

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	13 (1874-1875)
<b>Heft:</b>	72
<b>Artikel:</b>	Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du Lac Léman
<b>Autor:</b>	Forel, F.-A. / Risler, E. / Walther
<b>Kapitel:</b>	VI [i.e. VII]: Recherches photographiques sur la transparence de l'eau
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-258088">https://doi.org/10.5169/seals-258088</a>

### **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>**

grands fonds peuvent être absolument claires ; ce n'est, en effet, que dans ces circonstances que tous les affluents du lac lui amènent ensemble de l'eau transparente et propre.

F.-A. F.

---

**§ VI. Recherches photographiques sur la transparence de l'eau.**

Parmi les animaux que nous connaissons au fond du lac, deux espèces au moins sont aveugles ; un *Gammarus* et un *Asellus* ont entièrement perdu les organes de la vision, et l'on ne distingue chez eux plus même les traces des yeux si brillants des autres espèces congénères. Ces deux espèces sont en outre d'un blanc mat, atone qui rappelle la couleur des animaux des cavernes. Ces animaux ont subi, semble-t-il, les modifications des êtres qui ont vécu depuis de longues séries de générations dans un milieu absolument obscur, et sans vouloir me prononcer sur la similitude ou la différence spécifique entre ces crustacés du Léman et ceux que les naturalistes wurtembergeois ont découvert dans la grotte de Falkenstein, près Urach<sup>(1)</sup>, je crois pouvoir au moins les assimiler entièrement au point de vue de leur habitus général.

D'une autre part, un grand nombre d'espèces de la faune profonde, appartenant aussi bien aux crustacés qu'à d'autres groupes, ont des yeux parfaitement bien développés. Les Hydrachnelles, Cyclops, Lyncées, Limnées,

<sup>(2)</sup> Beiträge zur Kenntniss der Württ. Höhlenfauna, von Dr. R. Wiedersheim. Würzburg 1873, p. 4.

S. Fries. Die Falkensteiner Höhle, ihre Fauna und Flora. Sep. Abd. a. d. Württ. naturwiss. Jahreshften 1874, p. 29.

Piscicoles, plusieurs Turbellariés, ont des appareils visuels très évidents et très distincts. Leurs couleurs sont encore très vives. (Hydrachnelle, Piscicole, Hydre). Ces animaux ne semblent absolument pas modifiés par un milieu obscur.

Il y a donc dans la faune profonde du Léman un mélange d'animaux des régions obscures et des régions éclairées ; il y a l'indication sur certaines espèces de l'action de l'obscurité, sur d'autres espèces cette action a été nulle. Quelle est la cause de cette différence d'action ? Nous ne tenterons pas d'aborder directement ce problème, pour le moment du moins. Nous voulons commencer par essayer de déterminer d'une manière précise les conditions physiques dans lesquelles vivent ces animaux au point de vue de la lumière et de l'obscurité. Nous voulons nous contenter, comme première base pour la solution de la question, de déterminer la profondeur à laquelle pénètrent les rayons solaires, de rechercher s'il est une limite à cette pénétration, et à quelle profondeur se trouve cette limite.

Dans l'impossibilité où nous sommes d'aller étudier directement l'action lumineuse dans les profondeurs du lac, et en l'absence de preuves qui nous permettent de mesurer les rayons lumineux proprement dits, nous en sommes réduits à aborder la question par voie détournée et à chercher les conditions de la pénétration des rayons chimiques ou actiniques. J'ai employé dans cette étude et avec un plein succès, le chlorure d'argent, l'agent des photographes.

Je passe rapidement sur mes premiers essais faits à Villeneuve au mois d'avril 1873, avec du chlorure d'argent précipité dans une bouteille de verre transparent ;

quelques expériences faites à 60<sup>m</sup> de fond m'ont donné des résultats négatifs. Je décris immédiatement le mode de procédé auquel je me suis définitivement arrêté.

J'emploie le papier albuminé et salé des photographes que je sensibilise en le plongeant pendant 10 minutes dans une solution de 8 pour cent de nitrate d'argent. Je laisse sécher ce papier dans l'obscurité et je le découpe en feuilles carrées de 7 centimètres de côté.

Muni d'une de ces feuilles soigneusement protégée contre la lumière dans un livre bien fermé, je me rends dans un bateau jusqu'à l'endroit où je veux faire mon expérience et j'en détermine exactement la position par deux alignements, la profondeur par un sondage. J'attends alors sur place que la nuit soit suffisamment obscure pour que le papier sensibilisé ne soit plus affecté par la lumière du crépuscule.

