

# La température du lac de Neuchâtel en 1938

Autor(en): **Guyot, Edmond**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **64 (1939)**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-88746>

## **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.

# LA TEMPÉRATURE DU LAC DE NEUCHÂTEL EN 1938

par

EDMOND GUYOT

---

AVEC 4 FIGURES

---

La température du lac joue un grand rôle dans une foule de domaines, principalement en ce qui concerne la flore et la faune du lac et de ses rives. Les mesures thermométriques de l'eau du lac présentent donc un grand intérêt pour l'étude de notre région. Pendant les années 1927 à 1931, Samuel de Perrot, ingénieur, a effectué un grand nombre de mesures selon un profil allant de Neuchâtel (garage de la Nautique) à Portalban. Depuis le décès de Samuel de Perrot, ces observations avaient été laissées de côté. Elles furent reprises au début de l'année 1938 par M. Eugène Senaud, assistant au Laboratoire de Botanique de l'Université, que M. Maurice Vouga, inspecteur intercantonal de la Pêche, chargea d'une étude spéciale afin d'améliorer le rendement piscicole de notre lac. M. Senaud mesura la température depuis la surface jusqu'au fond en différents endroits particulièrement intéressants au point de vue de la pêche. Parmi toutes les séries d'observations, celle qui présente le plus d'intérêt pour le météorologiste fut effectuée devant le port de Neuchâtel, à 1600 m. de la rive dans la direction sud. En cet endroit, la profondeur du lac est d'une centaine de mètres, tandis qu'en tous les autres points choisis elle est moindre.

En prenant la moyenne de toutes les observations d'un même mois, dont le nombre varie entre 2 et 6, on obtient le tableau suivant dans lequel les maxima et les minima annuels de chaque profondeur sont écrits en caractères gras :

Mois	PROFONDEUR												Moyenne	Température de l'air	
	0,1 m.	1 m.	2 m.	5 m.	10 m.	20 m.	30 m.	40 m.	50 m.	60 m.	70 m.	80 m.			90 m.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°			°
Janvier . . . . .	4,80	—	4,65	—	4,60	4,50	4,45	4,40	4,45	4,70	4,55	4,80	—	4,54	1,6
Février . . . . .	<b>4,40</b>	<b>4,60</b>	<b>4,27</b>	<b>4,30</b>	<b>4,30</b>	<b>4,27</b>	<b>4,27</b>	<b>4,27</b>	<b>4,25</b>	<b>4,22</b>	<b>4,22</b>	<b>4,13</b>	<b>4,13</b>	<b>4,23</b>	<b>0,2</b>
Mars . . . . .	6,08	—	5,46	4,94	4,70	4,50	4,44	4,40	4,40	4,38	4,36	4,36	4,34	4,48	7,5
Avril . . . . .	6,70	5,87	5,85	5,55	5,42	5,18	5,27	5,18	5,05	5,10	5,10	5,07	4,95	5,65	6,9
Mai . . . . .	10,36	9,74	9,32	8,90	8,48	7,88	7,52	6,46	6,18	5,80	5,66	5,58	5,50	6,65	11,8
Juin . . . . .	17,92	16,25	15,55	13,32	8,62	7,70	6,85	6,40	6,12	5,90	5,72	5,62	5,57	7,10	<b>17,6</b>
Juillet . . . . .	<b>20,42</b>	18,57	17,15	13,25	7,78	7,17	6,40	6,17	6,07	6,02	5,97	5,87	5,75	6,96	17,5
Août . . . . .	20,22	<b>20,57</b>	<b>20,07</b>	<b>18,90</b>	10,92	9,65	7,80	6,52	6,40	6,27	6,12	6,10	6,00	7,45	<b>17,6</b>
Septembre . . . . .	17,25	17,25	17,15	17,05	14,55	10,85	7,80	6,55	6,35	5,95	5,85	5,75	5,65	8,13	14,9
Octobre . . . . .	16,70	16,55	16,55	16,45	<b>15,30</b>	<b>11,20</b>	<b>9,20</b>	<b>8,00</b>	<b>7,30</b>	<b>6,85</b>	<b>6,70</b>	<b>6,55</b>	<b>6,15</b>	<b>8,85</b>	9,6
Novembre . . . . .	10,27	10,50	10,47	10,35	10,22	9,92	8,52	7,30	6,72	6,52	6,42	6,27	6,05	7,59	6,5
Décembre . . . . .	6,90	7,05	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,95	6,85	6,05	6,00	5,85	6,59	—1,1
Année . . . . .	11,83	—	11,12	—	8,49	7,48	6,63	6,05	5,85	5,71	5,56	5,51	—	6,52	9,22

