

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 14 (1875-1877)
Heft: 75

Artikel: Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du Lac Léman. Part 2
Autor: Forel, F.-A.
Kapitel: XXVIII: Transparence de l'eau de lac
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-258465>

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: 12.01.2026

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

planter la base de leur polypier dans un limon mou et léger.

10° Le limon varie dans sa composition chimique d'un lac à l'autre. (Cf. § XXV.)

11° La composition chimique de l'eau ne varie pas de la surface aux grandes profondeurs (Cf. § XXIX). Ce fait rend possible les migrations annuelles des poissons qui, suivant les saisons, habitent des couches fort diverses de l'eau (§ VII) et les migrations diurnes des entomostracés pélagiques qui suivant les heures du jour ou de la nuit habitent la surface ou les couches profondes du lac. (§ XXXII.)

12° La quantité de gaz dissous dans l'eau est sensiblement la même à la surface et dans les grands fonds. Ce fait sur lequel nous allons revenir (§ XXX) est aussi une condition *sine qua non* des migrations et des changements de niveau des animaux.

F.-A. F.

§ XXVIII **Transparence de l'eau du lac.**

(Suite du § VI.)

L'impression de ma 1^{re} série de matériaux m'a interrompu au milieu des expériences photographiques que j'ai décrites dans le § VI. J'ai à terminer ce sujet.

Je rappellerai que, pour mesurer la pénétration des rayons solaires dans les couches profondes du lac, j'utilise l'action des rayons chimiques qui noircissent un papier photographique au chlorure d'argent. Je dépose de

nuit ce papier dans un appareil convenable, je le laisse exposé au fond du lac pendant une ou plusieurs fois 24 heures, et je vais le retirer de même de nuit.

Dans mes expériences précédentes j'avais trouvé que la limite d'obscurité absolue est beaucoup moins loin de la surface en été qu'en hiver, et le point le plus profond où j'avais constaté l'action chimique des rayons solaires était dans mon expérience A-IX par 80 mètres de fond.

Expérience A — XI 8 mars 1874. 93 mètres de fond.

Devant Morges. Quatre jours d'exposition.

9 mars. Vent du midi. Ciel nuageux le matin, clair dans
[l'après-midi.

10 mars. Vent du midi. Ciel nuageux le matin, id.

11 — neige. Ciel couvert.

12 — Ciel clair.

Effet photographique sensible, mais extrêmement faible ; plus faible encore que dans l'exp. IX, inférieur par conséquent à l'effet de l'exposition à l'air en plein soleil pendant 5 secondes.

Cette dernière expérience, faite à la fin de la période de la plus grande transparence du lac, au moment où l'eau étant encore claire, le soleil était le plus élevé sur l'horizon, me permet d'établir à 95 mètres, disons plutôt 100 mètres, la limite d'obscurité absolue ⁽¹⁾ définitive dans les eaux du lac Léman.

Essayons de résumer dans un tableau les résultats de ces 11 expériences.

(1) entendue, comme je l'ai définie dans le § VI, la profondeur où les rayons chimiques solaires cessent d'agir sur la chlorure d'argent.

	N ^o	Date	Etat du ciel	Nombre de jours d'exposition	Profondeur mètres	Effet photographique N ^o de l'échelle (1)
Été	I	23 juillet 1873	clair	1	2	100
	II	30 juin »	nuageux	2	27	1,5
	III	11 juillet »	variable	3	40	1
	IV	21 » »	clair	1	50	0
	V	25 juin »	clair	2	60	0
Hiver	VI	22 déc. »	variable	1	40	5
	VII	23 » »	variable	2	50	7
	VIII	25 févr. 1874	clair	1	50	20
	IX	20 janv. »	variable	1	68	0,6
	X	15 févr. »	variable	1	80	0,4
	XI	8 mars »	variable	4	93	0,2

Ce tableau nous montre :

1^o Que la limite d'obscurité absolue est en été entre 40 et 50 mètres (exp. III et IV).

2^o Qu'elle est en hiver entre 90 et 100 mètres (exp. XI).

3^o Que la pénétration des rayons lumineux va en augmentant d'intensité de décembre en mars (exp. VI, VII et VIII). Ce dernier fait est-il dû à une plus grande transparence de l'eau, ou bien à ce que la hauteur du soleil est plus considérable, c'est ce que nous étudierons plus loin.

(1) Je rappelle que, pour comparer les résultats de ces diverses expériences, j'ai établi une échelle de numéros de la manière suivante. J'ai par un beau jour d'été exposé à l'air en plein soleil mon papier photographique, en laissant au soleil la 1^{re} bande, donnant le 1^{er} N^o, pendant 5 secondes.