Je fixe alors ma feuille de papier sensibilisé dans un appareil consistant en deux feuilles de verre; la feuille inférieure est liée à une lame de plomb dont le poids fait ancre et maintient l'appareil dans une position horizontale; la feuille supérieure, mobile, est vernie en noir sur la moitié de sa surface de manière à intercepter sur une partie du papier l'action des rayons solaires et à permettre une comparaison entre la partie affectée et la partie protégée. Le papier sensibilisé est glissé entre les deux feuilles de verre et la feuille supérieure est fixée par un cadre de cire à cacheter et un ressort en fil de fer sur la feuille inférieure.

J'ai soin avant de descendre l'appareil de mouiller les deux faces du papier photographique et de le faire baigner dans une couche d'eau de manière à éviter les bulles d'air qui feraient tache sur l'épreuve.

L'appareil est maintenu horizontal par quatre fils de laiton attachés aux angles de la feuille de plomb, une corde permet de le descendre jusqu'au fond du lac et une bouée m'aide à le retrouver le lendemain. L'opération de la descente se fait à la nuit noire.

Je laisse reposer l'appareil au fond de l'eau pendant 24 heures et le lendemain, après avoir, de jour, retrouvé la bouée, j'attends la nuit pour le retirer sur mon bateau. Je traite immédiatement le papier photographique à l'aide du fixatif ordinaire (solution d'hyposulfite de soude au 15 pour 100 pendant 5 minutes, puis lavage à l'eau du lac pendant 24 heures) de manière à enlever l'excès de sels d'argent et à obtenir une épreuve inaltérable et comparable à celles d'autres expériences.

Je me suis fait en outre une échelle, soit gamme de tons qui me permet d'indiquer par un chiffre l'intensité de l'action lumineuse. Par un beau jour d'été, le 22 juillet 1873, à 11 heures du matin, j'ai exposé au soleil une feuille de papier photographique de telle manière que la première bande de cette feuille ait été soumise à l'action solaire pendant 5 secondes, c'est le n° 1 de ma gamme, la deuxième, n° 2, pendant 10 secondes, la troisième, n° 3, pendant 15 secondes et ainsi de suite. En comparant à cette échelle les épreuves obtenues dans le lac, je puis dire que dans telle expérience l'action chimique pendant un jour dans le lac a été égale à celle d'une exposition au soleil dans l'air pendant 10 ou 20 ou 40 secondes.

C'est à l'aide de ce procédé que j'ai fait les expériences suivantes :

*Expérience A — I. 23 juillet 1873. 2 mètres de fond.*

Exposition pendant un jour au bord du lac devant Morges. 23 juillet, ciel bleu. Eau très louche, à un mètre de fond je cesse d'apercevoir un objet blanc. — Effet photographique maximum. La moitié non protégée du papier sensibilisé est toute noire.

*Expérience A — II. 30 juin 1873. 27 mètres de fond.*

Devant Morges. Deux jours d'exposition. 30 juin, ciel nuageux. 1<sup>er</sup> juillet, ciel très nuageux. — Effet photographique sensible; intermédiaire aux n<sup>o</sup>s 1 et 2 de l'échelle, soit comparable à l'exposition de 5 à 10 secondes à l'air.

*Expérience A — III. 11 juillet 1873. 40 mètres de fond.*

Devant Morges. Trois jours d'exposition. Le 11 juillet, ciel clair; le 12, ciel nuageux; le 13, ciel clair. — Effet photographique sensible, analogue au n<sup>o</sup> 1 de l'échelle, soit à l'exposition pendant 5 secondes au soleil.

*Expérience A — IV. 21 juillet 1873. 50 mètres de fond.*

Devant Morges. Un jour d'exposition. 21 juillet, ciel clair. — Effet photographique nul.

*Expérience A — V. 25 juin 1873. 60 mètres de fond.*

Devant Morges. Deux jours d'exposition. 25 juin, ciel clair; 26, ciel clair. — Effet photographique nul.