### Variation de la température annuelle moyenne avec la profondeur.

Désignons par  $T$  la température annuelle à une certaine profondeur  $P$ . Nous tirons du tableau précédent les résultats suivants :

$P$ m.	$T$ °	$P$ m.	$T$ °
0,1	11,83	40	6,05
2	11,12	50	5,85
10	8,49	60	5,71
20	7,48	70	5,56
30	6,63	80	5,51

En reportant dans un système de coordonnées rectangulaires la profondeur  $P$  en abscisse et la température  $T$  en ordonnée, on constate que la courbe obtenue a l'allure d'une branche d'hyperbole équilatère dont les axes sont parallèles aux axes de coordonnées. L'équation de cette hyperbole est donc de la forme :

$$(P - a) (T - b) = c \quad (1)$$

où  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sont des constantes à déterminer. L'équation (1) peut s'écrire :

$$Ta + Pb + (c - ab) - PT = 0.$$

C'est une équation du premier degré à 3 inconnues  $a$ ,  $b$  et  $(c - ab)$ . Si nous remplaçons les quantités  $P$  et  $T$  par les 10 couples de valeurs tirées des observations, nous obtenons les 10 équations suivantes :

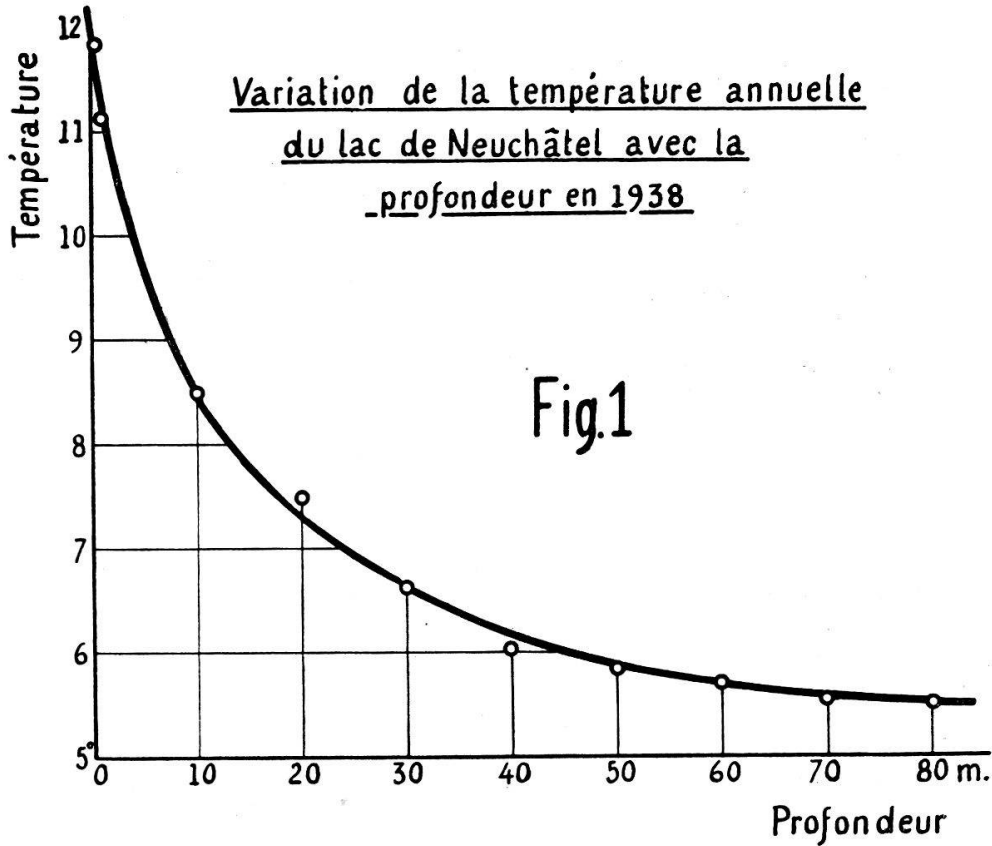
$$\begin{aligned} 11,83 a + 0,1 b + (c - ab) - 1,18 &= 0 \\ 11,12 a + 2 b + (c - ab) - 22,24 &= 0 \\ 8,49 a + 10 b + (c - ab) - 84,90 &= 0 \\ 7,48 a + 20 b + (c - ab) - 149,60 &= 0 \\ 6,63 a + 30 b + (c - ab) - 198,90 &= 0 \\ 6,05 a + 40 b + (c - ab) - 242,00 &= 0 \\ 5,85 a + 50 b + (c - ab) - 292,50 &= 0 \\ 5,71 a + 60 b + (c - ab) - 342,60 &= 0 \\ 5,56 a + 70 b + (c - ab) - 389,20 &= 0 \\ 5,51 a + 80 b + (c - ab) - 440,80 &= 0 \end{aligned}$$