2^e » 2^e » 10

3^e » 3^e » 15

et ainsi de suite.

Les mêmes faits qui m'ont engagé à entreprendre l'étude que je viens de résumer existent dans l'Océan comme dans nos lacs ; les dragages profonds du Porcupine et du Challenger ont rencontré ce même mélange bizarre et difficilement explicable d'animaux munis d'yeux et voyant, à côté d'animaux aveugles ⁽¹⁾. Il y aurait donc intérêt à étendre à l'océan les notions que nous avons gagnées dans notre lac. En attendant que W. Thomson nous donne les expériences photographiques qu'il nous promet ⁽²⁾, j'ai essayé d'employer un chemin indirect, en utilisant les faits jusqu'à présent connus sur la transparence de l'Océan.

Le P. Secchi a étudié en 1865 ⁽³⁾ la transparence de l'eau de la Méditerranée par la méthode suivante : Il descendait dans la mer un disque peint en blanc et cherchait à quelle profondeur il cessait de le voir : appelons cette profondeur la *limite de la visibilité*. Dans ses expériences sur lesquelles nous allons revenir, la limite de visibilité fut déterminée au maximum à 43 mètres.

M. F. de Pourtalès, dans l'Océan atlantique, usant du même procédé, vit une assiette blanche jusqu'à 49,5 mètres ⁽⁴⁾.

(1) Cf. Wyville Thomson. Les abîmes de la mer, trad. Lortet. Paris 1875, p. 146 — Willemoes Suhm. Von der Challenger Expedition, Briefe an C. Th. v. Siebold. Zeitschrift für wiss. Zoologie, XXIII. 2. XXIV. 3 — Nature, Naturforscher et la Nature. (Passim).

(2) Loc. cit. p. 37. Voir plus loin p. 220 note.

(3) P. Secchi. Relazione delle esperienze fatte a bordo della pontificia Pirocorvetta l'Immacolata Concezione per determinare la trasparenza del Mare : in A. Cialdi. Sul moto ondoso del Mare, Roma 1866, p. 238 sq.

(4) Communication personnelle de l'observateur.

M. E. Reclus a vu disparaître à 27 mètres de profondeur une plaque blanche qu'il descendait dans la mer dans les parages de Haïti ⁽¹⁾.

Tels sont les faits dont j'ai connaissance dans l'Océan ⁽²⁾. Faisons les mêmes recherches dans notre lac pour que la comparaison soit possible.

Pour étudier la profondeur limite de visibilité dans le lac Léman j'emploie le procédé suivant :

J'attache à un fil de sonde une plaque de tôle circulaire, peinte en blanc, de 25 centimètres de diamètre, et je la descend dans l'eau en observant le moment où elle disparaît à mes regards. Je note la profondeur à laquelle je cesse de l'apercevoir, puis après avoir dépassé ce point je retire lentement ma sonde. La profondeur à laquelle j'aperçois de nouveau la plaque blanche doit être la même que celle à laquelle j'ai cessé de la voir ; s'il y a une différence entre les deux lectures je prends la moyenne ; avec un peu d'habitude je suis arrivé à ne pas faire une erreur de 20 centimètres ; c'est là du moins l'approximation que je puis donner à mes dernières observations.

Mais il est plusieurs points qui doivent être considérés dans ces expériences, et étudiés à part.

1^o Les dimensions de la plaque. Le P. Secchi a donné plus d'attention que moi à ce facteur. Il a comparé la limite de visibilité, dans des conditions analogues :

(¹) Communication personnelle de l'observateur.

(²) Scoresby dit avoir vu le fond sous 130 mètres d'eau dans les mers polaires. Mais ce chiffre me semble être exagéré et erroné. Cité par Arago. Œuvres complètes, t. IX p. 319. Paris 1857.

a. d'une assiette de faïence blanche de 43 centimètres de diamètre.

b. d'un disque en toile à voiles, tendu sur un cercle de 2^m37 de diamètre, et peint en blanc.

Le petit disque disparaissait à 29^m5, le grand disque à 35^m5 ; différence 6 mètres, soit environ le $\frac{1}{5}$ de la profondeur, différence par conséquent très notable qui ne devrait pas être négligée.

La plaque de tôle avec laquelle j'ai opéré étant beaucoup plus petite que le plus petit de ses disques, les chiffres que j'ai trouvés doivent être augmentés ⁽¹⁾, pour être comparables à ceux du P. Secchi.

