

# L'OXYGÈNE DISSOUS SOUS LA GLACE

Par M. PAUL VIVIER

Garde Général des Eaux et Forêts à Thonon-les-Bains (Haute-Savoie).

Il est intéressant de connaître, parmi les conditions physiques qui régissent la vie des poissons en hiver, la teneur en oxygène dissous des eaux closes, recouvertes de glace.

Cette question a son importance aussi bien pour les Salmonidés qui vivent dans les étangs et lacs de montagne, que pour les Cyprinidés des étangs et lacs de plaine, car si la Truite a besoin d'un minimum de 6 cc. d'oxygène par litre d'eau, la Carpe, moins exigeante, demande cependant pour vivre de 3 à 4 cc. de ce gaz.

Comme le principal facteur d'enrichissement de l'eau en oxygène est le contact de l'air, on pouvait se demander ce qu'il arrive lorsqu'une couche solide isole le milieu aquatique.

En Allemagne, où de nombreuses études ont été entreprises ces dernières années, principalement dans les eaux de la région de Plön, par le Professeur THIENEMANN (1), on a déjà recueilli des renseignements intéressants. Dans les lacs de moyenne profondeur, froids et longtemps recouverts de glace, comme le *Petit Ukleisee*, le *Plussee*, la dose d'oxygène dissous est toujours faible en profondeur (fonds de 15 à 30 mètres) et parfois nulle ; en surface, la dose est très variable, allant de 30 à 100 % de saturation. Dans les lacs plus profonds, tels que le *Grand lac de Plön*, et qui gèlent irrégulièrement, la richesse du fond en oxygène, toujours suffisante, paraît en rapport avec l'épaisseur de la glace, tandis que les couches superficielles et moyennes ne semblent pas subir de changements appréciables ; la surface est en général suffisamment oxygénée, atteignant même souvent la dose de saturation.

Les phénomènes de sursaturation sont en effet assez fréquents l'hiver, dans les eaux gelées, mais très ensoleillées ; ainsi, dans le *Grand Eutinersee*, les couches d'eau superficielles se sont trouvées contenir jusqu'à 15 cc. 08 d'oxygène par litre, soit 154.8 % de saturation ; KNAUTHE a rencontré le 21 Janvier 1911, dans une pièce d'eau, la dose prodigieuse de 46 cc. par litre (500 % de saturation). Ce sont là, évidemment, des cas

---

(1) THIENEMANN (A.). — Temperatur und Sauerstoff-Verhältnisse eisbedeckter Seen des Plöner Gebietes am Ende des Winters 1923-1924. — *Arch. f. Hydrob.*, XVIII, p. 1, 1927.

HALBFASS (W.). — Wie geschieht die Anreicherung tiefer Wasserschichten von Seen und Meeren mit atmosphärischen Sauerstoff ? — *Intern. Verein. f. theore. u. angew. Limn.*, V, p. 284-297.

THIENEMANN (A.). — Der Sauerstoff in eutrophen und oligotrophen Seen. — *Die Binnengewässer*, IV, Stuttgart 1928.

extrêmes et qu'il serait peut-être bon de vérifier. Ils peuvent s'expliquer par l'influence du plancton végétal qui, à la vive lumière, dégage une forte quantité d'oxygène. La circulation d'eau qui se fait sous la glace, dans certains lacs, a aussi un action enrichissante certaine

L'extrême pauvreté de certains fonds paraît liée tant à des phénomènes de décomposition qui vont jusqu'à produire de l'hydrogène sulfuré qu'à la faible assimilation chlorophyllienne d'un plancton mal éclairé (1).

Les conditions de vie offertes aux Salmonidés en hiver, sous la glace, sont donc extrêmement variables suivant les lacs et, dans un même lac, suivant les jours (action du soleil) : ainsi l'*Edebergsee*, qui contenait à 5 mètres 10 cc. 79 d'oxygène, n'avait plus à 8<sup>m</sup> 50 que 1 cc. 4 et à 9 mètres, 5 cc. 32 dans deux autres observations (17 Mars 1924, 4 Novembre 1919).