Il est facile de résoudre ce système d'équation au moyen de la méthode des moindres carrés. On obtient tout d'abord les 3 équations normales relatives à  $a$ ,  $b$  et  $(c - ab)$  :

$$\begin{aligned} 7,42 a + 36,21 b + (c - ab) - 216,41 &= 0 \\ 8,09 a + 29,15 b + (c - ab) - 177,08 &= 0 \\ 5,98 a + 56,35 b + (c - ab) - 323,75 &= 0 \end{aligned}$$

qui, résolues par le procédé habituel, donnent :

$$b = 4,60 \quad a = -10,22 \quad c - ab = 125,67 \quad c = 78,66.$$



L'équation de l'hyperbole donnant la variation de la température  $T$  en fonction de la profondeur  $P$  est donc :

$$(P + 10,22) (T - 4,60) = 78,66$$

d'où l'on tire :

$$T = 4,60 + \frac{78,66}{P + 10,22} \quad (2).$$

La figure 1 représente la courbe de variation de  $T$  en fonction de  $P$ . La courbe a été dessinée en utilisant les valeurs de  $T$  fournies par l'équation (2). Les cercles correspondent aux valeurs observées. Le tableau suivant donne les différences entre les valeurs calculées et observées :

$P$ m.	$T$ observé	$T$ calculé	Différence
0,1	11,83	12,22	— 0,39
2	11,12	11,04	+ 0,08
10	8,49	8,49	0,00
20	7,48	7,20	+ 0,28
30	6,63	6,56	+ 0,07
40	6,05	6,17	— 0,12
50	5,85	5,91	— 0,06
60	5,71	5,72	— 0,01
70	5,56	5,58	— 0,02
80	5,51	5,47	+ 0,04

La différence est très faible, sauf tout près de la surface (0,1 m.) où elle atteint 0°,39 et à 20 m. où elle vaut 0°,28. La branche d'hyperbole représente donc fort bien les observations. On constate que la température annuelle moyenne diminue de la surface au fond. Théoriquement, elle serait de 4°,60 à une grande profondeur. Près de la surface, la température est supérieure à celle de l'air qui vaut 9°,2 pour 1938. A 6 m. 90 de profondeur, l'eau a la même température annuelle que celle de l'air. En moyenne, il existe donc une couche de 6 m. 90 à la surface du lac dont la température moyenne est supérieure à celle de l'air. La différence est surtout marquée en hiver où la température de la surface du lac peut être notablement supérieure à celle de l'air.

Pour l'année entière, la température moyenne déduite des observations est de 6°,52 et celle que l'on tire de la courbe par intégration de 6°,47. Ce chiffre concorde fort bien avec ceux obtenus par Samuel de Perrot. Le tableau suivant donne les températures annuelles de l'air et du lac :

Année	Température annuelle		Différence
	de l'air	du lac	
1928	10,2	7,91	+ 2,29
1929	9,0	6,31	+ 2,69
1930	9,7	7,16	+ 2,54
1938	9,2	6,52	+ 2,68

On voit que la différence diminue pendant les années chaudes, c'est-à-dire que **la température annuelle moyenne de l'eau varie davantage que celle de l'air**. Plus il fait chaud, plus la température du lac se rapproche de celle de l'air.