2^o L'agitation de la surface. Son importance au point de vue de l'observation peut être énorme; s'il fait des vagues, ou simplement si le lac est ridé par les petites vagues d'une brise, les rayons lumineux sont tellement brisés, que l'on ne voit pas ou presque pas l'objet qu'il s'agit de suivre sous l'eau. Pour parer à cet inconvénient j'emploie le baquet de zinc à fond de verre que nous utilisons pour la pêche des antiquités lacustres ⁽²⁾; il

(¹) d'une certaine quantité que je ne puis, à mon grand déplaisir, apprécier en chiffres.

(²) Je profite de cette occasion pour recommander vivement aux naturalistes qui ont à voir quelque chose au fond du lac ou de la mer d'utiliser ce procédé aussi simple que commode. Ils seront étonnés, je puis les en assurer, de l'effet prodigieux produit par ce petit appareil. Pour nos pêches lacustres nous nous servons d'un bassin circulaire en zinc, de 45 centimètres de diamètre, dont les bords sont hauts de 10 centimètres, et le fond formé par une feuille de verre à vitre; nous le posons simplement sur l'eau et il flotte à côté du pêcheur. Pour la mer où les vagues sont plus fortes et risqueraient de rejaillir dans le bassin il y aurait lieu

éteint absolument l'effet des vagues et permet de suivre avec la plus grande précision l'instant où la plaque blanche disparaît de la vue. Pour faciliter encore l'observation j'entoure ma tête d'un voile noir en imitation des photographes quand ils regardent dans leur chambre obscure.

La plaque de verre de mon baquet absorbe une certaine quantité de lumière, et j'évalue à environ 30 centimètres la différence de la profondeur de visibilité quand j'observe avec ou sans mon baquet. Ce serait là la valeur que je devrais ajouter à mes chiffres maximaux pour les rendre comparables à ceux du P. Secchi, qui n'utilisait pas cet artifice.

3^o L'agitation de la surface peut avoir de l'influence sur la profondeur de visibilité des objets, suivant la grandeur, la forme et surtout la direction des vagues ; celles-ci modifient en effet d'une manière très évidente la quantité relative des rayons réfléchis ou réfractés par la surface de l'eau. J'ai donc, autant que possible, fait mes expériences par des états comparables du lac, en choisissant des lacs calmes, ou agités seulement par de très faibles brises. J'ai noté dans mes observations, l'état de la surface du lac.

4^o La hauteur du soleil au-dessus de l'horizon ; suivant le jour de l'année, et suivant l'heure de la journée, le soleil est haut ou bas sur l'horizon ; à notre latitude de

d'en faire les bords notablement plus élevés, 50 centimètres peut être de hauteur ; l'on pourrait aussi, et c'est ce que je proposerai, faire une lunette conique à tube de zinc et à verres supérieur et inférieur formés simplement de verre à vitres, bien luté sur les bords. Les diamètres des deux verres me semblent pouvoir être établis à 30 centimètres pour le verre inférieur, à 15 centimètres pour le verre supérieur.

46° 27' le maximum de hauteur, le 22 juin, est de 67° environ. Or suivant l'angle d'incidence des rayons sur la surface du lac supposée plane, une plus ou moins grande quantité de ces rayons sont réfractés, une plus ou moins grande quantité sont réfléchis. Si le soleil était à l'horizon, aucun rayon direct ne pourrait pénétrer dans la surface à laquelle il serait tangent, si le soleil était au zénith tous les rayons ou peu s'en faut pénétreraient dans la masse de l'eau à laquelle ils seraient normaux ; dans les positions intermédiaires que le soleil occupe, il y a d'autant moins de rayons réfléchis, et par conséquent d'autant plus de rayons qui pénètrent dans la masse de l'eau, que le soleil est plus élevé sur l'horizon.

Il en résulte que les objets éclairés, situés dans l'eau, doivent être d'autant plus brillamment illuminés que le soleil est plus haut sur l'horizon, et l'on peut admettre comme probable que la hauteur du soleil aura une influence très notable sur la profondeur limite de visibilité de notre plaque blanche.

C'est ce qu'ont très bien montré les expériences du P. Secchi dans la Méditerranée ; j'en citerai un exemple indiquant la limite de visibilité du grand disque de 2^m,4 de diamètre.

Exp. II. (¹) Méditerranée. 21 avril 1865.

Hauteur du soleil.	Limite de visibilité.
25°, 43'	^m 24,5
45, 24	33,9
59, 52	36,7

(¹) P. Secchi, loc. cit. p. 278.

Le raisonnement et l'expérience attribuant ainsi une grande influence à la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, j'ai été fort surpris des résultats suivants que j'ai obtenus dans le lac Léman ; pendant très longtemps j'ai été absolument incapable de constater cette influence de la hauteur du soleil, c'est ce que montrent les expériences suivantes.

