Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 62 (1942-1945)
Heft: 259

Artikel: Le gradient horizontal de température sur le Lac Léman par la bise
Autor: Bouët, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-273236

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: 14.07.2025

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

Le gradient horizontal de température sur le lac Léman par la bise

PAR

Max BOUET

(Séance du 18 novembre 1942.)

Dans une précédente étude [1], nous avons entre autres cherché à établir la valeur moyenne du gradient horizontal de température sur le Plateau suisse par temps de bise forte. Nous avions alors constaté que ce gradient, compté positivement dans le sens des températures croissantes, était toujours dirigé dans le sens de la bise elle-même, mais que sa valeur absolue était, en hiver, voisine de zéro entre Zurich et Lausanne; entre Lausanne et Genève, par contre, le gradient était en moyenne de 2,7°, soit de 5,4° par 100 km, sans réduction à un niveau commun. Le calcul du gradient de température potentielle n'avait pas permis d'autre part de mettre en évidence une isentropie du courant de NE balayant le Plateau suisse.

Nous avions alors admis que la valeur particulièrement élevée du gradient sur le lac Léman pouvait s'expliquer par un réchauffement du courant de bise au contact de la surface du lac dont la température superficielle, en hiver au moins, est toujours plus élevée que celle de l'air continental venant du NE ou du NNE. Nous nous sommes dès lors proposé de rechercher quelle était la valeur du gradient horizontal de température sur le Plateau et sur le Léman en toutes saisons, et de voir si l'hypothèse ci-dessus rappelée se vérifiait ailleurs qu'en hiver.

Il était déjà apparu dans l'étude précitée que le gradient sur le Léman était d'autant plus élevé que la température de l'air était plus basse. On devait donc s'attendre à ce que l'élévation de température du courant de bise au printemps et

[1] MAX BOUËT : La bise en Suisse romande, *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, vol. 62, N° 258, Lausanne 1942.

en été entraînât une diminution du gradient horizontal. En effet, l'écart de température entre l'air et l'eau doit être minimum dans la belle saison, maximum en hiver par suite du régime thermique du Léman dont les eaux superficielles ne peuvent accuser de température inférieure à 4°. Il nous parut donc intéressant d'étendre à toute l'année nos recherches sur le gradient horizontal; comme on le verra, elles ont confirmé notre première hypothèse d'une manière qui nous semble satisfaisante.

Nous renvoyons à notre première étude pour l'exposé du matériel utilisé. Rappelons seulement que nous nous sommes servi des mesures simultanées de températures du matin et du soir (7 h. 30 et 21 h. 30) des stations de Zurich, Berne, Lausanne et Genève pendant les périodes de forte bise choisies dans les années 1920 à 1940. La recherche de ces périodes nous a causé quelques difficultés, en été surtout, car elles sont peu fréquentes en cette saison et la bise y est rarement forte. Nous désignons par hiver les mois de décembre à février (comme précédemment), par printemps ceux de mars à mai, par été ceux de juin à août et par automne ceux de septembre à novembre. Notre matériel comprend au printemps 142 observations de gradient, en été 100 et en automne 101. Les chiffres que nous citerons pour l'hiver sont pour la plupart ceux qui ont déjà été publiés; ils se basent sur 100 observations. Rappelons enfin que le gradient est compté positivement dans le sens des températures croissantes et qu'un gradient positif indique toujours une élévation de température en allant dans le sens de la bise, c'est-à-dire du NE au SW. Les chiffres trouvés pour l'été sont à notre avis un peu moins sûrs que ceux des autres saisons; la bise, avons-nous dit, y est moins forte; l'influence du rayonnement solaire sur la température du matin provoque des fluctuations plus marquées des valeurs individuelles du gradient; bref, ce matériel est un peu moins homogène et moins régulier que celui des autres saisons. Il était cependant utile de l'incorporer au reste à titre de comparaison.

a) *Le gradient moyen sur le Plateau et le lac Léman.*

Nous donnons d'emblée les résultats obtenus par saisons et pour chacun des trois trajets Zurich-Berne, Berne-Lausanne et Lausanne-Genève, sans réduction d'altitude. (Tabl. I.)