### Variation de l'amplitude annuelle *A* de la variation de température avec la profondeur.

On appelle amplitude annuelle de la variation de température la différence entre la température du mois le plus chaud et la température du mois le plus froid. Les maxima et les minima aux différentes profondeurs sont donnés dans le tableau suivant :

Profondeur m.	Maximum		Minimum		Amplitude annuelle
		°		°	
0,1	Juillet	20,42	Février	4,40	16,02
2	Août	20,07	Février	4,27	15,80
5	Août	18,90	Février	4,30	14,60
10	Octobre	15,30	Février	4,30	11,00
20	Octobre	11,20	Février	4,27	6,93
30	Octobre	9,20	Février	4,27	4,93
40	Octobre	8,00	Février	4,27	3,73
50	Octobre	7,30	Février	4,25	3,05
60	Octobre	6,85	Février	4,22	2,63
70	Octobre	6,70	Février	4,22	2,58
80	Octobre	6,55	Février	4,13	2,42
90	Octobre	6,15	Février	4,13	2,02

Si l'on reporte dans un système de coordonnées rectangulaires la profondeur  $P$  en abscisse et l'amplitude de la variation annuelle de la température  $A$  en ordonnée, on s'aperçoit que tous les points se trouvent, à peu de chose près, sur une branche d'hyperbole, sauf ceux qui correspondent aux profondeurs de 0,1 et 2 m. Cette hyperbole est équilatère et a ses axes respectivement parallèles aux axes de coordonnées. Son équation est donc de la forme :

$$(P - d) (A - e) = f \quad (3)$$

où  $d$ ,  $e$  et  $f$  sont des constantes à déterminer. L'équation (3) peut s'écrire :

$$Ad + Pe + (f - de) - AP = 0.$$

C'est une équation du premier degré à 3 inconnues  $d$ ,  $e$  et  $(f - de)$ . Si l'on remplace  $A$  et  $P$  par les couples de valeurs obtenus, en laissant toutefois de côté les valeurs correspondant aux profondeurs de 0,1 et 2 m., on obtient 10 équations de la même forme; les voici :

$$\begin{aligned} 14,60 d + 5 e + (f - de) - 73,0 &= 0 \\ 11,00 d + 10 e + (f - de) - 110,0 &= 0 \\ 6,93 d + 20 e + (f - de) - 138,6 &= 0 \\ 4,93 d + 30 e + (f - de) - 147,9 &= 0 \\ 3,73 d + 40 e + (f - de) - 149,3 &= 0 \\ 3,05 d + 50 e + (f - de) - 152,5 &= 0 \\ 2,63 d + 60 e + (f - de) - 157,8 &= 0 \\ 2,58 d + 70 e + (f - de) - 180,6 &= 0 \\ 2,42 d + 80 e + (f - de) - 193,6 &= 0 \\ 2,02 d + 90 e + (f - de) - 181,8 &= 0 \end{aligned}$$

En résolvant ce système de 10 équations avec la méthode des moindres carrés, on obtient tout d'abord les 3 équations normales relatives aux inconnues  $d$ ,  $e$  et  $(f - de)$  :

$$\begin{aligned} 5,39 d + 45,50 e + (f - de) - 148,50 &= 0 \\ 8,41 d + 25,72 e + (f - de) - 124,40 &= 0 \\ 3,05 d + 62,69 e + (f - de) - 167,53 &= 0 \end{aligned}$$

qui, résolues par le procédé habituel, donnent :

