

Les Seiches : vagues d'oscillation fixe des lacs

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **58 (1875)**

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90002>

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.

III.

Les Seiches, ¹⁾

Vagues d'oscillation fixe des lacs

par

Dr. **F. A. Forel**, professeur à l'Académie de Lausanne.

De tous temps les habitants de Genève ont connu le phénomène suivant auquel ils ont donné le nom de *seiche*: dans certaines circonstances le niveau du lac s'élève lentement, pendant vingt ou trente minutes, d'une hauteur variable, de quelques centimètres ou de quelques décimètres, puis il s'abaisse, lentement aussi, d'une quantité à peu près égale, puis il s'élève de nouveau, pour s'abaisser encore et ainsi de suite. L'on dirait de vagues gigantesques, prodigieusement faibles et prodigieusement lentes; l'on dirait de marées en miniature à périodes singulièrement rapides.

Observées par Jallabert, Bertrand, H. B. de Saussure, les seiches ont fait au commencement de notre siècle le sujet d'une étude très intéressante et très instructive de Vaucher de Genève; cet auteur a constaté les relations qui existent entre la grandeur des seiches et les mouve-

¹⁾ Littérature: *J. P. E. Vaucher*. Mémoire sur les seiches du lac de Genève, composé de 1803 à 1804. Mém. de la Soc. de Physique de Genève, t. VI. p. 35.

F. A. Forel. Première étude sur les seiches du lac Léman. Lausanne 1873. — Deuxième étude. Lausanne 1875, librairie Rouge et Dubois. — Bull. Soc. vaudoise Sc. nat. t. XII, p. 213; t. XIII, p. 510. Arch. des sc. phys. et nat. Genève. Janvier 1874 et Août 1875.

ments du baromètre, et je formulerai en ces termes ce que l'on peut appeler la loi de Vaucher :

L'amplitude des seiches est très faible lorsque l'atmosphère est en repos ; les seiches sont d'autant plus fortes que la pression atmosphérique est plus variable ; les seiches sont les plus fortes quand le baromètre est en baisse.

Vaucher a reconnu l'existence des seiches dans les lacs de Genève, de Neuchâtel, de Zurich, de Constance, d'Annecy et de Lugano ; moi-même je les ai constatées dans tous les lacs où je les ai recherchées. C'est donc un phénomène général et non spécial au lac Léman, ou à la rade de Genève ; phénomène général, il mérite d'être étudié, et ses lois doivent être établies.

Avant tout essayons de décrire le phénomène. ¹⁾

Nous pouvons considérer les seiches à deux points de vue, celui de l'amplitude et celui de la durée.

A. Au point de vue de l'amplitude, c'est-à-dire de la hauteur de dénivellation de l'eau, l'amplitude des seiches est fort variable et cela dans les conditions suivantes :

1) Dans la même station et le même jour, les seiches qui se suivent sont assez semblables ; la hauteur de la dénivellation varie légèrement d'une seiche à l'autre, mais on peut dire que d'une manière générale ces vagues sont assez égales. Lorsque les seiches sont faibles, l'on ne voit pas apparaître une seule seiche isolée énorme ; lorsque les seiches sont fortes, toutes les seiches qui se succèdent ont une amplitude relativement considérable.

¹⁾ Précisons le sens des mots :

J'appelle *seiche* le mouvement complet d'élévation et d'abaissement de l'eau, la vague pendant laquelle le niveau de l'eau s'élève d'abord puis s'abaisse ensuite au-dessus et au-dessous du niveau moyen.

J'appelle *seiche haute* la moitié de la seiche pendant laquelle l'eau est au-dessus du niveau moyen, *seiche basse* la moitié pendant laquelle elle est au-dessous.

2) Dans la même station, mais à des jours différents, il y a des différences qui peuvent être énormes dans l'amplitude des seiches. Je citerai les extrêmes connus.

