcium. Peut-on alors admettre une disparition du sulfate due aux modifications d'équilibre ionique au sein du milieu? Le plancton absorbe-t-il des sulfates lors de son métabolisme? Nous nous bornons à poser la question.

Quant à l'appauvrissement en silice, il est très net. Sa teneur passe en effet de 2,0 mg à 0,26 mg. Les diatomées, végétaux à squelette silicieux, sont particulièrement abondantes à 5 m; elles empruntent au milieu ambiant la silice nécessaire à l'élaboration de leur squelette, ce qui explique la quasi-disparition de cet élément. La silice est donc de ce fait un facteur limitant. L'analyse nous montre que, dans le cas particulier, l'extrême limite de formation de ces algues est presque atteinte.

Relevons enfin, entre les mois de mars et de septembre, la diminution notable de la transparence au disque de Secchi : de 10,80 m en mars à 7,40 m en septembre. Elle est probablement en relation avec tous les problèmes que nous avons étudiés : présence d'organismes en suspension, de plancton, de squelettes de diatomées, de carbonate de chaux précipité, etc.

Les examens bactériologiques ont été effectués par les soins de M. le Dr ROSSET, que nous tenons à remercier ici. Ils nous montrent une inversion assez curieuse entre le printemps et l'automne. Au mois de mars, en effet, nous avons

en surface 4 germes par cc sans coliformes, alors qu'au fond on dénombre 26 germes ainsi que du coli dans 5 cc. En septembre, au contraire, c'est à 5 m que l'on note le plus grand nombre de germes (44 au cc) avec coli dans 20 cc tandis qu'à 100 m on a 4 germes et pas de coli.

Cependant, étant donné le petit nombre d'analyses bactériologiques effectuées, nous nous garderons de conclure. Seuls des examens en grande série poursuivis pendant tout l'été nous permettraient de voir si ces résultats se confirment, et par conséquent de formuler des hypothèses et des conclusions valables.

L'examen de ces quelques éléments nous montre que les variations de composition de l'eau sont sous l'étroite dépendance de la vie biologique, elle-même en relation directe avec la température et le cycle des saisons. Il nous montre également que l'étude d'un lac est très complexe, et qu'il est indispensable, pour la mener à bien, d'arriver à la création d'«équipes» de chercheurs.