\* \* \*

Nous avons essayé de déterminer la teneur en oxygène, en hiver, sous la glace d'un lac et d'un étang de Savoie : — le lac de Montriond, — l'étang de Marclaz.

Les dosages ont été effectués par la méthode WINKLER (2), la plus simple et la plus précise. Les prises d'échantillon ont été faites au moyen de la sonde FRIEDINGER fermant hermétiquement et permettant de ramener à la surface une eau prélevée à la profondeur voulue ; afin d'éviter tout contact avec l'oxygène de l'air, le contenu a été siphonné dans des flacons bouchés à l'émeri, l'oxygène a été fixé sur les lieux mêmes et aussitôt après la prise ; les solutions ont été faites à l'eau distillée et l'hyposulfite a été soigneusement purgé de gaz carbonique par une ébullition prolongée. La formule :

$$\frac{n \times 0,0558 \times 1000}{V - A}$$

où  $n$  est le nombre de cc. d'hyposulfite utilisé :

$V$ , le volume du récipient contenant de l'eau à analyser ;

$A$ , le volume de la solution basique d'iodure de potassium et de la solution de chlorure de manganèse utilisées ;

0,0558, le volume d'oxygène correspondant à 1 cc. de la solution d'hyposulfite  $N/100$  employée,

---

(1) WASMUND (E.). — Lakustriche Unterwasserböden. — *Handbuch der Bodenlehre*, par BLANCK, 1930.

(2) HUBAULT (E.). — Contribution à l'étude des invertébrés torrenticoles. Paris 1927.

VIVIER (P.). — Observations sur quelques facteurs hydrobiologiques piscicoles dans des lacs de Savoie. — *Annales de l'Institut national agronomique*, T. XXIV, 1932.

MAUCHA (R.). — Hydrochemische Methoden in der Limnologie. — *Die Binnengewässer*, XII, 1932.

DUPARC (L.) et BASADONNA (M.). — Manuel théorique et pratique d'analyse volumétrique, Genève 1910.

donne le volume d'oxygène en centimètres cubes par litre d'eau à 0° et à 76 centimètres de mercure.

Il faut noter que les résultats ne sont exacts qu'au dixième de centimètre cubé. En effet, une erreur de lecture possible de 1/10 de cc. dans la solution d'hyposulfite donne, si V = 256 cc., A = 6 cc. :

$$\frac{0,1 \times 0,0558 \times 1000}{250} = 0,02 \text{ cc.}$$

Dans les résultats donnés nous n'avons conservé que le premier chiffre après la virgule qui, lui, ne peut être atteint par des erreurs de lecture.

Les températures ont été prises au thermomètre de marine tenu immergé 5 minutes.

I. — *Le lac de Montriond (Haute-Savoie).*

Ce lac d'éboulement, d'une superficie de 34 hectares, est situé à une altitude d'environ 1.050 mètres dans un diverticule de la vallée de la Dranse de Morzine. La profondeur est variable, par suite d'infiltrations souterraines dues à un colmatage incomplet, mais ne dépasse pas 16 mètres en période de pluie ou de fonte des neiges. Il n'a qu'un affluent et qu'un émissaire. Il contient des Truites communes (*Salmo trutta* L.) et des vairons (*Phoxinus phoxinus* L.).

