

L'histoire de la théorie des seiches: discours d'ouverture

Autor(en): **Sarasin, Edouard**

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): **85 (1902)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90094>

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.

L'HISTOIRE

DE LA

THÉORIE DES SEICHES

DISCOURS D'OUVERTURE

DE LA 85^{me} SESSION ANNUELLE

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

A GENÈVE

PAR

EDOUARD SARASIN, PRÉSIDENT

8 Septembre 1902

Leere Seite
Blank page
Page vide

MESDAMES ET MESSIEURS,

CHERS COLLÈGUES DE LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE,

Nous sommes heureux de vous accueillir de nouveau dans ces lieux où notre Société a été fondée il y a 87 ans. Au moment où notre petite république, revenue à l'indépendance, venait de se donner à la Confédération suisse, les amis de la nature, nombreux à Genève alors comme de tous temps, formèrent, sous l'impulsion d'Henri-Albert Gosse, le plan d'unir en un seul faisceau les sociétés scientifiques existant dans divers cantons, et c'est ainsi que naquit la Société helvétique des sciences naturelles.

En nous retrouvant réunis ici, nous devons tout d'abord un souvenir reconnaissant à ces hommes d'initiative, à quelque canton qu'ils appartenissent, qui ont les premiers compris la force de l'esprit d'association et ont, en fondant notre Société, devancé ce qui s'est fait plus tard en divers pays. Leur idée était grande, noble et patriotique, et la prospérité à laquelle notre Société est parvenue vers la fin du premier siècle de son existence leur donne absolument raison.

Et vous, chers Collègues, nous aimons à penser qu'ici au berceau de notre Association vous vous sentirez encore mieux chez vous que partout ailleurs dans notre chère patrie suisse : *So ganz zu Hause*.

Un voile de tristesse et de deuil s'est étendu, vous le savez, Messieurs, sur notre joie de vous recevoir. Un de ceux qui s'étaient mis avec le plus d'entrain et de dévouement à l'organisation de notre session genevoise, notre cher et bon ami Marc Micheli, nous a été enlevé en pleine activité, on pourrait presque dire en pleine jeunesse encore, par une longue et terrible maladie supportée avec un courage et une énergie extraordinaires.

Vous comprenez que tout a été bien changé depuis ce jour-là, pour votre Comité annuel. Mais nous savons que vous vous êtes associés à notre deuil, vous nous en avez donné de nombreuses preuves et nous vous en remercions. Votre présence ici aujourd'hui ne nous en est que plus précieuse, parce que nous savons tout ce que vous nous apportez de sympathie et de bonne amitié. Nous sommes heureux de nous sentir entourés d'un grand nombre de ceux qui estimaient Micheli comme homme, comme savant et surtout comme ami.

Outre la réunion dans laquelle elle fut fondée, en 1815, sur l'initiative et sous la présidence d'Henri-Albert Gosse, notre Société a tenu à six reprises différentes ses assises dans notre ville : en 1820, sous la présidence du physicien Marc-Auguste Pictet, un des fondateurs de la *Bibliothèque Universelle*, dont nous avons célébré il y a peu le centenaire, — en 1832, sous celle de l'illustre Augustin-Pyramus de Candolle, une de nos plus pures gloires scientifiques, — en 1845, en 1859 et en 1865 sous celle d'Auguste de la Rive, et en 1886, pour la dernière fois, sous celle du très regretté Louis Soret.

Je tiens à payer un juste tribut d'hommages à ces hommes éminents qui ont jeté un si grand éclat sur

notre Société, tout particulièrement aux deux derniers, dont le souvenir est encore si vivant pour les hommes de ma génération.

Nous sommes invités, Messieurs, à assister dans un moment, à la cérémonie d'inauguration d'un buste d'Auguste de la Rive, offert à l'Université par sa famille et ses amis pour mettre sous les yeux de la jeunesse studieuse le souvenir et le modèle d'une brillante carrière scientifique et de services considérables rendus au pays dans tous les domaines. Vous vous joindrez à nous, chers Collègues, je n'en doute pas, pour célébrer la mémoire de notre ancien président. Pour nous qui l'avons beaucoup connu et admiré, nous serons heureux de voir fixée par le bronze cette figure sympathique sur laquelle se reflétaient une âme ardente et une noble intelligence.

Louis Soret est encore plus près de nous et il me semble que son souvenir plane sur notre réunion d'aujourd'hui, à la tête de laquelle nous aimerions tant le voir encore. Un grand nombre d'entre nous se souviennent sans doute, comme si c'était hier, de la parfaite distinction, de l'exquise bonne grâce avec lesquelles il présida à nos travaux et de l'esprit si large d'hospitalité qu'il déploya envers tous. Il a conservé toute notre reconnaissance.

Après ces noms illustres que je viens d'énumérer avec vous, vous comprenez, Messieurs et chers Collègues, combien je sens mon insuffisance et combien je suis confus d'occuper ce poste après de tels hommes. J'y ai été porté malgré moi par mes collègues de Genève, qui ont, je le crains, apprécié au-dessus de sa valeur mon attachement, très profond il est vrai, à notre Société. Ce sera là mon excuse auprès de vous. Du reste, je m'empresse de reconnaître que s'il y a eu

faute de leur part, ils l'ont réparée dans la mesure du possible par l'activité et le dévouement qu'ils ont dépensés aux côtés de leur président, qui ne l'oubliera pas.

Auguste de la Rive avait ouvert la session de 1865 par un exposé magistral de la théorie des glaciers, question suisse par excellence, pour la solution de laquelle plusieurs des naturalistes les plus distingués que notre pays ait comptés dans la première moitié du dernier siècle, s'étaient unis dans un commun effort, les de Charpentier, les Agassiz, les Desor, les Vogt, sans parler de leurs modestes précurseurs et inspirateurs, les Perraudin et les Venetz.