A Genève les seiches sont le plus souvent assez faibles pour n'être pas visibles sans instruments particuliers; disons que leur amplitude minimale n'atteint pas le millimètre. Dans cette même station l'histoire a noté d'une autre part les seiches extraordinaires suivantes :

H. B. de Saussure a mesuré le 3 Août 1763 des seiches de 1 m. 48.

Fatio de Duillier cite les seiches du 16 Septembre 1600 comme ayant atteint 1 m. 62.

Enfin les 2 et 3 Octobre 1841, les seiches observées par Vénie ont dépassé une amplitude de 2 m. 15.

L'amplitude des seiches varierait donc à Genève ¹⁾ d'un jour à l'autre de 0,0 à 2 m. 15.

3) Dans deux stations différentes du même lac l'amplitude des seiches est fort différente. C'est ainsi que si nous évaluons à quelques décimètres l'amplitude des belles seiches que l'on peut observer à Genève, c'est par centimètres seulement qu'il faudra apprécier les mêmes seiches à Morges. Je crois pouvoir dire que l'amplitude dans les diverses stations est soumise aux règles suivantes :

L'amplitude des seiches est plus forte aux extrémités des lacs qu'au milieu de leur longueur; elle est plus forte dans les stations situées au fond de longs golfes dont les côtes se rapprochent insensiblement, que dans celles qui sont situées sur une côte droite ou sur un cap; elle est plus forte dans les lacs ou parties de lac où l'eau est peu profonde.

¹⁾ Genève est la station où les seiches atteignent la plus haute amplitude connue; cela tient probablement à la configuration du lac et des côtes.

4) Dans des lacs différents, d'après mon expérience je crois pouvoir établir que les seiches sont d'autant plus fortes que le lac est plus grand.

B. Au point de vue de la *durée*. Nous appelons durée de la seiche le temps, mesuré en secondes, nécessaire pour ramener l'eau au niveau moyen après qu'elle se sera élevée au-dessus et abaissée au-dessous de ce niveau. Cette durée varie de la manière suivante:

1) Dans la même station et le même jour. La durée des seiches qui se succèdent est loin d'être égale. C'est ce dont je donnerai une idée en citant deux observations de seiches. La première montrera le rythme des seiches à Morges et donnera un exemple de ces irrégularités; la seconde est l'observation où j'ai eu les seiches les plus régulières que j'ai jusqu'à présent rencontrées; elle donnera une idée de la régularité de ce mouvement.

Obs. XXI. Morges (lac Léman) 5 Octobre 1873:

<i>seiche haute</i>	105	secondes,	<i>seiche basse</i>	175	secondes
»	415	»	»	305	»
»	385	»	»	395	»
»	230	»	»	835	»
»	230	»	»	490	»
»	295	»	»	290	» etc.

Obs. LXXXI. Weesen (lac de Wallenstadt) 18 Sept. 1874:

<i>seiche haute</i>	405	secondes,	<i>seiche basse</i>	365	secondes
»	535	»	»	455	»
»	355	»	»	425	»
»	415	»	»	540	»
»	400	»	»	460	»

2) Dans la même station d'un jour à l'autre. La durée moyenne des seiches ne varie pas; elle oscille autour d'un chiffre moyen qui peut être déterminé par un nombre suffisant d'observations.

C'est ainsi qu'à Morges j'ai établi, d'après 132 observations différentes, la durée moyenne de la demi-seiche (seiche haute ou seiche basse) à 315 ± 9 secondes; l'erreur à craindre est comme on le voit relativement peu considérable, et nous pouvons dire qu'il y a un rythme véritable et toujours constant pour les seiches de cette station.

3) Dans le même lac et d'une station à l'autre il peut y avoir des différences considérables dans la durée des seiches.

C'est ainsi que sur le lac Léman la durée des seiches est à Morges de 630 secondes et à Veytaux de 1783, sur le lac de Neuchâtel, à Yverdon elle est de 2840 secondes et à St-Aubin de 264.

4) Dans des lacs différents la durée des seiches est très différente, ainsi que nous le verrons plus loin.

Cette rapide description faite, cherchons à comprendre la nature intime du phénomène.