Les deux valeurs négatives apparaissant sur le trajet Zurich-Berne indiquent, selon notre convention, qu'il y a abais-

I. *Gradient moyen de température sur le Plateau.*

	Zurich-Berne	Berne-Lausanne	Lausanne-Genève
Printemps	— 0,2°	0,8°	1,8°
Eté	0,0°	1,1°	1,6°
Automne	— 0,2°	0,8°	2,3°
Hiver	0,2°	0,0°	2,7°
	ρ. 100 km.		
Printemps	— 0,2°	1,1°	3,6°
Eté	0,0°	1,5°	3,2°
Automne	— 0,2°	1,1°	4,6°
Hiver	0,2°	0,0°	5,4°

sement de température en allant de Zurich à Berne. On peut dire d'ailleurs que sur ce trajet le gradient est pratiquement nul en toutes saisons. Il n'en est pas de même entre Berne et Lausanne où, l'hiver mis à part, le gradient est positif et voisin de 1°. Ce fait nous oblige à admettre que le trajet Zurich-Berne n'est peut-être pas très représentatif au point de vue des températures de l'air par la bise; Zurich est, on le sait, déjà un peu en dehors du grand courant du NE; les températures que l'on y observe sont relativement trop élevées. Il y a évidemment de part et d'autre de Berne une certaine asymétrie thermique du courant de bise qui n'est probablement pas réelle.

Quoiqu'il en soit, on voit apparaître à nouveau ici la grande différence entre le gradient terrestre du Plateau et le gradient lacustre du Léman; celle-ci subsiste toute l'année bien que l'influence saisonnière se fasse sentir. Le gradient sur le Léman est maximum en hiver (5,4°), minimum en été (3,2°). La température de la bise d'été est évidemment plus voisine de celle du lac qu'en hiver, aussi le réchauffement entre Lausanne et Genève est-il plus faible. On remarquera que le printemps et l'automne ne sont pas symétriques à cet égard: le régime d'automne se rapproche de celui de l'hiver, tandis que celui du printemps ressemble davantage à celui de l'été. La grande inertie thermique du lac en est évidemment la cause.

Les gradients ci-dessus s'entendent sans réduction d'altitude. Or les stations utilisées se trouvent à des niveaux différents et il est nécessaire de voir dans quelle mesure ces différences de cote sont susceptibles de modifier les gradients

bruts. Dans ce but, il faut avoir recours à un procédé nécessairement arbitraire pour réduire les gradients à des niveaux géodésiques horizontaux. Voici les altitudes des stations: Zurich 493,2 m., Berne 572,2 m., Lausanne 552,9 m., Genève 405,0 m. Admettons un gradient vertical moyen de 0,5° par 100 m. Nous pouvons alors corriger les gradients bruts en choisissant pour chaque paire de stations un niveau commun. Vu les altitudes respectives des stations, le calcul conduit à augmenter le gradient entre Zurich et Berne, à le diminuer au contraire pour les deux autres trajets. Voici ces gradients (Tabl. II):

II. *Gradient moyen par 100 km., après réduction d'altitude.*

	Zurich-Berne	Berne-Lausanne	Lausanne-Genève
Printemps	— 0,1°	0,9°	3,2°
Eté	0,1°	1,3°	2,8°
Automne	— 0,1°	0,9°	4,2°
Hiver	0,3°	— 0,1°	5,0°

Si l'on compare ce tableau au précédent, on constate que les modifications sont faibles et que l'opposition entre les gradients terrestres et les gradients lacustres subsiste. Vu la petitesse de la correction d'altitude, nous l'abandonnerons dans la suite pour ne pas compliquer inutilement notre exposé.

b) *Remarque sur le gradient au pied du Jura.*

Toutes les considérations précédentes sont basées sur l'étude du gradient horizontal de température sur un seul trajet du Plateau suisse. On aurait pu, semble-t-il, utiliser aussi bien un trajet passant par Neuchâtel au lieu de Berne, les deux stations se trouvant l'une et l'autre dans le courant de bise et sur une ligne perpendiculaire à peu de chose près à ce courant. Les essais que nous avons faits nous ont montré que le choix n'est pas indifférent. En effet, si l'on compare les températures de Berne et de Neuchâtel par temps de bise forte, on constate que celles de Neuchâtel sont toujours plus élevées que celles de Berne, et cela dans la mesure suivante: l'écart est au printemps de 1,7°, en été de 1,4°, en automne de 1,4° et en hiver de 0,7°. La différence d'altitude n'étant que de 85 m., ces différences de température sont évidemment très

fortes et conduisent à un gradient vertical moyen de 1,4° par 100 m. tout à fait inadmissible.