$$e = 0,19 \quad d = -6,74 \quad f - de = 176,19 \quad \text{d'où } f = 174,91$$

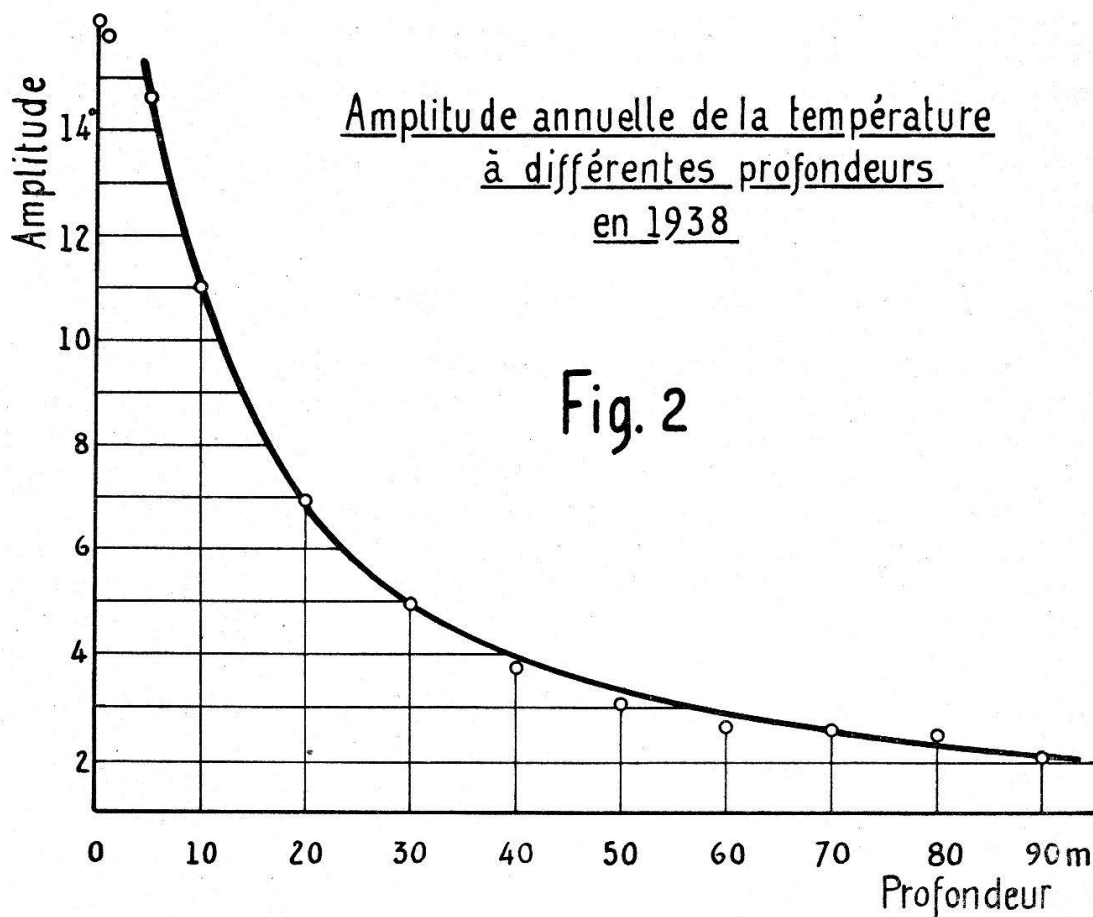
et l'équation (3) devient :

$$(P + 6,74) (A - 0,19) = 174,91$$

soit :

$$A = 0,19 + \frac{174,91}{P + 6,74} \quad (4).$$





La figure 2 représente la courbe de variation de  $A$  en fonction de  $P$ . La courbe a été dessinée en utilisant les valeurs de  $A$  fournies par l'équation (4). Les cercles correspondent aux valeurs observées. Le tableau suivant donne les différences entre les valeurs observées et calculées :

$P$ m.	$A$ observé °	$A$ calculé °	Différence °
5	14,60	15,08	— 0,48
10	11,00	10,64	+ 0,36
20	6,93	6,73	+ 0,20
30	4,93	4,95	— 0,02
40	3,73	3,93	— 0,20
50	3,05	3,27	— 0,22
60	2,63	2,83	— 0,20
70	2,58	2,47	+ 0,11
80	2,42	2,21	+ 0,21
90	2,02	2,00	+ 0,02

La différence est très faible, sauf près de la surface, ce qui est facilement compréhensible. En effet, près de la surface la variation diurne de la température n'est pas nulle et le chiffre obtenu pour la température varie suivant l'heure de l'observation. Il faudrait plusieurs observations par jour pour obtenir la valeur moyenne. A quelques mètres de profondeur, la variation diurne



est complètement amortie et ne joue donc plus de rôle. On constate que la variation de l'amplitude annuelle décroît de la surface au fond. Notons que pour l'air, l'amplitude annuelle vaut  $17^{\circ},4$  en 1938, le minimum  $0^{\circ},2$  s'étant produit en février et le maximum  $17^{\circ},6$  en juin et en août.