Ce délicat problème du grand phénomène glaciaire, qui fut alors l'objet de discussions si passionnées, est resté un des sujets de prédilection des amis de la grande nature, un de ceux auxquels notre Société porte le plus vif et le plus constant intérêt.

Quittant ces grands fleuves de glace au sujet desquels nous aurons bien longtemps encore de nombreuses questions à nous poser, je voudrais vous conduire aujourd'hui sur les bords riants de l'un ou l'autre de nos lacs et observer un instant avec vous ces mouvements lents, inconnus à la plupart, si puissants cependant et d'une si belle ordonnance, qui font balancer l'eau de nos plus grands bassins comme celle des plus petits baquets.

Je désire en effet, Messieurs, conformément à l'usage assez général, vous entretenir d'un sujet qui se rattache plus particulièrement à l'histoire naturelle de la contrée où nous sommes réunis, question née à Genève même, puisque c'est là que le phénomène dont elle

traite se produit avec le plus d'intensité et qu'il a été le plus souvent observé dans le passé. Je veux parler du phénomène des *seiches* ou oscillations fixes des lacs. Ce sujet vous paraîtra peut-être un peu rebattu, mais il m'a semblé qu'on pouvait, au point où il est arrivé, le reprendre encore une fois dans son ensemble au moment où l'étude à laquelle s'étaient voués les Fatio de Duillier, les de Saussure, les Vaucher, entraînant plus tard à leur suite les Forel et les Philippe Plantamour, va se répandre dans d'autres pays et dans les plus lointaines contrées. L'Académie de Berlin, l'Académie de Bavière, la Société de physique italienne, ainsi que la Société météorologique du même pays, la Société de géographie de Saint-Pétersbourg, celle de Glasgow, l'Académie de Vienne, l'Université de Tokio, viennent comme de se donner le mot pour vouer une attention particulière à cette question et se sont munies chez nous d'appareils spéciaux pour pousser l'étude dans leurs pays respectifs. Ce sera là mon meilleur argument pour reprendre un sujet qui a été déjà à maintes reprises traité au sein de notre Société par notre excellent ami Forel, un sujet auquel je me suis aussi intéressé moi-même et auquel je continue à vouer mes recherches, car il est loin d'être épuisé, comme nous le montrent les efforts qu'il suscite ailleurs.

Il était un peu notre domaine exclusif, à quelques rares exceptions près. Nous allons le partager avec beaucoup d'autres et nous nous félicitons de ce que c'est d'ici qu'un de nos sujets favoris se répandra ainsi de tous côtés, de manière à nous amener sans doute une riche moisson de faits nouveaux. C'était une raison de plus, n'est-il pas vrai, pour jeter un coup d'œil en arrière avant d'aller plus loin et pour rappeler en quelques mots par quels longs efforts les anciens

observateurs ont amené la question au point où elle en est.

C'est une des expériences les plus simples de la physique, à peine une expérience tellement elle est élémentaire, que celle du mouvement de balancement de l'eau dans un bassin, ce n'est que ça et pourtant, tout simple que cela soit, on a mis longtemps à arriver à cette conception en ce qui concerne les seiches.

Passant de la notion d'un petit bassin à celle d'un plus grand, puis d'un plus grand encore et ainsi de suite il semble que le premier venu eût pu prévoir que les grandes masses d'eau, comme les plus petites, devaient toutes constituer comme de grands pendules à eau, ne différant entre eux que par leur période d'oscillation et soumis aux mêmes lois fondamentales. Et pourtant ce n'est pas ainsi que le problème est apparu même aux esprits les plus clairvoyants de la science. Volta, l'auteur d'une des plus grandes inventions qu'ait faites l'esprit humain, n'avait pas pensé que les eaux du lac de Côme qu'il avait sans cesse sous les yeux, devaient être soumises aux mêmes lois que celle d'une vulgaire baignoire et donner comme elle des mouvements pendulaires. Voici en effet comment il s'exprime dans une lettre dont on a retrouvé le brouillon dans ses papiers, note adressée probablement à un savant de Genève et publiée récemment par un de ses petits-fils, M. Carlo Somigliana, professeur à l'Université de Pavie : « Vous me demandez si le lac de Côme présente le phénomène de flux et de reflux que M. de Saussure a observé sur le lac de Genève et qu'il décrit dans ses voyages aux Alpes. Je vous dirai donc que rien de semblable ne s'observe ici. Au reste vous jugez très bien que si la cause du phénomène qui a lieu à Genève est celle que vous croyez, savoir les pressions inégales de l'atmos-

phère sur différentes parties de la surface du lac à l'approche de quelques orages ou dans d'autres changements de temps, les bords du lac à Côme, où il ne sort aucune rivière, ne sont pas propres pour produire un tel flux qui soit sensible. Mais à l'extrémité de l'autre branche de ce même lac, à Lecco, où il se retraits beaucoup, il en sort l'Adda ; à cet endroit il ressemble donc assez au débouché de votre lac à Genève. Cependant on n'y observe pas le flux et le reflux dont il est question ; comme on ne l'observe non plus, au moins que je sache à l'extrémité du lac Majeur, près de Sesto, où sort le Tessin. »

On le voit, pour l'illustre Volta, le mouvement de balancement d'une grande masse fluide et éminemment mobile, comme celle de l'eau du lac de Côme par exemple, n'était pas un fait acquis d'avance par le raisonnement avant toute constatation expérimentale, comme ce serait le cas maintenant pour nous. Il fallait pour arriver à cette idée si simple que toute grande nappe d'eau oscille comme la plus petite et que les seiches sont la manifestation de ce mouvement, il fallait, disons-nous, une longue série de très patientes recherches. C'est l'histoire de cette découverte qui n'aurait pas dû en être une, qu'il m'a paru piquant de relater comme exemple intéressant du développement graduel d'une idée.