Il s'ensuit que le gradient horizontal calculé pour le trajet Zurich-Neuchâtel-Lausanne prend des valeurs moyennes assez curieuses et d'une interprétation difficile; entre Zurich et Neuchâtel, le gradient est en moyenne de 1,1° (au lieu de 0,0° par Berne), et entre Neuchâtel et Lausanne il devient négatif (refroidissement), soit de — 0,5° (au lieu de 0,7° par Berne). Nous nous bornons à signaler cette anomalie pour laquelle nous croyons pouvoir donner l'explication suivante: La bise à Neuchâtel n'est probablement pas tout à fait parallèle au Jura, mais possède une composante normale à la chaîne de montagnes; un faible effet de fœhn pourrait alors rendre compte des températures anormalement élevées de Neuchâtel dans cette situation-là.

c) *Le gradient sur le Léman et la température de l'air à Lausanne.*

Examinons de plus près le gradient entre Lausanne et Genève et sa dépendance vis-à-vis de la température du courant de bise lui-même. Nous pouvons ici compléter ce que nous avons déjà montré pour l'hiver. Le tableau III donne la valeur moyenne du gradient pour des intervalles de 5° en 5° de la température à Lausanne, sans réduction d'altitude ni réduction à 100 km.

III. *Gradient moyen Lausanne-Genève en fonction de la température de l'air à Lausanne.*

Température à Lausanne	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Moyennes
moins de —5°				2,9°	2,9°
—5° à 0°	2,2°		2,6°	2,5°	2,4°
0° à 5°	1,8°		2,5°		2,1°
5° à 10°	1,4°	1,7°	2,1°		1,7°
10° à 15°	1,4°	1,8°	1,9°		1,7°
15° à 20°		1,3°			1,3°

Il ressort clairement de ce tableau et en particulier des moyennes de la dernière colonne que le gradient horizontal Lausanne-Genève décroît lorsque la température de l'air s'élève. La bise est toujours relativement froide, et cela en toutes saisons; synoptiquement parlant elle joue toujours le rôle d'une masse froide. Vis-à-vis de l'eau du lac cependant, la

bise est en hiver relativement beaucoup plus froide qu'en été: l'écart entre la température de l'air et celle de l'eau de surface y est plus grande qu'en été. En effet, la masse considérable de l'eau du lac et ses mouvements de convection retardent en hiver son refroidissement superficiel, limité à la température de 4° qui est celle du maximum de densité. Les masses d'air continentales venant du NE ont en hiver la température des surfaces terrestres qu'elles ont balayées et qui en Europe centrale et orientale se sont considérablement refroidies. En été ces mêmes terrains ont atteint des températures relativement élevées, et l'on sait que l'amplitude annuelle de la température superficielle du sol dépasse beaucoup celle d'une grande masse d'eau telle que le lac Léman. En fait, il arrive parfois au printemps et en été que la bise soit même de quelques degrés plus chaude que l'eau du lac.

d) *Le gradient et la température du Rhône à Genève.*

Il serait du plus haut intérêt pour l'étude du phénomène qui nous occupe de connaître exactement la température superficielle de l'eau du lac pour les jours de bise qui nous ont servi à établir les gradients ci-dessus. Cette température n'est malheureusement pas mesurée. Dans ces conditions, nous avons cherché à aborder le problème d'une autre façon. Des mesures journalières de la température de l'eau du Rhône sont effectuées depuis fort longtemps à Genève, au pont de la Coulouvrenière, à 3 m. de profondeur [1]. Nous avons pensé que ces températures pourraient, faute de mieux, être utilisées en lieu et place de celles qui seraient faites dans le lac lui-même. A vrai dire, il s'en faut sans doute de beaucoup que la température du Rhône soit identique à celle de l'eau de surface du lac. Il est fort probable qu'en général le Rhône à sa sortie du lac est un mélange d'eau profonde et d'eau de surface. L'examen des températures journalières du Rhône montre qu'il se produit parfois de brusques et fortes variations en 24 h., variations qui trahissent l'arrivée à Genève de nappes situées à des niveaux très différents.