Des dosages ont été effectués alors que le lac était gelé (voir tableau) :

LIEUX DE PRISES D'ÉCHANTILLON	Le 8 Février 1932 (1) de 15 à 16 heures Température de l'air : - 4°			Le 8 Mars 1933 (2) de 15 h. 1/2 à 16 h. 1/2 Température de l'air : + 1°		
	Oxygène en cc. par litre	Tempé- rature	% de satu- ration	Oxygène en cc. par litre	Tempé- rature	% de satu- ration
<b>1° Sous la glace, en surface :</b>						
Couche très mince (1 cm.) . . . . .	6,7	0°	65 %	8,4	+ 1°	82 %
Couche très épaisse (39 cm.) . . . . .	7,1 3		69 %			
— — — — —	6,7 (4)		65 %			
Couche épaisse 30 cm.) . . . . .				8,1	?	?
<b>2° Sous la glace, à 1 mètre de fond :</b>						
Sous la couche épaisse submergée . . . . .				7,7	+ 2°	78 %
— — — — —				8,4		85 %
En dehors de la couche épaisse . . . . .				8,0		82 %
<b>3° Emissaire :</b>						
a) Au point d'émergence . . . . .	6,7	?	?			
b) A 2 km. en aval . . . . .	8,05	+ 3°	84 %			

(1) Temps clair, mais par suite de l'exposition peu d'heures de soleil.  
 (2) Temps neigeux.  
 (3) 5 minutes après, au même point.  
 (4) 15 minutes après, au même point, mais une légère couche de glace s'était reformée.

I — *Le 8 Février 1932.* — La couche de glace était de 39 centimètres. Malheureusement, par suite de difficultés d'accès, je n'ai pu emporter la

sonde de FRIEDINGER ni exécuter, par conséquent, de dosages en profondeur.

II. — *Le 8 Mars 1933.* — Une crue inattendue de l'affluent s'était produite la veille, avait soulevé l'épais manteau de glace et disloqué celui-ci sur les bords ; il s'était reformé aussitôt une très mince pellicule solide, mais qui rendait impossible l'accès du milieu du lac et par conséquent les dosages, dans la plus grande profondeur (12 mètres environ).

1° *Sous la glace, en surface,* la teneur en oxygène est assez faible en 1932 ; à l'air, l'eau s'enrichit rapidement : 7 cc. 1 au lieu de 6 cc. 7, au même point, 5 minutes plus tard ; le 8 Mars 1933, par suite, sans doute, de l'apport d'eau oxygénée par la crue de la veille, les couches superficielles sont plus riches : 8 cc. 4 ; il est à remarquer que cette dose est très voisine de celle observée le 8 Février 1932, dans l'émissaire du lac (8 cc. 05), où l'eau était aérée.

2° *Sous la glace, en profondeur,* les résultats ne peuvent être concluants par suite de l'affluence d'eau qui a rompu le 7 Mars 1933 l'équilibre du lac. Les teneurs varient de 7 cc. 7 à 8 cc. 4, un peu plus faibles, cependant qu'en surface (8 cc. en temps normal) ; elles doivent être inférieures, surtout dans de plus grands fonds, mais sans jamais atteindre des volumes voisins de 0 ; il s'établit en effet à Montriond, un courant d'eau faible, mais continu de l'affluent à l'émissaire souterrain, qui doit apporter une certaine aération à l'eau close. Durant l'été, du reste, le lac n'a jamais en profondeur les faibles teneurs que l'on observe dans les lacs eutrophes (1).

3° *L'émissaire,* à son point d'émergence, n'a pas, ce qui est normal, une eau plus riche que le lac lui-même : 6 cc. 7, mais il ne tarde pas à s'oxygéner au contact de l'air et 2 kilomètres plus bas, il contient déjà 8 cc. 05, bien que de débit faible.

Si nous comparons ces résultats à ceux que nous avons obtenus dans le même lac le 8 Août 1930 (2), nous constatons qu'en surface l'eau est un peu plus éloignée, l'hiver, de son degré de saturation en oxygène.

Dans un lac eutrophe, tel que *l'Ukleisee* comparable au lac de Montriond, THIENEMANN a trouvé à 0 mètre, le 18 Mars 1924, 7 cc. 74 et à 1 mètre, le 15 Novembre 1922, 7 cc. 89, volumes analogues aux nôtres ; ni dans le *Plussee*, ni dans le *Grand Ukleise*, il n'a constaté normalement des phénomènes de sursaturation.