Vaucher, après avoir reconnu les relations des mouvements du baromètre avec l'intensité des seiches, a indiqué la véritable cause de ces oscillations. Il admettait que l'atmosphère pesant d'une manière inégale, par suite de ses variations de pression, sur les différentes régions du lac, l'eau était refoulée en certains points et soulevée en d'autres. « Supposez, » dit-il, « des nuages répandus inégalement dans l'air, et dont quelques-uns interceptent au lac les rayons solaires, il résultera des refroidissements irréguliers dans ces colonnes, et par conséquent des densités inégales; elles pèseront donc inégalement sur la surface du lac; le liquide inégalement pressé et forcé de se mettre en équilibre s'abaissera d'un côté et s'élèvera de l'autre; on aura donc des alternatives de hausse et de baisse, qui feront qu'à proprement parler, les eaux du lac, indépendamment de toute agitation de l'air, ne seront jamais absolument de niveau. »

Les études que j'ai faites depuis quelques années sur le rythme des seiches me permettent de compléter cette théorie de Vaucher en la corrigeant un peu.

Vaucher admettait qu'une variation de la pression atmosphérique sur un point limité du lac amène une dénivellation de l'eau qui s'élève ou s'abaisse en ce point tandis qu'elle s'abaisse ou s'élève en sens inverse dans les autres régions du lac où la pression n'a pas varié. Je n'hésite pas à me ranger à cette opinion.

Mais l'auteur genevois semble avoir admis en outre que chaque dénivellation de l'eau, chaque mouvement de chaque seiche correspond à une variation déterminée de la pression barométrique; que chaque fois que l'eau s'élève à Genève, c'est à la suite d'une diminution de la pression à Genève ou d'une augmentation de la pression sur une autre région du lac; si l'eau vient ensuite à s'abaisser c'est qu'il y a eu variation de la pression en sens inverse. Si je ne me trompe pas en attribuant à Vaucher cette opinion, il ne tenait pas compte d'un fait qu'il avait pourtant reconnu, à savoir du rythme des seiches, du fait que dans la même station la durée des seiches est toujours la même. Si chaque mouvement de dénivellation de l'eau avait pour cause une variation dans un sens ou dans l'autre, de la pression atmosphérique, il n'y aurait aucune raison de la régularité du rythme des seiches. Cette régularité serait absolument inexplicable.

Je me sépare donc de Vaucher sur ce point, et je crois devoir compléter sa théorie de la manière suivante:

Je suppose que l'eau des lacs peut être soumise aux mouvements d'oscillation fixe que je désignerai sous le nom de vague de balancement. De même que dans une cuvette pleine d'eau je puis déterminer un mouvement de balancement de l'eau d'un côté à l'autre du vase, soit en agitant l'eau elle-même, soit en imprimant une secousse aux parois

du bassin, de même je crois pouvoir démontrer que l'eau des lacs peut subir ces mouvements d'oscillation fixe ou vagues de balancement chaque fois que l'équilibre a été détruit. Toute rupture de l'état d'équilibre du niveau de l'eau est suivi par une succession de vagues de balancement que nous appelons des seiches.

Si j'étudie dans un petit bassin à expériences les lois de l'oscillation de balancement, je puis les résumer dans les trois formules suivantes :

I. Dans les mêmes conditions de longueur et de profondeur de l'eau, la durée de la vague d'oscillation fixe est toujours la même, quelle que soit l'amplitude du mouvement.

II. Dans les mêmes conditions de profondeur, la durée augmente à mesure que la longueur du bassin augmente.

III. Dans les mêmes conditions de longueur du bassin, la durée augmente à mesure que la profondeur de l'eau diminue.

Les seiches sont les vagues de balancement des lacs. Je le prouve de deux manières :

A. Directement. L'essence de la vague de balancement est que l'eau s'élève à l'une des extrémités du bassin tandis qu'elle s'abaisse à l'autre, et vice-versà ; autrement dit que aux deux extrémités du bassin les mouvements de dénivellation de l'eau sont simultanés et opposés dans leur direction. Nous avons constaté ce fait pour les seiches des lacs ; en observant en même temps les mouvements de l'eau aux deux extrémités du lac de Neuchâtel, mon ami M. G. Rey à Yverdon et moi-même à Préfargier, nous avons dans deux expériences différentes, et sur 8 demi-seiches reconnu la simultanité et l'opposition dans les mouvements, que veut la théorie.