<i>Exp. D — I</i>	Lac Léman	3 juillet 1874.
Heure.	Hauteur du soleil ⁽¹⁾ .	Limite de visibilité.
8 h. 10 m.	37° 14'	^m 7,3
midi.	66, 26	7,6
5 h. 30 s.	22, 50	7,5
6 h. 30 —	12, 52	7,5
7 h. 00 —	8, 6	7,5

La différence de 7^m,3 et 7, 6 ne dépasse pas la limite des erreurs d'observations et l'influence de la place où se fait l'expérience (V. infra).

<i>Exp. D — II</i>	Lac Léman	28 octobre 1874.
Heure.	Hauteur du soleil.	Limite de visibilité
midi.	30° 21'	^m 11,4
3 h. 20	13, 50	10,8
4 h. 20	5, 1	11,0

Même remarque que pour l'expérience précédente.

L'expérience suivante continuée jusqu'après le coucher apparent du soleil est encore plus concluante.

<i>Exp. D — III</i>	Lac Léman	26 octobre 1874.
Heure.	Hauteur du soleil.	Limite de visibilité
4 h. 36	2° 59'	^m 11,2
4 h. 41	2, 11	11,2
4 h. 45	coucher apparent du soleil	
4 h. 47	1,12	11,2
4 h. 55	— 0,6	11,2

(¹) Dans les expériences I-III la hauteur du soleil a été calculée d'après l'heure de l'observation ; je dois ces calculs à l'obligeance de M. Ch. Dufour.

Ces expériences ne coïncident donc point avec la théorie non plus qu'avec les observations du P. Secchi. Comment les expliquer ?

Dans une eau physiquement pure la cause de la disparition d'un objet éclairé serait l'absorption des rayons lumineux par l'eau elle-même, absorption des rayons directs du soleil qui éclairent les corps blancs, absorption des rayons réfléchis qui reviennent à l'œil ; dans ce cas là, il est évident que l'intensité de l'éclairage aurait une grande influence sur la profondeur limite de visibilité.

Dans une eau tenant en suspension des poussières, les conditions sont tout autres. La plaque blanche que nous faisons descendre dans cette eau opaline, nous la faisons pénétrer dans un nuage, dans un brouillard, dont les particules sont les poussières en suspension dans l'eau. Or l'éclairage ou l'éclat d'un objet que l'on observe à travers un brouillard n'est pour rien dans la distance à laquelle il disparaît à nos yeux ; le seul facteur qui soit à considérer, dans ce cas, c'est la grosseur et le nombre des vésicules du brouillard. Lorsque ces petites sphères opaques sont en nombre suffisant pour que, en se superposant couche par couche, elles forment un écran complet, alors l'objet quelque brillant qu'il soit, le soleil, un phare électrique, n'est plus visible ; tant qu'elles laissent encore passer entr'elles quelques rayons lumineux, un corps, quelque sombre, quelque obscur qu'il soit, est encore apparent.

Cette différence d'effet des deux espèces d'obstacles à la visibilité, l'absorption par l'eau elle-même, et l'écran formé par les poussières de l'eau, nous expliquera l'anomalie qui nous arrête ; elle nous montrera en même temps la nature du trouble de nos eaux lacustres, nous

expliquera pourquoi l'eau du lac Léman est moins pure que celle de la Méditerranée.

L'eau de la Méditerranée dans laquelle opérait le P. Secchi est de l'eau presque pure physiquement ⁽¹⁾, l'influence de l'éclairage est énorme.

L'eau du lac Léman dans laquelle j'ai fait mes expériences, D-I à III est de l'eau salie par des nuages de poussières en suspension dans l'eau ⁽²⁾.

Si au lieu de m'adresser à de l'eau opaline et louche comme l'est l'eau de l'été, j'avais fait mes expériences dans l'eau presque pure de l'hiver, j'aurais eu un résultat presque aussi évident que ceux du P. Secchi; c'est ce que prouvent les expériences suivantes :

<i>Exp. D — V</i>	Lac Léman	15 mars 1875.
Heure.	Hauteur du soleil.	Limite de visibilité
5 h. 20 s.	7° 25'	m 10,8
4 h. 05 s.	19,28	12,2
0 h. 50 s.	40,27	12,6
<i>Exp. D — VI</i>	Lac Léman	27 mars 1875.
Heure.	Hauteur du soleil.	Limite de visibilité
8 h. 55 m.	29,10	m 15,0
11 h. 55 m.	45,58	16,8
<i>Exp. D — IV</i>	Lac Léman	10 mars 1875.
Heure.	Hauteur du soleil ⁽³⁾ .	Limite de visibilité
2 h. 35 s.	30° 30'	m 16,2
10 h. 30 m.	34, 05	16,5
0 h. 10 s.	39, 10	17,0

⁽¹⁾ Cf. Soret. Arch. des Sc. ph. et nat. t. 5^e sér. t. XXXIX, p. 361.