## II. — *Etang de Marclaz (Haute-Savoie).*

Cet étang situé à environ 400 mètres d'altitude n'a qu'une superficie de quelques ares et sa profondeur ne dépasse pas 1<sup>m</sup> 30 ; alimenté et desservi par un petit ruisseau à cours rapide, il ne gèle pas complètement. Des truites arc-en-ciel d'élevage se plaisent dans ses eaux.

---

(1) VIVIER, *op. cit.*, p. 45. — On appelle lacs eutrophes des lacs peu profonds, riches en éléments azotés, en humus et le plus souvent, en chaux. Ces lacs, très nombreux en montagnes, sont reconnaissables au ton vert ou bleu-vert de leurs eaux.

(2) *Ibid.*, p. 47.

Le résultat des dosages est contenu dans le tableau suivant :

LIEUX DE PRISES D'ÉCHANTILLON	Le 18 Février 1932 (1) Température de l'air : = + 3°			Le 25 Mars 1933 (1) Température de l'air : = + 2° à 0°		
	Oxygène en cc. par litre	Tempé- rature	% de satu- ration	Oxygène en cc. par litre	Tempé- rature	% de satu- ration
<b>1° Sous la glace en surface :</b>						
En surface .....	8,5	+ 4°	90 %	7,9	+ 2°	81 %
— .....	8,3		89 %			
En surface, près des bords.....	8,2		89 %			
<b>2° Sous la glace en profondeur :</b>						
Fond de 0 <sup>m</sup> 90 .....	8,5	+ 4°	91 %			
Fond de 1 <sup>m</sup> 20 .....				7,75	+ 2°	79 %
<b>3° Portion non gelée :</b>						
En surface .....	8,9	+ 5°	98 %	9,0	+ 4°5	98 %
Fond de 0 <sup>m</sup> 90 .....	8,6		95 %			
Fond de 1 <sup>m</sup> 20 .....				8,4	+ 5°	93 %

(1) Temps clair, mais l'étang entouré d'arbres ne laisse que très faiblement pénétrer le soleil dans la journée.

1° *Sous la glace, en surface* l'eau est suffisamment oxygénisée (8 cc. 3-8 cc. 5 en 1932, 7 cc. 9 en 1933). Près des rives, on note une légère diminution, très normale (8 cc. 2). Si l'eau est moins riche en 1933, sans doute faut-il en chercher la cause dans le plus grand développement de la couche de glace.

2° *Sous la glace, en profondeur*, il n'y a pas de diminution sensible : 7 cc. 75 en 1933, 8 cc. 5 en 1932. L'étang est peu profond et il y a circulation d'eau.

3° *En eau libre, en surface*, à l'arrivée de l'affluent, la teneur du gaz dissous est beaucoup plus forte : 8 cc. 9 en 1932, 9 cc. en 1933.

*En profondeur* la teneur est moindre, mais supérieure cependant à celle qui s'observe sous la glace, à la même profondeur (8 cc. 6 en 1932, 8 cc. 4 en 1933).

Il serait imprudent de tirer de ces quelques dosages effectués dans des eaux peu profondes et agitées, des conclusions d'ensemble. Néanmoins, ils montrent que si la glace est en général une cause sensible de diminution d'oxygène, elle offre cependant, même lorsqu'elle est très épaisse (Montriond 1932), des conditions de vie suffisantes aux Salmonidés et *a fortiori* aux Cyprinidés, du moins dans les couches superficielles, les seules étudiées.

Nous remercions respectueusement M. l'Inspecteur principal des Eaux et Forêts KREITMANN, qui nous a suggéré ce travail, et M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées DELEBECQUE qui nous a encouragé dans l'étude de l'oxygène dissous.