Bien que conscient des objections que l'on pourrait faire à l'emploi de cette méthode, nous avons néanmoins considéré que les températures du Rhône à Genève pouvaient approxi-

[1] Ces températures ont été publiées jusqu'en 1935 dans les *Archives des Sc. phys. et nat. de Genève.* Les mesures postérieures à 1935 nous ont été aimablement communiquées par le Service des Eaux de la Ville de Genève qui les exécute actuellement.

mativement représenter celles du lac en surface. Cela admis, on peut alors établir pour chacun des jours utilisés dans le calcul du gradient horizontal la différence entre la température du Rhône et celle de l'air à l'Observatoire de Genève. Si l'on groupe ces différences (Rhône moins Observatoire) en intervalles de 5° en 5°, on obtient le tableau IV pour le gradient horizontal correspondant entre Lausanne et Genève (sans réduction d'altitude ni de distance).

La première ligne du tableau comprend les cas où la température du Rhône est plus basse que celle de l'air; pour les quatre dernières lignes c'est l'inverse qui a lieu. Le fait que dans ce premier cas (Rhône plus froid que l'air), le gradient n'est pas nul semble montrer que le lac lui-même

IV. *Gradient moyen Lausanne-Genève en fonction de l'écart de la température eau-air.*

ΔT eau-air	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Moyennes	Nombre d'observations
—5° à 0°	1,2°	1,3°			1,2°	39
0° à 5°	1,9°	1,6°	2,0°	2,3°	1,8°	198
5° à 10°	2,1°	1,8°	2,4°	2,5°	2,3°	143
10° à 15°			2,6°	3,0°	2,9°	49
15° à 20°				3,6°	3,6°	4

est plus chaud que le Rhône à Genève, ce qui est vraisemblable. Il convient donc de ne pas s'attacher aux valeurs absolues du gradient du tableau; vu la manière dont ce dernier a été établi, seules les variations du gradient avec l'écart de température eau-air doivent être retenues.

Les moyennes de l'avant-dernière colonne sont à cet égard significatives; elles montrent nettement l'accroissement du gradient avec l'écart de température eau-air. Cet accroissement est même très régulier: le gradient est sensiblement proportionnel à la différence de température existant entre l'eau du Rhône et l'air amené par la bise. Nous pensons que ce résultat justifie dans une certaine mesure la méthode indirecte employée. On voit par exemple que le gradient horizontal de température entre Lausanne et Genève est deux fois plus élevé lorsque l'écart de température eau-air est compris entre 15° et 20° que lorsque ce dernier est voisin de zéro.

Conclusion.

Il semble que les faits rapportés dans cette étude permettent de dire que le gradient horizontal de température entre Lausanne et Genève, gradient qui manifeste toujours un réchauffement de ce vent entre les deux stations, n'est pas constant. Le gradient est minimum en été, maximum en hiver; il est minimum lorsque l'air et l'eau du lac ont une température très voisine, maximum au contraire lorsque ces températures présentent un grand écart. Le gradient horizontal de température sur le lac Léman est, en première approximation, proportionnel à l'écart existant entre la température de l'eau du lac et celle de l'air. La température du Rhône à Genève nous a servi ici à évaluer cet écart.

Le lac Léman jouerait donc par la bise le rôle de source chaude à laquelle le courant aérien emprunterait de la chaleur lorsqu'il la balaye du NE au SW. Cette interprétation des faits n'est du reste peut-être pas la seule que l'on puisse donner; d'autres phénomènes pourraient exercer un effet dans le même sens; nous ne les avons pas envisagés ici.