De ces expériences je conclus que l'effet chimique de la lumière s'arrête, en été, devant Morges, entre 40 et 50 mètres de fond; j'appellerai ce point *limite d'obscurité absolue*. Pour être exact je devrais dire plutôt limite de l'action chimique des rayons solaires; ce ne sont pas en effet des rayons lumineux mais des rayons chimiques qui agissent sur le chlorure d'argent. Mais comme, d'une part, nos sens ne perçoivent que les impressions lumineuses et sont absolument ignorants des impressions chimiques, comme d'autre part il est probable que les rayons lumineux suivent les mêmes lois pour leur pénétration dans l'eau que les rayons chimiques, je préfère employer ce mot qui parle d'une manière plus saisissante à

l'imagination. La limite de pénétration des rayons lumineux est-elle plus ou moins profonde que celle des rayons chimiques, c'est ce que je me sens incapable de décider. Mais ce que je crois pouvois admettre c'est que les lois déterminées pour la pénétration du rayon chimique sont valables pour le rayon lumineux, toute réserve étant faite pour les valeurs numériques qui expriment ces lois.

Ceci étant bien réservé je reprends mon raisonnement : J'ai dit que la limite de l'action chimique que j'appelle la limite d'obscurité absolue est située entre 40 et 50 mètres de profondeur, en été, devant Morges.

Je dis *devant Morges*, car il est probable que cette limite n'est pas à la même profondeur dans toutes les régions du lac ; il est probable, par exemple, que près des bouches du Rhône, les eaux boueuses de ce fleuve glaciaire salissant le lac, comme chacun le sait, la limite de l'action solaire doit être sensiblement moins profonde ; il est possible aussi que dans le petit lac, les eaux superficielles relativement plus troubles étant sans cesse enlevées par l'émissaire du lac, la limite d'obscurité absolue soit plus profonde dans les environs de Genève que dans le grand lac. Mais d'après les circonstances générales du lac et la position de Morges je crois cependant pouvoir dire que les expériences ci-dessus sont bien dans des conditions moyennes et peuvent être étendues à la plus grande partie du lac.

Je dis ensuite que la limite d'obscurité absolue est entre 40 et 50 mètres *en été*. Au premier abord cette réserve peut sembler inutile et les personnes qui ne sont pas familiarisées avec les conditions de notre lac proposeront peut-être de remplacer ces mots *en été*

par ceux de *au maximum* indiquant ainsi la plus grande profondeur à laquelle peuvent pénétrer les rayons solaires. C'est en effet le 21 juin que la durée du jour est la plus grande, que le soleil est le plus élevé sur l'horizon, c'est en été que l'atmosphère est la plus transparente et le soleil le plus brillant. Il peut donc sembler absurde d'aller chercher dans d'autres saisons une limite d'obscurité absolue plus profonde que celle de l'été. Mais, pour qui connaît la transparence cristalline des eaux du Léman pendant les mois d'hiver, et pour qui lui compare le louche opalin de ces mêmes eaux en été, la question devait au moins être étudiée, et quelque courte que soit la journée, quelque bas que soit le soleil sur l'horizon, quelque épais que fussent les nuages vers le solstice d'hiver, je n'en ai pas moins entrepris les expériences suivantes qui m'ont donné les résultats les plus affirmatifs.

*Expérience A — VI. 22 décembre 1873. 40 mètres de fond.*

Devant Morges. Un jour d'exposition. 22 décembre, brouillard le matin; ciel clair depuis une heure du soir. — Effet photographique analogue au n° 5 de l'échelle, soit à l'exposition à l'air pendant 25 secondes.

*Expérience A — VII. 23 décembre 1873. 50 mètres de fond.*

Devant Morges. Deux jours d'exposition. 23 décembre, brouillards, éclaircies de soleil; le 24, brouillards, éclaircies peu fréquentes. — Effet photographique sensible, analogue au n° 7 de l'échelle, soit à une exposition à l'air de 35 secondes.

*Expérience A — VIII. 20 janvier 1874. 68 mètres de fond.*

Devant Morges. Un jour d'exposition. 20 janvier, couvert jusqu'à 11 heures, éclaircies jusqu'à 1 heure, clair dans l'après-midi. — Effet photographique sensible, moins fort que le n° 1 de l'échelle, soit inférieur à une exposition à l'air de 5 secondes.

*Expérience A — IX. 15 février 1874. 80 mètres de fond.*

Devant Morges. Un jour d'exposition. 15 février, temps nuageux, quelques éclaircies très courtes, entr'autres à midi et quart,

soleil très pâle. — Effet photographique sensible, moins fort que dans l'expérience VIII, inférieur, par conséquent, à l'effet de l'exposition de 5 secondes en plein soleil à l'air.