⁽²⁾ Cf. F.-A Forel. Une variété nouvelle ou peu connue de Gloire étudiée sur le lac Léman. Bull. Soc. Vaud. Sc. nat., XIII, p. 357. Lausanne 1874.

⁽³⁾ Dans ces expériences la hauteur du soleil a été mesurée directement avec un sextant au-dessus de l'horizon réel donné par la surface du lac.

L'effet de la hauteur du soleil est très évident dans ces trois expériences; la seule différence importante qui les sépare des conditions générales des expériences D-I à III, étant la différence dans la limpidité de l'eau, je dois attribuer à la plus grande transparence des eaux de l'hiver l'effet sensible de la hauteur du soleil sur la limite de visibilité. Je dois par conséquent attribuer l'absence d'effet de la hauteur du soleil sur la limite de visibilité, dans les eaux opalines de l'été, au trouble même de ces eaux. Ce défaut de transparence est donc dû à des corps opaques tenus en suspension dans l'eau.

5^o Les différences dans l'intensité de l'éclairage qui sont provoquées par d'autres causes, ont le même effet variable que celles dues à la hauteur du soleil. Pendant l'été lorsque les eaux sont louches et salies par les poussières, ces différences d'éclairage sont sans effet sur la profondeur limite de visibilité; elles ont au contraire un effet très sensible en hiver.

C'est ce que prouvent les expériences suivantes. Les deux premières se rapportent à des jours d'été :

Exp. D — VII Lac Léman 23 juillet 1873.

Le ciel était parcouru par des nuages entraînés par une bise assez fraîche; la surface du lac était relativement calme. J'ai déterminé la limite de visibilité successivement en plein soleil et à l'ombre des nuages :

Heure.		Limite de visibilité
6 h. 45 m.	en plein soleil	^m 4,2
7 h. 15 —	à l'ombre d'un nuage	4,2
7 h. 20 —	en plein soleil	4,2

Exp. D — VIII Lac Léman 27 et 28 juillet 1874.

Le 27 juillet par un beau soleil limite de visibilité ^m 5,0
 Le 28 juillet, ciel noir, pluie battante 5,2

D'un jour à l'autre la transparence ne se modifie pas beaucoup, et dans cette observation elle semble s'être développée en faveur du jour de pluie.

Voici en revanche une expérience analogue faite en hiver, montrant l'influence de l'éclairage dans des eaux transparentes et claires.

<i>Exp. D — IX</i>		Lac Léman	27 mars 1875.
Heure.		Hauteur du soleil.	Limite de visibilité
8 h. 53	beau soleil,	29° 10'	^m 15,0
midi.	id.	45, 58	16,8
4 h. 20	ciel gris	21, 36	13,7

La différence de 1,^m 3 dans la limite de visibilité entre 4 h. 20 du soir et 8 h. 53 du matin est plus grande que celle que je puis attribuer à l'effet seul de la hauteur du soleil; la différence d'éclairage doit évidemment entrer ici en ligne de compte.

6^o Il est enfin un dernier point qui a une certaine importance dans des expériences comparatives faites sur le même lac, c'est la localité, la place où se fait l'observation. C'est ce que montreront les expériences suivantes dans lesquelles la distance relative du rivage est indiquée par la profondeur de l'eau.

<i>Exp. D — X</i>		Lac Léman	1 ^{er} juillet 1873.
Heure.		Profondeur de l'eau.	Limite de visibilité
8 h. 10 m.		25 m.	^m 6,0
10 h. 00 —		90	7,5
10 h. 30 —		25	6,0

<i>Exp. D — XI</i>		Lac Léman	22 juillet 1873
Heure.		Profondeur de l'eau.	Limite de visibilité
8 h. 00 m.		25 m.	^m 4,0
11 h. 50 —		60	5,5

<i>Exp. D — XII</i>		Lac Léman	2 septembre 1873.
Heure.		Profondeur de l'eau.	Limite de visibilité
9 h. 30 m.		45 m.	^m 8,2
10 h. 15 —		90	9,2
11 h. 00 —		25	7,8

Ces expériences montrent l'influence de la place où se fait l'observation. Plus l'on s'éloigne des côtes ⁽¹⁾ plus la limite de visibilité augmente de profondeur; près de la rive la transparence de l'eau va en diminuant rapidement, en été du moins, lorsque l'eau est opaline, car en hiver je n'ai pas observé de différence dans la transparence sur les bords et au milieu du lac.