### Maxima et minima à différentes profondeurs.

Constatons tout d'abord que le minimum se produit à peu près à la même époque à toutes les profondeurs, c'est-à-dire en février. Il n'en est plus de même du maximum qui se produit en juillet à 0,1 m. de profondeur, en août à 1, 2 et 5 m. et en octobre aux autres profondeurs. La date du maximum retarde donc à mesure que l'on se rapproche du fond. En dessinant les courbes de variation annuelle de la température à différentes profondeurs, nous avons déterminé approximativement les dates des différents maxima; elles sont données dans le tableau ci-dessous :

Profondeur m.	Date du maximum	Profondeur m.	Date du maximum
0,1	28 juillet	40	22 octobre
1	22 juillet	50	27 octobre
2	15 août	60	15 novembre
5	28 août	70	28 octobre
10	6 octobre	80	26 octobre
20	7 octobre	90	28 octobre
30	18 octobre		

Dans la figure 3, nous avons reporté en abscisse la profondeur  $P$  et en ordonnée la date du maximum. La courbe n'est pas très régulière parce qu'en certaines profondeurs des courants d'eau plus froide ou plus chaude modifient quelque peu la date du maximum. On constate que le retard de la date du maximum croît très rapidement jusqu'à 20 m. de profondeur environ et qu'à partir de 50 m., il est à peu près constant, le maximum se produisant à la fin d'octobre.

La valeur du minimum ne varie pas beaucoup, puisqu'elle oscille entre  $4^{\circ},13$  et  $4^{\circ},60$ . Quant au maximum, il vaut  $20^{\circ},42$  à 0,1 m. et  $6^{\circ},15$  seulement à 90 m. On pourrait dessiner la courbe de variation du maximum avec la profondeur; on obtiendrait une branche d'hyperbole analogue à celle de la figure 2.

### Répartition des températures suivant la saison.

Nous avons vu que si l'on considère les moyennes annuelles, la température décroît régulièrement de la surface au fond. Cette répartition peut être intervertie dans certaines saisons. Rappelons que l'eau atteint son maximum de densité à  $4^{\circ}$ . L'eau du fond