B. Indirectement : Les seiches des lacs suivent les lois de l'oscillation de balancement telles que je viens de les formuler.

Conformément à la première loi le rythme des seiches est toujours le même quelle que soit l'amplitude de l'oscillation; c'est ce que montrent surtout les longues séries d'observations que j'ai faites à Morges.

D'après les II^e et III^e lois la durée des seiches doit augmenter avec la plus grande longueur des lacs, et diminuer avec leur plus grande profondeur. C'est ce qui a lieu en réalité, et ce que prouvent quelques observations, malheureusement en trop petit nombre, recueillies sur différents lacs suisses. Je les résume dans le tableau suivant.

Lac	Longueur. kilomètres	Profondeur. mètres	Durée moyenne de la seiche. secondes
de Bret	1,1	14	64
de Joux	9,0	25	744 (?)
de Morat	9,2	48	572
de Brienz	13,7	261	574
de Wallenstadt	15,5	114	871
de Thun	17,5	217	882
de Neuchâtel	38,2	135	2840
de Constance	64,8	276	3594

D'après ce tableau l'on voit que la durée des seiches est en général d'autant plus grande que le lac est plus long, et que les irrégularités de la série se rapportent à des lacs dont la profondeur est relativement faible.

Je n'ai pas fait entrer dans ce tableau le lac Léman. Sa forme de croissant rend assez difficile l'interprétation de ses seiches, pour que, malgré le grand nombre d'observations que je possède, je me tienne à son sujet dans une réserve prudente.

Si dans un bassin rectangulaire je détermine des vagues de balancement, je puis en obtenir dans deux directions opposées, et avec des rythmes correspondant aux dimensions de la section suivant laquelle l'eau oscille. Ces vagues

longitudinales et transversales, je les retrouve dans les seiches des lacs.

Toutes les seiches dont j'ai jusqu'à présent parlé et dont je viens de donner le tableau, sont, d'après la position des stations d'observation, des seiches longitudinales.

Quant aux seiches transversales, établies suivant le petit diamètre des lacs, je les ai constatées de la manière suivante :

A Morges nos seiches de 630 secondes ne correspondent point du tout par leur durée avec les dimensions en longueur du lac Léman, le plus grand des lacs de la Suisse. Au contraire cette durée étant intermédiaire à celle des seiches longitudinales des lacs de Brienz et de Wallenstadt se rapporte parfaitement à la largeur du lac de Léman, 13,8 kilomètres, intermédiaire aussi à la longueur de 13,7 et 15,5 kilomètres de ces deux lacs. D'une autre part j'ai observé ces mêmes seiches de 630 secondes à Evian sur la côte savoyarde opposée à celle de Morges. Enfin j'ai répété avec M. G. Rey l'expérience simultanée qui nous avait si bien réussi pour les seiches longitudinales du lac de Neuchâtel, et nous avons constaté, une fois au moins avec une grande évidence, la simultanéité et l'opposition dans les mouvements des seiches à Evian et à Morges.

J'ai reconnu aussi l'existence des seiches transversales du lac de Neuchâtel à St-Aubin (264 secondes) et de celles du lac de Constance à Romanshorn (640 secondes).

A l'aide d'un appareil excessivement sensible que j'ai appelé Plémyramètre, et qui me permet de reconnaître les plus faibles dénivellations de l'eau, même celles qui n'atteignent pas le millimètre, j'ai constaté l'existence constante ou à peu près constante des seiches. Pendant plus de 113 heures d'observation, se divisant en 81 expériences différentes, dans 25 stations appartenant à 10 lacs suisses,

toutes les fois que j'ai mis en jeu mon appareil, partout et toujours j'ai constaté l'existence d'un mouvement rythmique que je devais attribuer aux seiches. L'amplitude de ce mouvement est très variable, mais son existence est la règle, son absence, si même elle a lieu, l'exception.