J'ai en soin de faire toutes les expériences dont je vais donner les résultats au même endroit, situé au pied du Mont, par 25 mètres de profondeur à environ 500 mètres du rivage, devant Morges.

En résumé j'estime comparables toutes les observations faites dans la même place, avec le même état d'agitation du lac, dans les mêmes conditions d'éclairage, et de hauteur du soleil; l'effet de l'agitation de la surface peut être en partie annulé au moyen du bassin à fond de verre que j'ai décrit; l'influence de l'éclairage et de la hauteur du soleil n'est sensible que lorsque l'eau est suffisamment transparente, en hiver, dans notre lac; sitôt que l'eau est un peu louche, cette influence est nulle ⁽²⁾.

Ces remarques développées, je vais résumer en un tableau les observations que j'ai faites, à différents jours

(¹) Je pourrais ajouter que sur la rive même il y a de grandes différences dans l'opacité des eaux d'été. L'eau est le plus claire le long des caps, pointes et promontoires, loin des embouchures de rivières et loin des villes; elle est le plus trouble au fond des anses et golfes, près des embouchures de rivières et d'égouts et devant les villes.

(²) A cela se borne l'effet de la hauteur du soleil et de l'éclairage. Les précautions qu'indique sir Robert Christison dans son discours d'ouverture de la 89^e session de la société royale d'Edinbourg. (Proceedings of the R. S. E. VII p. 555), excellentes en elles mêmes, sont donc inutiles dans des lacs où la transparence de l'eau est aussi faible que celle qu'il indique pour les Loch Lomond et de Sainte Marie où la limite de visibilité oscille, en été cela est vrai, entre 3^m 6 et 6^m,4.

de l'année, par le procédé ci-dessus décrit, pour étudier la transparence de l'eau du Léman devant Morges. Quelques-unes de ces observations ont été faites, par exception en plein lac, plus loin de la rive, par conséquent, que la station dont j'ai indiqué la position; je signale ces observations en les marquant d'un astérisque.

Exp. D — XIII

Lac Léman

1873-1875

N ^o	DATE	Heure	Hauteur du soleil	Limite de visibilité mètre.	État du ciel	VENT
1	21 déc. 1873	0,00		11,5	clair	rebat léger
2	25 fév. 1874	0,00		16,5	id.	id.
3	8 mars »	0,05 s		15,2	id.	fort rebat
4	3 avril »	0,00		11,5		lames devaudoire
5	11 » »	2,55 s		8,1		rebat
6	13 » »	9,50 m		9,5	gris	calme
7	18 » »	11,55 m		10,5	soleil pâle	rebat léger
8	19 » »	0,20 s		9,5	soleil brillant	calme
9	27 » »	0,15 s		11,6	id.	id.
10	20 mai »	0,00		11,6	id.	
11	1 juin »	0,05 s		8,5	soleil pâle	calme
12	3 » »	0,00		9,5	soleil brillant	id.
13	11 » »	8,45 m		4,0		
14	1 juill. »	8,10 m		6,0		
15	3 » »	0,00		7,6		
16	7 » »	10,05 m		7,3		
17	22 » »	8,00 m		4,0		
18	23 » »	7,15 m		4,2		
19	27 » »	0,00		5,0	soleil brillant	
20	28 » »	10,00 m		* 5,2	ciel noir	pluie battante
21	7 août »	4,45 s		4,8		
22	13 » »	11,00 m		* 5,2		
23	24 » »	11,30 m		* 6,0		