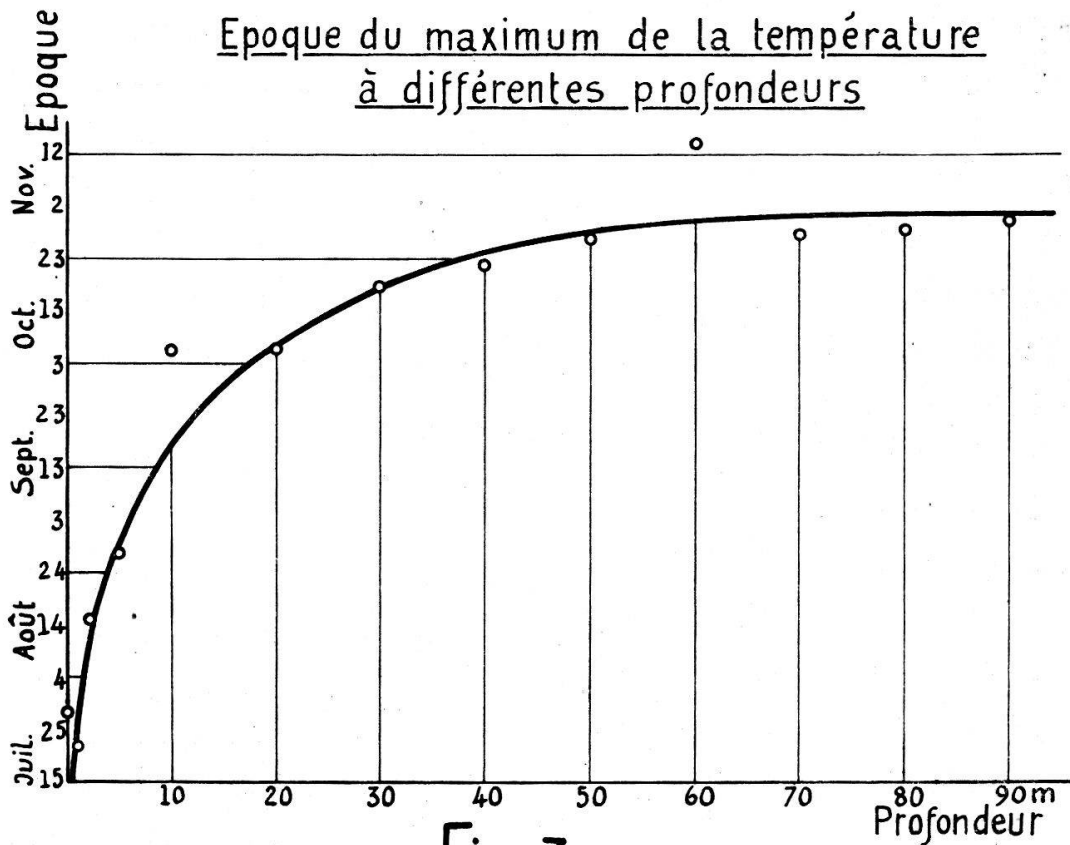
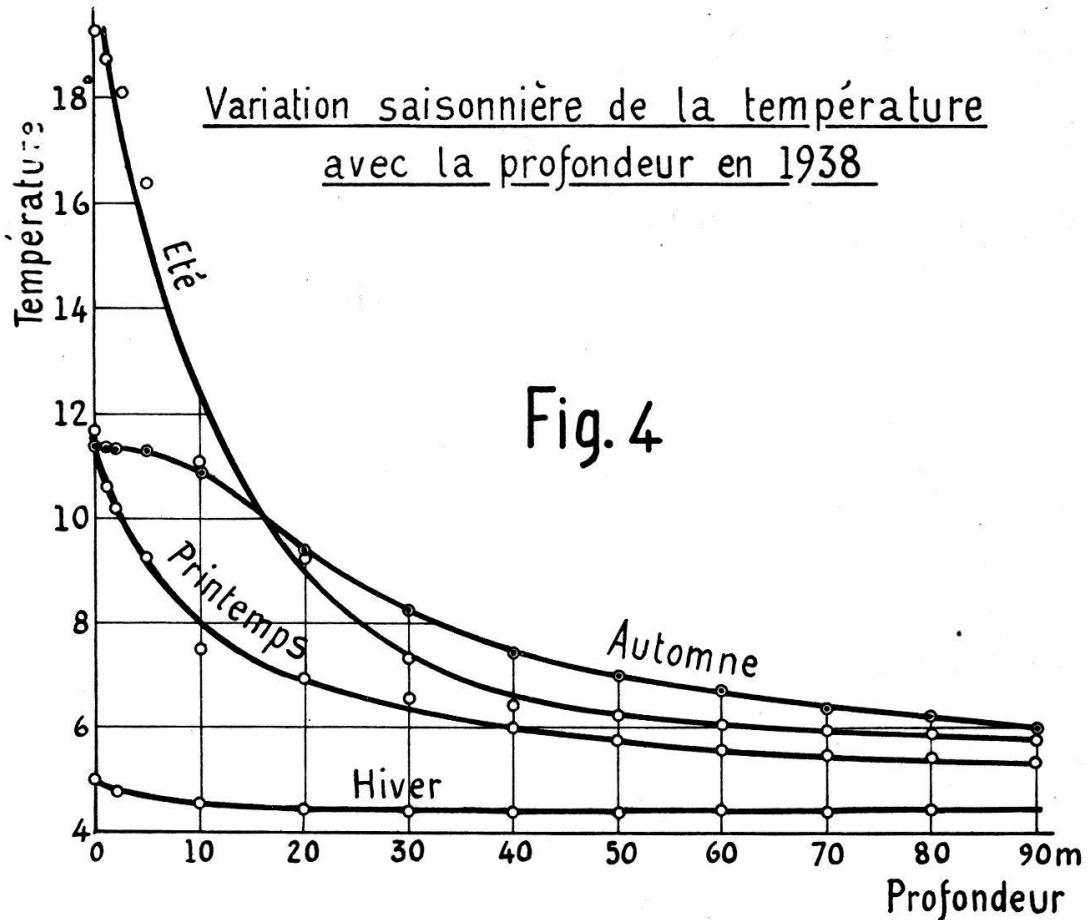