Je dois cependant ajouter que ces seiches ne sont pas toujours faciles à observer; souvent elles sont excessivement faibles (dans les petits lacs surtout), souvent l'observation en est troublée par les vagues du vent, et sur nos lacs suisses par les vagues des bateaux à vapeur.

Quelques mots encore sur les causes des seiches.

1) Les seiches ordinaires je les attribue aux variations de la pression atmosphérique; une augmentation ou une diminution plus ou moins rapide de la pression sur une région limitée du lac donne la première impulsion au mouvement d'oscillation ou de balancement qui peut se continuer ensuite pendant des heures durant. — Pour donner une idée de temps pendant lequel une impulsion de ce genre peut prolonger son effet, je dirai que j'ai vu dans le port de Morges des vagues de balancement déterminées par le passage d'un bateau à vapeur devant l'entrée du port, et que j'ai pu constater et suivre la persistance de ce mouvement d'oscillation jusque deux heures après le passage du bateau.

2) Les très fortes seiches, celles que j'ai citées au commencement de ce discours, les seiches historiques de Genève de 1,50 à 2 mètres d'amplitude, je crois devoir les attribuer à des secousses de tremblements de terre. Elles diffèrent tellement par leurs dimensions des seiches ordinaires, que je dois leur chercher une cause extraordinaire; or l'analogie est évidente entre ces très-fortes seiches et beaucoup de ras de marée accompagnant les tremblements de terre. Du reste il est évident que le tremblement de

terre si la secousse a lieu dans une direction convenable et avec un rythme déterminé doit produire sur l'eau des lacs les mêmes vagues de balancement que je vois s'établir dans ma cuvette lorsque je secoue convenablement le vase.

3) Dans des lacs très petits où l'on ne saurait attendre des seiches causées par la variation de pression barométrique, j'ai vu des mouvements de balancement de l'eau déterminés par l'action inégale des bouffées de vent frappant la surface de l'eau (lac de Bret, port de Morges).

En résumé :

Nous reconnaissons dans les lacs l'existence de mouvements rythmiques d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau. Ces oscillations n'ont point de rapport avec les mouvements des astres, ce ne sont donc pas des marées; leur durée est en rapport avec les dimensions mêmes du lac où on les observe, ce sont donc des vagues d'oscillation fixe.

Ces vagues de balancement s'établissent suivant les deux diamètres principaux des lacs à formes régulières; dans les lacs à contours et à relief plus accidentés, ces mouvements se compliquent notablement et perdent leur régularité.

En attendant que la mécanique nous ait donné la formule des seiches en fonction de la longueur et de la profondeur des lacs, c'est le rôle de l'observation de nous les faire connaître expérimentalement; la géographie physique a le devoir de nous renseigner sur le rythme exact des seiches de chaque lac. C'est pour demander aux naturalistes suisses les observations nécessaires à l'étude de ce chapitre de l'histoire de la nature que je me suis permis d'introduire ce sujet devant notre société.

Si vous suivez ma demande et si vous voulez bien étudier avec moi ces mouvements, vous trouverez dans cette

recherche un grand charme. Quand je vois l'eau s'élever et s'abaisser sur la grève de mon jardin, je suis en présence non pas d'une simple vague qui agite l'eau dans le golfe de Morges, mais j'observe une des manifestations d'un phénomène bien autrement important. C'est toute l'eau du lac qui oscille dans un même mouvement général de balancement, c'est une impulsion gigantesque qui dans le même instant fait mouvoir toute la masse liquide du Léman, dans toute sa longueur, dans toute sa largeur, dans toute sa profondeur. Et si je considère la grandeur des lacs où j'ai constaté ces oscillations, les lacs de Neuchâtel, de Constance, le lac Léman, si j'admets comme probable qu'on le constatera de même, quand on voudra l'étudier dans des bassins d'eau encore bien plus étendus, je dois reconnaître dans le phénomène des seiches le mouvement oscillatoire le plus considérable et le plus grandiose peut-être que l'homme puisse étudier à la surface de notre globe.