La mention la plus ancienne que nous retrouvons dans la littérature scientifique de notre contrée, soit du terme même de *seiche* soit du fait qu'il désigne est celle qu'en fait Fatio de Duillier dans ses « Remarques sur l'histoire naturelle des environs du lac de Genève » annexe au tome II de l'Histoire de Genève de Spon où il dit : « Cette sorte de flux et reflux s'appelle à Genève des seiches. On a vu quelquefois dans cette ville des

seiches très remarquables. Il s'en fit 3. ou 4. le 16. Septembre 1600. avant midi, d'environ 5. pieds de hauteur, de sorte que les Bateaux qui étoient dans le Port y restèrent autant de fois à sec : mais l'eau revenoit et s'élevoit chaque fois avec beaucoup de promptitude¹. »

On comprend que sous cette forme exceptionnelle et avec un pareil degré d'intensité le phénomène qui nous occupe dût frapper l'imagination de ceux qui en étaient les témoins. Mais pour eux c'était une apparition tout à fait extraordinaire et passagère; nul ne songeait à voir dans les seiches un mouvement périodique propre du lac, existant à peu près toujours, dont l'amplitude seule étoit susceptible de varier dans des limites très étendues jusqu'à atteindre ces dimensions extrêmes devant attirer l'attention.

¹ On trouve encore dans les Archives de Genève ou dans d'anciens écrits d'autres récits se rapportant à des faits analogues qui auraient été constatés à une époque plus reculée encore. Mais il s'agit généralement dans ces relations du reflux des eaux du Rhône dans le lac, sous l'action d'un vent très violent avec arrêt momentané du fleuve et dessèchement du port, plutôt qu'il n'y est question de seiches qui ont dû, selon ce que nous savons maintenant, se produire dans le lac immédiatement après. Nous ne multiplions donc pas ces citations et nous bornons à reproduire ici un passage de *l'Histoire de Genève* (T. I, p. 346), de J. A. Gautier († 1729) qui dit :

« Je trouve dans la dernière feuille d'un vieux livre imprimé à Genève l'an 1495, [Rolewink, *Fasciculus temporum*, imprime a Genesve l'an MCCCCXCV auquel an fist si tresgrant vent le IX. jour de janvier... in fol.], qui est dans la Bibliothèque publique, que l'on vit au commencement de cette même année, le 9^{me} de janvier, un phénomène bien surprenant. Il fit un vent si furieux qu'il fit remonter le Rhône dans le lac jusqu'à un quart de lieue au-dessus de Genève pendant une heure, et que l'eau, qui paraissait élevée comme une montagne, ne coulait point. »

« Cette dernière circonstance n'est nullement vraisemblable et elle n'a été rapportée apparemment que pour rendre le fait plus merveilleux... »

De Saussure qui y a un des premiers appliqué son admirable esprit d'observation, expose comme suit la question en deux mots¹ : « Outre la crue régulière des eaux en été, on voit quelquefois dans des journées orageuses, le lac s'élever tout à coup de quatre ou cinq pieds, s'abaisser ensuite avec la même rapidité et continuer ces alternatives pendant quelques heures. Ce phénomène connu sous le nom de *Seiches*, est peu sensible sur les bords du lac qui correspondent à sa plus grande largeur ; il l'est davantage aux extrémités, mais surtout aux environs de Genève, où le lac est le plus étroit. » Puis après avoir réfuté les idées d'autres auteurs sur la cause de ces mouvements il ajoute : « Je crois aussi que des variations promptes et locales dans la pesanteur de l'air, peuvent contribuer à ce phénomène et produire des flux et reflux momentanés, en occasionnant des pressions inégales sur les différentes parties du lac. »

Ces idées énoncées il y a 125 ans par de Saussure sur l'origine des seiches ont conservé toute leur valeur ; la cause qu'il leur assigne, si elle n'est pas la seule, est de beaucoup la plus importante aux yeux de tous ceux qui connaissent la question.

Quant à la nature même du phénomène, son caractère oscillatoire avait été entrevu par les différents observateurs dont aucun, pas même de Saussure, n'en avait fait une étude approfondie.

Les premières recherches systématiques et rationnelles sur le sujet ont été faites par le pasteur Vaucher, de Genève, de 1803 à 1804 et ont fait de sa part l'objet

¹ *Voyages dans les Alpes*, précédé d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève par Horace-Bénédict de Saussure, professeur de philosophie dans l'Académie de Genève, Neuchâtel, 1779, t. I, p. 12.

d'une très belle monographie parue dans les Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. « Il me semblait, » dit-il, « qu'il y avait quelque honte pour notre ville et en particulier pour notre *Société de physique et d'histoire naturelle*, qu'un phénomène aussi singulier se passât pour ainsi dire chaque jour sous ses yeux, sans qu'on tentât d'en assigner enfin la vraie cause, et quelquefois je regrettais que M. de Saussure, à qui cette explication appartenait, n'eût jamais songé à l'entreprendre »... « Il y a en général dans la recherche des causes un attrait invincible qui nous y porte malgré nous-mêmes ; il y avait dans ce singulier phénomène un attrait plus vif que dans les autres. Il pouvait tenir à quelque loi encore obscure de la physique ou de l'électricité atmosphérique, et la découverte de la cause à laquelle il devait être attribué, ne pouvait manquer d'exciter l'intérêt. Je me préparai donc sérieusement à ce travail ; j'étais alors dans cette disposition que recommandent les philosophes pour la recherche de la vérité¹. »

Avant Vaucher on n'avait guère noté le phénomène des seiches que lorsqu'il se produisait avec une intensité exceptionnelle et s'imposait alors à l'attention de ceux qui ne l'eussent pas remarqué sans cela. Ayant l'instinct qu'il ne devait pas apparaître seulement sous cette forme extraordinaire, il fut le premier à rechercher s'il n'existait pas d'une manière à peu près constante quoique beaucoup plus faiblement. Ce fut sa première constatation, que cet état de mouvement lent de hausse et de baisse du lac est bien l'état nor-