Ces expériences permettent d'établir que tandis que la limite d'obscurité absolue était entre 40 et 50 mètres de profondeur en été, elle est dans les mois de décembre et de janvier entre 70 et 80 mètres, dans le mois de février entre 80 et 100 mètres. Mais nous n'avons pas encore là le maximum possible. En effet, la période de transparence de l'eau dure jusqu'en avril et à la fin de cette période le soleil étant beaucoup plus élevé sur l'horizon nous avons tout lieu d'admettre que ses rayons pénétreront plus profondément. C'est ce que prouve l'expérience suivante :

*Expérience A — X. 25 février 1874. 50 mètres de fond.*

Devant Morges. Un jour d'exposition. 25 février, beau temps jusqu'à 2 heures après midi, soleil assez pâle. — Effet photographique très fort, près du maximum, dépassant du double le n° 10 de mon échelle, qui donne l'exposition pendant 50 secondes au soleil, à l'air.

Si je compare ce résultat à celui que m'a donné l'expérience VII du 23 décembre, je constate un effet beaucoup plus puissant au mois de février, effet que j'attribue en partie à la plus grande hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

J'espère dans un prochain rapport être à même de donner des chiffres et des dates définitives sur la profondeur maximum de la limite d'obscurité absolue.

Pour le moment je veux me contenter des faits positifs obtenus jusqu'à présent :

1<sup>o</sup> La limite d'obscurité absolue est, en été, devant Morges entre 40 et 50 mètres.

2<sup>o</sup> Cette limite est plus profonde en hiver par suite de la plus grande transparence des eaux.

Il résulte de ces deux conclusions qu'à une certaine profondeur, vers 50 et 100 mètres, il doit régner une distribution fort singulière des jours et des nuits. Durant la saison d'été une longue nuit de 6 mois environ ne laisse pénétrer aucune lumière (de mai en octobre). En hiver, au contraire, des jours relativement très courts viennent couper des nuits d'autant plus longues que le point d'observation est situé plus profondément. Si nous descendons enfin près de la limite maximale d'obscurité absolue, la saison d'hiver doit présenter vers l'époque du solstice une seconde nuit de très longue durée correspondant à la période où le soleil est trop bas sur l'horizon pour envoyer ses rayons aussi profondément. Je ne veux pas fatiguer le lecteur en étudiant toutes les possibilités de distribution des jours et des nuits dans les profondeurs du lac, ou en les comparant aux jours et nuits polaires ou tropicaux de notre atmosphère terrestre. Le seul point sur lequel je veux insister c'est la distribution fort inégale des jours et des nuits, et cela de plus en plus au détriment du jour à mesure que nous descendons dans des couches plus profondes ; l'obscurité absolue enfin qui doit perpétuellement régner dans les grandes profondeurs.

Revenons à la faune profonde et à ses rapports avec la lumière. Là, j'ai deux faits à signaler :

1<sup>o</sup> L'existence de crustacés aveugles bien au-dessus de la limite d'obscurité absolue même en été. Le *Gammarus* aveugle qui se rencontre en grande abondance jusqu'à 300 mètres de fond est très fréquent entre 30 et 50<sup>m</sup><sup>(1)</sup>.

(1) Il y a là quelque chose d'analogique à ce qu'indique Wiedersheim dans la Grotte de Falkenstein. Il trouve un *Gammarus*

2<sup>o</sup> L'existence à 300 mètres de fond, à une profondeur qui dépasse de beaucoup la limite d'obscurité absolue, d'animaux munis d'yeux. (*Hydrarachna*, *Cyclops*, *Limnée*, etc.)

Ces deux faits semblent l'un et l'autre contradictoires, et le problème dont j'ai posé les termes au commencement de ce paragraphe paraît s'être plutôt compliqué et s'être éloigné de sa solution par les faits que je viens de décrire.

Il est au contraire un fait d'histoire naturelle jusqu'à présent inexpliqué et dont nous donnerons la raison à l'aide des recherches ci-dessus exposées. Ce sont les migrations des poissons. Chacun sait que les poissons d'eau douce émigrent en hiver et quittent les bords et la surface, où ils jouaient en été, pour aller s'enfoncer dans les grands fonds<sup>(1)</sup>. Pour quelques espèces, ces migrations correspondent à la période du frai; mais pour le plus grand nombre la saison de la reproduction est beaucoup plus tardive, et la cause de cette migration ne peut être cherchée dans les nécessités de cette fonction. Les différences de température de l'eau ne peuvent pas non plus être invoquées; car si en été la surface est plus chaude que le fond, en hiver, à l'époque où les poissons