Fig. 3

du lac aura donc toujours une température voisine de 4°, quelle que soit la saison. En été, la température près de la surface est toujours nettement supérieure à 4°, de sorte que la température décroît de la surface au fond. En hiver, le phénomène inverse peut se produire. Si la température de l'air reste excessivement basse pendant très longtemps, comme en janvier et février 1929, par exemple, la température moyenne de l'eau du lac descend au-dessous de 4°. L'eau du fond continuera donc d'avoir 4°, mais près de la surface elle aura une température plus basse, pouvant même atteindre 0° et au-dessous. A ce moment, la surface du lac gèlera comme pendant le fameux hiver 1879-1880 et la température de l'eau augmentera de la surface au fond.

Le tableau suivant donne la température à différentes profondeurs pour chaque saison :

Profondeur m.	Hiver °	Printemps °	Eté °	Automne °
0,1	5,09	11,66	19,30	11,29
1		10,62	18,80	11,37
2	4,79	10,24	18,12	11,34
5		9,26	16,40	11,27
10	4,53	7,51	11,08	10,84
20	4,42	6,92	9,22	9,37
30	4,39	6,58	7,33	8,24



Profondeur m.	Hiver °	Printemps °	Eté °	Automne °
40	4,36	6,01	6,41	7,43
50	4,37	5,78	6,27	6,99
60	4,43	5,60	6,08	6,74
70	4,38	5,49	5,98	6,39
80	4,43	5,42	5,91	6,27
90		5,34	5,80	6,02
Moyenne	4,44	6,28	7,71	7,68
Air	3,10	12,10	16,67	5,73

La figure 4 fournit la variation de la température avec la profondeur pour les différentes saisons, c'est-à-dire pour l'hiver (janvier, février, mars), le printemps (avril, mai, juin), l'été (juillet, août, septembre) et l'automne (octobre, novembre, décembre). Jusqu'à 16 m. de profondeur environ, l'été est la saison la plus chaude; ensuite viennent l'automne, le printemps et l'hiver. Pour des profondeurs supérieures à 16 m., c'est l'automne qui est la saison la plus chaude, puis vient l'été, le printemps et l'hiver.

On vérifie qu'en hiver, la température est rapprochée de 4°. Elle monte très rapidement à la surface au printemps et en été et moins rapidement au fond. En automne, l'eau se refroidit plus rapidement à la surface qu'au fond. Le fait que la température de l'automne, 7°,68, est à peu près égale à celle de l'été, 7°,71,

n'est peut-être pas un fait général. Il est possible que pendant d'autres années, on trouve une différence notable entre la température de ces deux saisons. Le grand retard de l'époque du maximum à une grande profondeur est certainement dû au fait que la température de l'air est restée stationnaire en juin, juillet et août ( $17^{\circ},6$ ;  $17^{\circ},5$ ;  $17^{\circ},6$ ) de sorte que l'époque du maximum est mal déterminée.

En prenant la moyenne des températures à toutes les profondeurs, on trouve que le minimum,  $4^{\circ},23$ , se produit en février et le maximum,  $8^{\circ},85$ , en octobre.

### Conclusions.

Les mesures effectuées par M. E. Senaud en 1938 nous conduisent aux résultats suivants :

**La température annuelle moyenne de l'eau du lac diminue de la surface au fond; la variation est hyperbolique.**

**L'amplitude annuelle de la variation de température diminue de la surface au fond; la variation est hyperbolique.**

**Les minima aux différentes profondeurs se produisent tous en février.**

**L'époque du maximum se produit en juillet à la surface et en octobre au fond; elle retarde donc avec la profondeur.**

**Le minimum de la moyenne des températures à toutes les profondeurs,  $4^{\circ},23$ , se produit en février et le maximum,  $8^{\circ},85$ , en octobre.**

Manuscrit reçu le 26 mai 1939.