¹ *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, t. VI, p. 37.

mal, « qu'il ne se manifeste pas par une agitation qui agite la surface de l'eau » (ce sont ses propres termes), « mais est au contraire un mouvement calme et simultané de la masse entière du liquide. »

Il s'installait des heures entières sur le bord du lac, notant de minute en minute le niveau de l'eau à une échelle verticale graduée qu'il établissait dans un petit bassin secondaire en communication avec le lac, de manière à éviter l'action troublante des vagues. Il fit ces observations sur plusieurs points différents des rives du lac, près de Genève, et entreprit aussi avec d'autres des mesures combinées en diverses stations, situées tantôt sur la même rive, tantôt sur les deux rives opposées. Puis Vaucher étendit ses investigations à différents lacs, soit par ses propres mesures, soit par l'intermédiaire de personnes de toute confiance. Il arriva ainsi à la conviction que le phénomène alternatif de hausse et de baisse se produisait aussi dans les autres lacs, tels que ceux de Zurich, d'Annecy, de Constance, de Neuchâtel, de Lugano.

De l'ensemble de ces recherches il conclut :

1° Qu'il y a des seiches plus ou moins considérables dans tous les lacs et que ceux dans lesquels on n'en a pas encore aperçu n'ont pas été suffisamment examinés.

2° Que ces seiches peuvent avoir lieu dans toutes les saisons de l'année et indifféremment à toutes les heures du jour.

3° Que rien ne paraît influencer davantage sur ce phénomène que l'état de l'atmosphère, en sorte que plus cet état est constant, moins il y a de seiches ; et plus il est variable plus il y en a.

4° Que, toutes choses égales d'ailleurs, les seiches sont d'autant plus considérables sur le lac de Genève que l'on s'approche de la sortie du Rhône, qu'elles di-

minuent à mesure qu'on s'en éloigne, sans devenir jamais nulles.

5° Que l'extrémité orientale du lac de Genève n'a pas des seiches plus sensibles que celles des autres lacs.

6° Que, quoique les seiches soient plus fréquentes au printemps et en automne que dans les autres saisons, cependant elles sont plus considérables en été et surtout à la fin de cette saison.

7° Que le minimum des seiches n'a point de terme, mais que leur maximum ne va pas au delà de cinq pieds.

8° Enfin que, quoique la durée de la seiche soit très variable, ses limites en plus ne vont guère au delà de 20 à 25 minutes et restent fort souvent en deçà, tandis que ses limites en moins sont 0.

Ce dernier énoncé sur la variabilité de la période des seiches suffit à lui seul à démontrer que, tout en ayant fait faire de très grands progrès à l'étude de ce phénomène, Vaucher n'est pas parvenu à en saisir la nature intime. Ces expériences duraient trop peu de temps pour lui permettre de reconnaître des retours réguliers à longs intervalles et de saisir une période pendulaire.

Et pourtant il en a été bien près, quand il dit, par exemple : « Il faut considérer les eaux des lacs comme formant un siphon à une infinité de branches dont l'une quelconque communique à toutes les autres¹ » la quantité dont l'eau baisse à une extrémité de ce siphon devant correspondre à la hausse qui se produit à l'autre extrémité.

Il était impossible d'approcher davantage de la loi simple du phénomène des seiches sans arriver à en donner l'énoncé même.

¹ Loc. cit., p. 82.

Vaucher a eu la vision du mouvement de balancement, mais pour lui il est infiniment multiple, c'est celui d'un syphon à une infinité de branches, celles-ci changeant suivant les points où agissent les variations de pression atmosphérique en étant chacun le siège de flux et reflux correspondants. Mais il n'arrive pas à la notion d'un mouvement unique de la masse entière de l'eau du lac, ou du moins il ne le dit nulle part dans son beau travail. Les arbres lui masquaient encore la forêt. Les irrégularités des mouvements oscillatoires lui voilaient encore la règle.

C'était à M. Forel qu'il appartenait de faire faire le pas décisif à la question qui nous occupe et d'en donner la solution dernière, encore cela n'a-t-il été qu'après de nouvelles et très longues recherches, tellement il est difficile souvent de discerner le fait simple fondamental au milieu des mille et mille faits secondaires qui en découlent et l'enveloppent.

Nous ne rappellerons pas les observations isolées de seiches d'amplitude exceptionnelle faites depuis Vaucher, sauf peut-être celle notée le 2 octobre 1841 à la machine hydraulique de Genève, par Veinié et décrite par M. Oltramare dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Il s'agissait d'une seiche de plus de deux mètres d'amplitude, la plus forte dont la mesure nous soit connue. Ces observations isolées ont piqué la curiosité publique, mais n'ont guère fait avancer le fond de la question.

Nous ne citerons non plus que pour mémoire les observations combinées instituées en 1854, 1855 et 1856 par Yersin avec la collaboration de MM. Ch. Dufour, Burnier, Bruderer, Veret, Gay et Schnetzler à Morges, Genève, Nyon, Ouchy et Vevey. Elles n'ont pas non plus fait faire un pas à la théorie. La méthode gra-

phique par laquelle Yersin le premier a traduit ses résultats aurait pu lui faire discerner le rythme, pourtant visible, des lacs ; il ne l'a pas aperçu.

Nous en venons donc à l'œuvre lumineuse accomplie par M. Forel qu'on peut appeler l'observateur par excellence du lac de Genève ; de cet ami passionné de la nature qui a fait son sujet de prédilection de ce lac sur les bords duquel s'est écoulée toute sa carrière scientifique, qui n'a plus de secrets pour lui et sur lequel il termine en ce moment une monographie en trois gros volumes qui est un des plus beaux monuments de la science suisse des dernières années. M. Forel a exposé tout au long dans son « Léman¹ » la théorie des seiches telle qu'il l'a édifiée de toutes pièces, mais il est surtout intéressant au point de vue de l'histoire d'une idée de consulter les deux études qu'il a publiées sur ses recherches en 1873 et en 1875, ainsi que ses publications ultérieures où on voit son interprétation du phénomène prendre corps de jour en jour.