N ^o	DATE	Heure	Hauteur du soleil	Limite de visibilité mètr.	État du ciel	VENT
		h. m.				
24	2 sept. 1874	11,00 ^m		7,8		
25	26 oct. "	4,35 s		11,2	soleil brillant	calme
26	28 " "	0,00		11,4	id.	id.
27	5 nov. "	2,15 s		11,5	id.	rebat léger
28	10 " "	1,45 s		12,4	id.	id.
29	9 janv. 1875	2,50 s		14,0	ciel gris	calme plat
30	11 " "	2,15 s		14,4	brouillard	id.
31	12 " "	1,55 s		15,5	soleil pâle	id.
32	28 " "	11,25 ^m	24°30'	13,5	soleil brillant	
33	25 févr. "	0,00	34,12	15,3	id.	calme plat
34	10 mars "	0,10 s	39,10	17,0	id.	id.
35	15 " "	0,50 s	40,27	12,6	id.	rebat
36	27 " "	11,55 ^m	45,58	16,8	id.	calme
37	4 avril "	11,45 ^m	49,3	16,0	id.	
38	17 " "	1,55 s	46,10	12,5	id.	calme plat
39	21 " "	0,20 s	55,24	12,9	id.	rebat
40	8 mai "	2,50 s		8,0	id.	calme
41	26 " "	0,55 s		5,0	id.	id.
42	9 juin "	11,15 ^m		7,5	id.	rebat
43	28 " "	11,15 ^m		5,0	id.	id.
44	4 sept. "	10,45 ^m		5,8	id.	id.
45	21 octob. "	11,40 ^m		8,0	id.	calme
46	3 nov. "	0,15 s		9,1	id.	rebat

Si nous réunissons ensemble les chiffres de ces deux années d'observation nous obtenons les moyennes mensuelles suivantes pour la limite de visibilité.

	m
Octobre	10.2
Novembre	11.0
Décembre	11.5
Janvier	14.6
Février	15.0
Mars	15.4
Avril	11.3

m
Moyenne de l'hiver 12.7

Mai	8.2
Juin	6.9
Juillet	5.6
Août	5.3
Septembre	6.8

Moyenne de l'été 6.6

Différence dans les moyennes en faveur de l'hiver m 6,1

Cette méthode qu'on peut appeler la méthode directe nous amène donc aux mêmes résultats généraux que nous avait donnés la méthode photographique, à savoir que la transparence de l'eau est beaucoup plus grande en hiver qu'en été. En nous montrant le peu d'influence de l'intensité de l'éclairage, cette méthode nous a de plus confirmé dans l'idée que le trouble des eaux de l'été est dû non pas à un pouvoir d'absorption plus grand que posséderait l'eau elle-même, mais à la masse énorme de corps opaques en suspension dans l'eau qui forment un nuage, un écran non transparent⁽¹⁾.

(1) Pour me rendre compte de la nature de ce voile qui rend presque opaques les eaux naturellement pures de notre lac, j'ai recueilli devant Morges le 26 septembre 1869, 8 li-

Je pourrais maintenant poursuivre cette étude en recherchant les causes de ce trouble qui salit, en été, les eaux de notre lac ⁽¹⁾, faire une étude comparative de la transparence des différents lacs, etc. Cela nous entraînerait trop loin.

Je veux me borner à faire une comparaison entre les résultats de mes expériences et ceux d'observations analogues faites dans l'eau de mer, de manière à étendre

tres d'eau par un jour calme ; le trouble de l'eau était tel que je ne voyais les pierres du fond que jusqu'à la profondeur de 1^m 20. J'ai filtré cette eau, et le résidu de la filtration s'est trouvé composé :

1^o de poussières amorphes (vase, limon).

2^o d'algues, diatomées, etc., vivantes ou mortes.

3^o de débris de végétaux, épiderme, etc.

4^o d'infusoires et entomostracés vivants en très petit nombre.

5^o de débris animaux, débris de peau chitineuse de larves d'insectes, de carapaces de crustacés, etc.

C'est en somme de la poussière, assez analogue à la poussière de l'air atmosphérique.

(¹) Voici à ce sujet l'explication que j'ai proposée à la société vaudoise des sciences naturelles, séance du 3 novembre 1869 : en hiver les couches superficielles du lac, par suite de leur contact avec un air plus froid, sont sans cesse refroidies, augmentent ainsi de densité, et sans cesse descendent dans les couches profondes pour être remplacées par de l'eau nouvelle venant des régions moins élevées ; il se fait sans cesse une circulation verticale qui entraîne au fond les couches superficielles. Or ces couches de la surface étant celles qui se salissent, qui se chargent des poussières et des déblais organiques, ces matières en suspension se dispersent dans toute la masse du lac au lieu de s'accumuler seulement à la surface. En été cette circulation verticale n'a pas lieu, les couches superficielles restent toujours à la surface, elles se salissent et ne sont pas remplacées par des couches propres et fraîches. Elles se salissent du reste plus vite en été qu'en hiver par suite du plus grand développement de la vie organique.

à la pénétration de la lumière dans l'Océan⁽¹⁾, les chiffres que m'ont donnés mes expériences photographiques dans l'eau du lac Léman.

Parmi les expériences faites dans l'eau de mer, je choisirai celles du P. Secchi; ce sont les seules à ma connaissance qui soient assez exactes pour qu'une comparaison un peu précise puisse être établie.