aveugle, sous une pierre dans le ruisseau à l'entrée de la caverne, mêlé avec des *Gammarus* munis d'yeux et colorés distinctement. (Wiedersheim, loc. cit. p. 5.) Cependant je n'ai jamais constaté dans le lac ce mélange de *Gammarus* aveugles et oculés. — L'analogie est encore plus grande avec les faits constatés dans l'Océan Atlantique, où, aux mêmes profondeurs, vivent côte à côte des crustacés munis d'yeux très développés et des crustacés aveugles. (V. A. Humbert, Expéd. sc. du Challenger. Arch. des sc. ph. et nat. Genève, mars 1874.)

(1) Voir § VIII l'étude de M. Chatelanat sur les migrations des poissons.

émigrent dans les grands fonds, les profondeurs du lac sont aussi froides que la surface. L'eau n'atteignant jamais ou presque jamais, dans le grand lac du moins, la température du maximum de densité (4°,12) il n'y a jamais inversion de la température et la surface est toujours plus chaude ou aussi chaude que le fond. La raison de la température ne peut donc pas être invoquée.

Je proposerai d'expliquer les migrations par des raisons de lumière et je dirai : En hiver les poissons peuvent descendre dans les grands fonds parce que l'eau, plus transparente, laisse pénétrer plus bas les rayons lumineux. En été, ils abandonnent ces régions condamnées à une longue nuit de 6 mois de durée.

Et s'il faut encore donner la raison de l'attraction qui appelle en hiver les poissons dans les régions profondes du lac, je la chercherai dans les conditions de la nourriture. Les herbes aquatiques des bords du lac qui, en été, provoquaient le développement d'une faune littorale abondante et variée, périssent en hiver et toute cette faune disparaît ou sommeille. En hiver, les bords du lac n'offrent plus de nourriture aux poissons. Il n'en est pas de même des régions profondes ; la faune des profondeurs que nous étudions n'est pas soumise à ces conditions climatériques ; elle est aussi abondante en hiver qu'en été et peut satisfaire aux besoins de nourriture des poissons. D'une autre part, nous venons de constater que ces régions obscures en été, sont éclairées en hiver, que les poissons peuvent les aller visiter et y chercher leur nourriture. Nous avons donc, si je ne me trompe, la solution du problème de la migration des poissons dans la combinaison des deux facteurs, nourriture et lumière, combinaison que je formulerai dans ces termes :

En été, nourriture abondante dans la faune littorale ; les régions profondes sont inhabitables par suite de l'obscurité absolue ; les poissons montent près de la surface.

En hiver, faune littorale nulle ; faune profonde persistante ; possibilité d'aller, par suite de la transparence de l'eau, chercher les animaux inférieurs dans des régions inaccessibles en été ; les poissons descendent dans les fonds.

Voici ce que m'écrivit, à ce sujet, M. H. Carrard, de Lausanne. « Des pêcheurs vieux et expérimentés m'ont affirmé que le poisson prend toujours fond lorsque le lac est clair. En hiver le lac est extrêmement transparent ; les filets avec lesquels on pêche la fera à 300 mètres de profondeur sont retirés parfaitement propres, tandis qu'en été ils sont toujours plus ou moins sales. Les pêcheurs sont convaincus que les feras voient clair dans les très grandes profondeurs (300 mètres) ; cependant ils en ont pris dans leurs filets de jour (<sup>1</sup>) comme de nuit. »

Ces observations, qui m'ont été encore répétées par d'autres pêcheurs, m'encouragent à énoncer l'explication donnée ci-dessus des migrations des poissons.

F.-A. F.

(<sup>1</sup>) Au sujet de cette dernière remarque que les pêcheurs ont pris des feras de jour comme de nuit dans leurs filets tendus à de grandes profondeurs je dois faire observer ce qui suit. Si nous admettons que la lumière pénètre jusqu'aux très grandes profondeurs, cependant tout nous prouve que cette pénétration ne peut avoir lieu que lorsque le soleil est assez haut sur l'horizon (voir Exp. VII et X) ; il en résulte que dans les grandes profondeurs le jour, à savoir le moment où la lumière règne en opposition à la nuit, doit être fort court en hiver, et ne point correspondre du tout avec la durée du jour dont les pêcheurs jouissent dans l'atmosphère. Le jour lacustre est plus court que le jour atmosphérique.