M. Forel commença par reprendre pour son compte en 1869 et 1870 l'étude fondamentale du phénomène. Le port de Morges lui fournit un moyen très commode d'observations en constituant un bassin secondaire dans lequel se répercutaient les mouvements de hausse et de baisse du lac. Il nota les courants alternatifs qu'ils déterminaient aux entrées du port et il put ainsi constater la fréquence du phénomène des seiches et en mesurer d'une manière précise et facile la durée.

Il reconnut : 1° Que l'amplitude est variable dans le cours d'une même seiche pour les diverses oscillations.

¹ F.-A. Forel. *Le Léman*, monographie limnologique, Lausanne, F. Rouge, éditeur.

2° Que l'amplitude des oscillations est variable dans une même localité pour les différentes seiches.

3° Que l'amplitude des seiches varie suivant les localités et les points de la rive où on l'observe, ainsi à Genève elle peut atteindre 1 et 2 mètres, tandis qu'à Morges la moyenne est de 1 à 3 centimètres, ne dépassant guère 10 centimètres, quoique M. Forel en ait observé une dans le port de Morges qui a atteint, tout à fait exceptionnellement 26 centimètres.

Si nous en venons maintenant à la durée de la vague, elle n'est pas constante pour une même seiche dans une même localité.

Il n'y a pas non plus égalité dans la durée moyenne des oscillations des diverses seiches observées dans la même localité. La durée des seiches diffère aussi notablement d'une localité à l'autre; elle n'est pas la même à Morges qu'à Genève, et dans cette localité elle est sensiblement plus longue qu'à Morges.

Toutes ces variations et ces irrégularités n'étaient pas faites pour faciliter la découverte de la vraie nature du phénomène. Entre temps cependant, dans l'hiver 1869-1870, pendant lequel les eaux du Léman furent exceptionnellement basses, M. Forel eut l'occasion d'observer sur la grève à pente presque insensible qui se forma dans le port de Morges, des seiches en miniature propres à ce petit bassin secondaire, mouvements de balancement dont l'étude le rapprocha de l'interprétation vraie des seiches du lac.

Pour cette explication, étant donné le caractère oscillatoire du mouvement des seiches, on pouvait invoquer ou une vague d'ondulation progressive comme les vagues ordinaires, seulement beaucoup plus grande, comme certaines observations de Vaucher pouvaient le faire croire, ou une vague d'ondulation fixe,

mouvement de balancement simple. C'est le premier point que M. Forel a cherché à élucider, et il écarta d'emblée la première interprétation, par la raison que la progression d'une aussi large vague entraînerait un déplacement horizontal très rapide de l'eau de la surface, lequel ne se produit absolument pas et n'a jamais pu être observé. Il fallait donc admettre que, si le mouvement des seiches était bien un mouvement d'oscillation, il ne pouvait être qu'un mouvement d'oscillation de balancement.

Il ne suffisait pas d'écarter la première hypothèse, il fallait prouver l'exactitude de la seconde, c'est pourquoi M. Forel se mit à chercher les lois de ce mouvement dans un bassin de laboratoire, afin de les comparer à celles des seiches et de vérifier si elles s'appliquaient bien au phénomène qu'il étudiait.

Il a trouvé ainsi que la durée de la vague augmente avec la longueur de l'axe de balancement. C'est l'expérience élémentaire de physique dont nous parlions tout à l'heure et que nous répétons ici devant vous avec cette grande auge rectangulaire en verre, pleine d'eau bleuie. Si nous la faisons balancer dans le sens de sa plus grande longueur, vous voyez l'eau osciller dans un rythme donné, et si ensuite nous donnons l'impulsion dans le sens transversal, vous constatez une oscillation beaucoup plus rapide. M. Forel trouva en outre que la durée et la hauteur de la vague croissent à mesure que la profondeur diminue, que dans un bassin dont le fond est incliné la hauteur de la vague est plus forte à l'extrémité la moins profonde, que le mouvement de balancement est simultanément dans tout le bassin, que la hauteur est nulle au milieu du bassin et maxima aux deux extrémités. Ce sont là les carac-

tères du balancement longitudinal à un seul nœud au milieu (oscillation uninodale).

Reprises à la lumière de ces lois du mouvement de balancement, bien des irrégularités et des anomalies apparentes, observées dans l'allure des seiches, s'expliquaient. Ainsi la hauteur de la vague augmente à mesure que la profondeur de l'eau diminue, c'est ce qui a lieu à mesure qu'on se rapproche de Genève, où en effet les seiches sont les plus fortes.

La hauteur de la vague est nulle au milieu du bassin et a son maximum aux deux extrémités, très faible, nous l'avons vu, à Morges et maxima à Villeneuve et à Genève.

Les caractères généraux des seiches rentraient donc bien dans les lois du mouvement de balancement. C'était un fait acquis, restait à serrer de plus près les conditions du phénomène. Celui-ci apparaissait en effet encore sous une forme très complexe avec ses variations de forme, d'amplitude, de durée d'une seiche à l'autre et d'une station à l'autre, cette absence apparente de rythme qui était surtout de nature à jeter des doutes sur l'existence d'un mouvement de balancement simple.

Il fallait, pour pousser plus loin les observations, un procédé de mesure plus sensible ; M. Forel se l'est procuré en imaginant un dispositif tout à fait élémentaire et très facilement transportable qu'il a appelé le *plémyramètre* (de *πλημυρα*, marée).