Parmi mes expériences je laisserai de côté toutes celles qui parlent des mois d'été, toutes celles dans lesquelles l'eau du lac est salie par ce trouble que nous avons constaté; je ne prendrai que mes expériences faites en hiver alors que l'eau est relativement pure. Parmi ces expériences je choisirai enfin celle qui m'a donné la plus grande profondeur pour la limite de visibilité.

Le 10 mars 1875 à midi, par une hauteur de soleil de 39°, 10' la limite de visibilité a été de 17^m, 0. (Exp. D — XIII, N° 34.

(¹) A la demande du comité de la Soc. royale de Londres, chargé de la direction des sondages zoologiques, M. Siemens a préparé, pour les croisières du *Porcupine*, en 1870, un instrument destiné à étudier par les procédés photographiques la pénétration des rayons solaires dans l'eau de la mer. L'appareil consiste en une roue horizontale à trois rayons portant chacun un tube, renfermant lui-même une feuille de papier sensibilisé; un artifice électro-magnétique règle le jeu d'un ressort qui, faisant tourner la roue, amène successivement à volonté ces trois tubes hors d'une chambre obscure ou les fait rentrer dans l'obscurité. Malheureusement l'appareil, essayé par M. Carpenter dans la rade de Gibraltar, ne marcha pas convenablement et les recherches photographiques durent être renvoyées jusqu'à ce que l'instrument eut été corrigé dans quelques détails. Je n'ai pas appris que depuis lors ces expériences aient été reprises. (Report on Deep-sea researches, etc. Proceedings of the r. Soc. of London, XIX, p. 150. Londres, 1870.

Je cherche une expérience du P. Secchi faite dans des conditions à peu près comparables de hauteur du soleil, et je trouve une observation du 21 avril 1865 qui donne par une hauteur solaire de $38^{\circ},12'$ une limite de visibilité dans les eaux de la Méditerranée à $30^m,0$ de profondeur.

Pour comparer d'une manière utile ces deux valeurs de $17^m,0$ obtenue dans le lac Léman et de $30^m,0$ constatée dans la Méditerranée, je remarque :

a. Que le soleil était de 1° plus élevé pendant mon observation que pendant celle du P. Secchi; je devrais donc corriger mon chiffre de $17^m,0$ en le diminuant un peu; cette correction a peu d'importance.

b. Que employant pour mon observation un bassin à fond de verre qui absorbe un peu la lumière, je dois augmenter ainsi que je l'ai dit de 30 centimètres environ la profondeur que j'ai trouvée pour la rendre comparable à celle du P. Secchi. Je la porte ainsi à $17^m,3$.

c. Que le petit disque qu'employait le P. Secchi était sensiblement plus grand que la plaque blanche qui m'a servi pour mes observations (dans la proportion de 43 à 25 centimètres de diamètre), que par conséquent je dois corriger le chiffre donné par mon expérience en l'augmentant notablement, sans que je puisse déterminer la valeur de cette augmentation.

Ces corrections faites, il reste incontestable que la limite de visibilité est plus profonde dans la Méditerranée que dans le lac Léman, et sans que je puisse apprécier cette différence par des chiffres, que la transparence de la Méditerranée est plus grande que celle du lac Léman. J'en puis conclure que le chiffre de 100 mètres que j'ai trouvé pour la limite d'action des rayons chimiques du

soleil sur le chlorure d'argent dans le lac Léman, doit être dépassé dans la Méditerranée, et que ce que j'ai appelé la limite d'obscurité absolue y est plus basse, au printemps du moins, époque où le P. Secchi a fait ses observations ⁽¹⁾.

La transparence de l'eau subit-elle dans la Méditerranée ce même obscurcissement estival que j'ai constaté chez nous; ce même trouble, qui rend notre eau du Léman presque opaque en été, altère-t-il aussi la pureté de la Méditerranée? Je n'en sais rien, et je ne veux pas procéder par suppositions.

Je me borne à constater dans les mêmes circonstances la plus grande transparence des eaux de la Méditerranée, à conclure de l'observation de Pourtalès qu'il en est de même dans l'Océan, et à admettre enfin d'une manière générale que dans les eaux de la mer la limite d'obscurité absolue doit être plus profonde que dans le lac Léman.

F.-A. F.

(¹) Dans l'expédition du *Shearwater* en 1871, M. W.-B. Carpenter a trouvé dans la Méditerranée des Nullipores jusqu'à une profondeur de 275 mètres; il en conclut que la lumière peut pénétrer jusqu'à cette profondeur et y réduire l'acide carbonique. Proc. of the r. Soc. of London XX, p. 587. Londres 1872.