C'est en plus petit le procédé consistant à noter les alternatives de hausse et de baisse de l'eau dans le port de Morges. Un petit bassin de terre ou de métal est établi dans la grève, de telle sorte que son fond soit à quelques centimètres au-dessous du niveau du lac. Un siphon le relie à ce dernier et les mouvements

de va et vient de l'eau du siphon, traduits par un flotteur, indiquent très nettement les changements de sens dans le mouvement de hausse et de baisse de l'eau, par conséquent la durée des seiches, et cela pour les plus faibles dénivellations. Ce procédé est si délicat que M. Forel ne l'a jamais mis en jeu, en un point quelconque du lac, sans qu'il révélât l'existence de mouvements très sensibles, et ceux-ci ne tardèrent pas à lui présenter un caractère évident, remarquable et facile à constater; c'est qu'au lieu d'être irréguliers, fortuits, tantôt plus grands, tantôt plus petits, comme ils étaient apparus avec les moyens imparfaits d'observation dont on disposait jusque-là, ils étaient soumis à un rythme incontestable, quoique sujet aussi à certaines variations.

Ces premières observations faites à Morges, furent assez concordantes pour lui permettre de conclure que la durée moyenne des seiches dans cette station est de 630 secondes. Il n'hésita pas dès lors à voir dans cette période de près de 10 minutes celle de la seiche transversale de Morges à la côte de Savoie. Avec le transport du plémyramètre sur d'autres points des rives du lac, en particulier à son extrémité orientale et à Evian, c'est de nouveau la complication et une variabilité excessive qui apparaissent. « Il y a vraiment, dit notre patient observateur, de quoi troubler l'esprit le plus calme, il faut que j'aie une foi bien robuste dans la vérité de mon hypothèse pour continuer à maintenir que, au milieu de toutes ces vagues qui se croisent et se mêlent, il y a cependant encore un rythme reconnaissable. »

En effet, sans se laisser décourager par cette extrême complication des oscillations du Léman qui semble exclure le phénomène simple préconçu et fermement

attendu, M. Forel se l'explique par l'irrégularité du bassin entraînant des réflexions obliques et croisées d'ondes diverses. Il se tourne donc vers d'autres bassins plus réguliers et plus simples dans leur forme pour constater si les oscillations n'y seraient pas plus régulières. Il va alors étudier avec son plémyramètre les seiches de quelques autres lacs suisses.

Ces observations comparatives entre divers lacs de longueur différente avaient en outre pour but de chercher si la première des lois du mouvement de balancement, à savoir que la durée de l'oscillation est proportionnelle à la longueur du bassin, se vérifie pour les seiches de ces lacs.

Le plémyramètre fonctionna ainsi successivement à Brienz, au lac de Constance, aux deux extrémités du lac de Neuchâtel, aux deux extrémités du lac de Thoune, aux lacs de Wallenstadt, de Morat, de Joux et de Bret dont la longueur varie de 1 kilomètre pour ce dernier à 65 kilomètres pour le lac de Constance.

La station d'observation a toujours été choisie dans le voisinage immédiat de l'extrémité du grand axe du lac, de façon à donner aussi exactement que possible la durée de la seiche longitudinale du lac étudié.

Du tableau comparatif des mesures ainsi obtenues il résulte que la durée des seiches longitudinales est en raison directe de la longueur des différents lacs, ce qui tend à confirmer l'hypothèse que les seiches sont bien des vagues de balancement des lacs.

Mais l'expérience qui devait trancher la question a consisté dans les observations plémyramétriques simultanément faites le 14 octobre 1874 par MM. Forel et Rey aux deux extrémités du lac de Neuchâtel. Ce lac, de forme simple, devait parler un langage simple aussi et concluant, ce fut le cas. Les seiches de durée

maxima et particulièrement marquées reconnues ce jour-là au plémyramètre se trouvèrent en effet être très nettement simultanées et opposées. La principale loi du mouvement de balancement simple de part et d'autre d'une ligne médiane, balancement uninodal, se trouvait donc absolument satisfaite par les seiches du lac de Neuchâtel et l'hypothèse de M. Forel pleinement confirmée.

Des expériences analogues tentées par les mêmes observateurs entre Evian et Morges pour établir si les oscillations à courte période de cette dernière station sont, comme on pouvait le prévoir, des seiches transversales, n'ont pas donné un résultat aussi concluant¹.

Ainsi M. Forel était arrivé à établir, dans ses grandes lignes, toute la théorie des seiches. Il est permis de s'étonner qu'il y soit parvenu avec des appareils très imparfaits qui ne fonctionnaient que très temporairement et avec la chance de circonstances défavorables ou exceptionnelles.

Pour atteindre une précision absolue il était indispensable d'employer le procédé d'inscription graphique automatique donnant directement l'image des mouvements en une courbe continue et pour une période assez longue pour faire apparaître la loi et éliminer les exceptions.

M. Forel installa donc en 1876 un limnimètre enregistreur dans la terrasse de son habitation à Morges.

L'appareil était une variante des marégraphes de l'océan. Un flotteur placé dans un puits, à l'abri de

¹ J'ai eu moi-même la preuve expérimentale directe de l'existence de seiches transversales au lac de Lucerne, mais cela dans des circonstances exceptionnellement favorables dans le bras Kussnacht-Stansstad qui constitue comme un bassin à part et a ses oscillations propres. Elle reste à faire pour le lac de Genève.

l'influence des vagues proprement dites, transmettait son mouvement en grandeur naturelle à une règle horizontale portant un crayon et écrivant sur un rouleau de papier indéfini mû par un mouvement d'horlogerie avec un déplacement de 1^{mm} par minute. Le mouvement de va et vient du niveau du lac se traduisait en une courbe continue dont les ordonnées donnaient la hauteur de la seiche et les abscisses le temps à l'échelle de 1^{mm} par minute. Les tracés de ce limnographe mettaient en évidence les moindres détails du mouvement des seiches et, par conséquent, toutes les irrégularités et les oscillations d'ordre secondaire, de telle sorte que l'apparence générale du tracé ainsi obtenu est une sinusoïde à période longue sur laquelle se dessinent des broderies plus ou moins accentuées et fines dont les dénivellations sont souvent beaucoup plus marquées que celles de la période fondamentale, de manière à la masquer presque complètement, ce qui explique la difficulté qu'il y avait à la reconnaître par des observations directes. Avec les tracés des enregistreurs tout devient clair et la mesure des différentes périodes s'effectue directement et très facilement. La nature du mouvement des seiches ressort de ces courbes avec une parfaite évidence et l'interprétation que leur avait donnée M. Forel en les considérant comme un balancement simple de l'eau du lac était confirmée de tout point.

Il devenait désirable d'inscrire ce phénomène dans la station où il se produisait avec le plus d'intensité, à Genève même, dans les eaux classiques des seiches.

C'est ce qu'entreprit en 1877 Philippe Plantamour, qui fit construire dans sa villa de Sécheron, peu en avant de l'entrée du port de Genève, un grand limnographe perfectionné, inscrivant les oscillations du

lac en un double tracé l'un en grandeur naturelle et l'autre à l'échelle du cinquième, en vue des mouvements dépassant les limites de l'appareil et dont les tracés sortiraient du papier. Cet appareil, maintenant propriété de la Ville de Genève, a fonctionné sans cesse depuis son installation et les cahiers de tracés qu'il a fournis constituent, à l'heure qu'il est, une bibliothèque immense, un document unique pour l'étude des seiches et qui, plus qu'aucun autre, a servi à faire connaître la nature intime du phénomène.

Comme il importait aussi d'appliquer cette méthode, la seule précise, à l'étude des mouvements d'autres stations du Léman et sur d'autres lacs, je fis moi-même établir en 1879 par la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, un *limnographe transportable* d'une précision tout à fait comparable à celle des appareils fixes de Morges et de Genève.

J'ai le plaisir de vous montrer ici un limnographe transportable de ce même modèle et qui est prêt à être expédié à la *Meteorologische Central-Anstalt* de Vienne pour être employé à l'étude des lacs autrichiens. Vous en saisissez à première vue le fonctionnement.

Un grand tube de zinc plongeant dans le lac et muni d'une petite ouverture facilement réglable, protège le flotteur contre l'action troublante des vagues. Ce flotteur et la tringle qui le surmonte suivent les moindres dénivellations du lac en un mouvement de va et vient vertical qui, par un ruban de cuivre se transmet à la poulie que vous voyez ici. L'axe de celle-ci pénètre dans la boîte contenant l'appareil enregistreur où il se termine en une poulie de même diamètre. Celle-ci actionne une règle horizontale munie d'un crayon ou d'une plume qui inscrit les moindres dénivellations en vraie grandeur sur un ruban de papier indéfini de

25 cm. de largeur entraîné par une horloge à raison de 1^{mm} par minute.

Cet appareil se transporte aisément d'une station à l'autre et s'installe en un point suffisamment abrité des bords d'un lac, petit port, mur de terrasse, pavillon de bain avec la même facilité qu'ici sur le bord de cette tribune, en prenant toutefois les précautions spéciales dictées par la disposition des lieux.

Tel que vous le voyez là, il a été utilisé successivement en diverses stations des lacs de Genève, de Constance, de Zurich, de Neuchâtel, de Thoune, et a été consacré plus spécialement en dernier lieu à l'étude du lac des Quatre-Cantons, qui constitue un cas particulièrement compliqué et intéressant.

Enfin, entre les mains de M. le professeur Ebert de Munich, de M. le Dr Halbfass, à Neuhaldensleben, de M. Chistoni, professeur à Modène, il a donné d'excellents résultats sur le lac de Starnberg, en Bavière, sur le Madusee, en Poméranie, et sur le lac de Garda.

Nous mentionnerons encore les recherches qui ont été entreprises déjà, quoique avec d'autres moyens, sur quelques-uns des grands lacs d'Amérique, en particulier le lac Erié, et surtout la belle étude faite par M. de Cholnoky du lac Balaton, dont la période de balancement est de 12 heures, ce qui équivaut à un pendule simple qui aurait une longueur égale à quatre fois la distance de la Terre à la Lune.

Et maintenant, Messieurs, je n'ai pas la prétention de m'étendre plus longuement sur les points de détail qu'a révélés l'étude systématique des seiches faite déjà sur un grand nombre de lacs en Suisse et dans les contrées plus éloignées de nous. J'avais pris comme sujet de ce discours l'histoire d'une idée. Partant de l'opinion négative du grand Volta il m'avait paru

instructif de suivre pas à pas le développement d'une théorie et de constater par quelles difficultés, par quels longs tâtonnements une conception aussi élémentaire que celle du mouvement de balancement simple d'un lac dans toute sa masse a eu à passer pour se faire jour. Après Fatio de Duillier, de Saussure et Vaucher qui n'avaient eu que des visions très imparfaites, nous sommes parvenus à la pleine lumière, grâce aux patientes recherches de M. Forel. J'ai donc terminé et n'entrerai pas plus avant dans les détails de cette étude.

Qu'il me suffise de dire que pour la simplification de mon exposé je n'ai voulu parler que du mouvement de balancement simple uninodal. Outre la période propre à ce mouvement, laquelle est forcément la plus longue de celles que donne un lac, les tracés du limnographe révèlent aussi très vite une période à peu près moitié de celle-là correspondant au mouvement à deux nœuds qui est de même sens aux deux extrémités du lac, de sens contraire en son milieu, *seiche binodale*. Ils révèlent aussi des mouvements plus rapides encore dont la nature n'a pu jusqu'ici être bien déterminée. Pour le lac de Genève le mouvement pendulaire simple a une période de $73 \frac{1}{2}$ minutes, le balancement binodal a une durée de $35 \frac{1}{2}$ minutes. Ce sont les deux notes fondamentales du Léman.

Il résulte en effet de l'ensemble de nos connaissances sur les seiches que tout lac est un appareil vibratoire plus ou moins bien ou mal réglé, suivant la forme plus ou moins compliquée de son contour extérieur ou du relief de son fond, la présence ou l'absence de bassins secondaires à mouvement propre troublant l'allure du mouvement fondamental, la place qu'occupe un nœud forcé du mouvement de balancement, rétrécissement du miroir du lac ou barre de fond.

Cette dernière cause joue un rôle prédominant, ainsi tel lac, très irrégulier pour ce qui est de son contour général, comme le lac des Quatre-Cantons, peut donner des notes très pures parce que le nœud naturel forcé produit par le rétrécissement de ce lac au détroit des Nases se trouve placé juste sur l'axe de balancement de l'ensemble du lac. Tandis que le lac de Zurich, avec l'apparence d'une courbe très simple en arc de cercle, présente entre ses deux parties très inégales entre elles la barre de Rapperswyl, créant un nœud qui ne correspond à aucun des mouvements de balancement simple que ce lac pourrait donner.

Le lac des Quatre-Cantons est une corde de violon touchée au bon endroit par celui qui veut lui faire rendre une note donnée, un instrument de musique en apparence défectueux, mais dont l'artiste tire un excellent parti. Au contraire, le lac de Zurich est un instrument qui, à première vue, semblerait devoir être meilleur, mais qui est mal joué, mal réglé. Il n'a donc pas de beaux mouvements pendulaires comme le lac des Quatre-Cantons ou comme le Léman.

Cette assimilation entre le mouvement des lacs et les vibrations des cordes peut se pousser plus loin encore. Nous avons vu déjà les mouvements à un seul nœud sur une ligne médiane et les mouvements à deux nœuds qui sont de même sens aux deux bouts, de sens opposé au milieu. Il y a tout lieu de supposer qu'il doit se produire des oscillations à un plus grand nombre de nœuds encore. Les indices favorables à l'existence de ces seiches plurinodales sont nombreux et probants. Cette hypothèse expliquerait, en partie du moins, les broderies à courte période qui se dessinent sur la courbe fondamentale. Elles peuvent être, en effet, suivant les cas, des oscillations locales d'un bassin plus ou moins

distinct du grand, ou des transversales, ou encore des longitudinales plurinodales, parfois même les trois choses ensemble, si les circonstances y concourent.

Cette question des seiches à oscillation rapide n'est pas encore résolue, la brièveté de la période est une grande difficulté pour obtenir des résultats nets par la superposition des tracés de deux stations différentes et pour trancher la question dans le sens de l'opposition ou de la non opposition des mouvements qui est ici le principal critère.

L'expérience décisive devrait se faire sur un grand lac présentant des périodes assez longues, même pour les plurinodales et avec un certain nombre d'enregistreurs travaillant simultanément en plusieurs points de ses rives.

Il est bien d'autres points de détail qui ne seront résolus qu'à mesure que les observations se multiplieront dans différents lacs de dimension et de configuration très diverses. Mais, comme nous l'avons dit, ces questions sortent du cadre de ce discours et j'ai hâte de conclure.

Les recherches sur les seiches que l'on a pu considérer longtemps comme un phénomène local appartenant exclusivement à notre lac, tendent donc à s'étendre à tous les pays. Dans le domaine de la science comme dans le domaine politique ou social une question ne peut pas être réservée à une contrée limitée. Tout devient mondial à notre époque, puisque c'est maintenant le terme consacré. Les recherches sur les seiches deviennent donc mondiales à leur tour et le phénomène qui nous occupe est étudié maintenant au Japon avec le même appareil qui nous a servi à en fixer les lois sur notre lac.

Mais ce n'est pas une raison pour nous montrer

ingrats envers ce lac Léman qui nous a le premier et sous sa forme la plus frappante révélé ce phénomène grandiose qui excite maintenant l'intérêt général.

J'étais dernièrement en villégiature sur le sommet du Jura et de ce poste élevé j'avais constamment sous les yeux et à mes pieds dans toute son étendue cette magnifique nappe d'eau que nous aimons tant, nous qui avons le privilège de vivre sur ses bords. Lorsque je me laissais aller jusqu'à me perdre complètement dans la contemplation de ce spectacle sublime de la grande nature, il me semblait que ce gigantesque bassin en apparence inerte et mort prenait vie, que je percevais les pulsations lentes et majestueuses de cette masse immense que nous savons au contraire constamment en mouvement dans toutes ses parties à la fois, — de ce pendule colossal pour lequel les heures ne comptent pas plus que les secondes, ne faisant comme elles l'objet que d'un seul battement.

Et je songeais alors à tout ce qu'il nous a donné déjà ce lac et qu'il nous donnera encore en phénomènes physiques, chimiques, géologiques, botaniques, zoologiques qui nous démontrent toujours à nouveau cette sublime ordonnance de la nature, cette unité des lois qui président à la marche du monde.

Portant enfin mon regard au loin vers l'Est jusqu'aux cimes neigeuses du Valais et de l'Oberland, jusqu'à cette Jungfrau chère au cœur de tous les Suisses, un des plus purs emblèmes de notre pays, je comprenais mieux la nécessité d'écouter sans cesse et attentivement ce que cette nature qui nous a été faite si belle, murmure continuellement à notre oreille pour qui sait l'entendre, tous ces secrets qu'elle est prête à nous révéler encore à l'avenir et dans tous les domaines.

C'est précisément ce que s'efforcent de faire la plupart de ceux que je vois réunis ici devant moi aujourd'hui, c'est le but que poursuivent ces sociétés scientifiques répandues en si grand nombre sur le sol de notre Suisse, c'est l'esprit dans lequel a été fondée notre Société destinée à les réunir toutes en un seul faisceau et c'est aussi dans cet esprit, Messieurs et chers Collègues, que je déclare ouverte la 85^{me} session de la Société Helvétique des sciences naturelles.
