Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 10 (1868-1870)

Heft: 64

Artikel: Recherches sur la condensation de la vapeur aqueuse de l'air au contact de la glace et sur l'évaporation

Autor: Dufour, C. / Forel, F.-A.

Kapitel: 41-50

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-256587

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: 13.07.2025

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

du glacier 150 grammes d'eau par mètre carré, 150 mètres cubes par kilomètre carré.

C'est un dépôt considérable. Si nous supposons un vent chaud amenant au contact des neiges de tout le bassin du Rhône, de l'air dont la température de saturation moyenne, serait à + 3° (à une tension 5,69^{mm}), nous aurions par la condensation un dépôt considérable d'eau. La surface des neiges éternelles et glaces du bassin du Rhône est d'environ 1000 kilomètres carrés (voir appendice n° 1), nous aurions donc un dépôt horaire de 150 000 mètres cubes, et en 24 heures 3 600 000 mètres cubes, soit le $\frac{1}{2500}$ du débit annuel moyen du Rhône, à Genève[9].

La condensation directe de la vapeur d'eau à la surface des glaciers est donc un facteur important de l'alimentation des fleuves, et mérite à ce point de vue d'être prise en sérieuse considération.

41. 2° La condensation de la vapeur d'eau dessèche l'air, et cela d'une manière notable. Sans nous arrêter à la sécheresse bien connue de la région des neiges éternelles, sans insister sur la rapidité de la dessication des habits mouillés et des aliments que tous les ascensionnistes ont constatée, sur le peu d'abondance des secrétions urinaire et sudorale, sur la fréquence et l'intensité

---

[9] Voir : *F.-A. Forel.* Comparaison du débit annuel moyen du Rhône à Genève, avec la hauteur moyenne annuelle de l'eau météorique. Bull. soc. vaud. sc. nat., t. X, p. 447. Ce travail a été la cause des études que nous publions aujourd'hui, en nous faisant rechercher comment on pourrait expliquer une anomalie apparente, entre le débit annuel moyen du Rhône à Genève et la quantité d'eau météorique tombée sur tout le bassin d'alimentation du fleuve. J'avais trouvé que la quantité d'eau s'écoulant annuellement par le Rhône, à la sortie du Léman, équivalait, répandue sur la surface du bassin d'alimentation, à une hauteur d'eau de 1^{m},15, tandis que les moyennes annuelles de la pluie ne donnaient, pour ce même bassin, qu'une hauteur d'eau de 948 millimètres, sans en défalquer la quantité enlevée par l'évaporation. C'est en recherchant les causes possibles de cette anomalie, que nous avons abordé l'étude de la condensation de la vapeur d'eau sur les glaciers. Si aujourd'hui nous insistons moins sur la comparaison du débit du Rhône et de l'eau météorique, c'est que j'ai reconnu, dans le calcul que j'ai publié, une cause d'erreur dont il m'est impossible de ne pas tenir compte, et que je ne puis corriger faute de matériaux suffisants. Cette cause d'erreur est la présence, en hiver, des écluses et barrages de la machine hydraulique de Genève qui, relevant d'une manière notable le niveau du lac, fausse, au point de vue du débit du Rhône, les indications limnimétriques du lac. Pendant un temps plus ou moins long, variant d'année en année, l'administration de la machine ferme plus ou moins l'émissaire du lac, et procure ainsi un soulèvement artificiel de son niveau, et par suite, pendant un temps plus ou moins long, le niveau du lac ne correspond plus au débit de l'émissaire. Quelle est l'influence de cette altération du niveau régulier du lac sur le calcul que j'ai présenté, c'est ce que je ne puis me hazarder à calculer ; mais cette remarque me commande à ce point de vue une réserve dont nous ne voulons pas sortir. F-A. F.

des érythèmes et coups de soleil dans les hautes régions, nous prouverons ce desséchement de l'air directement par nos observations.

42. A la surface du glacier l'air était beaucoup plus sec qu'à l'hôtel du glacier du Rhône, quoique ces deux stations soient fort rapprochées l'une de l'autre (900 mètres environ), et par conséquent soumises aux mêmes influences générales.

Il résulte de 85 observations faites à l'hôtel du glacier du Rhône, du 27 juillet au 4 août 1870, à toutes les heures du jour et de la nuit, que la moyenne d'humidité relative a été de 7,5 mm ou 7,95 grammes de vapeur d'eau par mètre cube.

Il résulte de 90 observations faites dans la même série de jours, sur le glacier du Rhône, entre 8 h. du matin et 5 h. du soir, que la moyenne d'humidité absolue y a été de 5,1 mm ou 5,41 grammes par mètre cube d'air.

La différence d'humidité en faveur de l'air de l'hôtel a donc été de 2,54 grammes par mètre cube ; l'air était de 32 pour 100 plus sec sur le glacier du Rhône qu'à l'hôtel.

43. Le détail des observations montrera encore mieux ce fait. Nous indiquerons dans le tableau suivant, pour chaque expérience, la valeur moyenne de l'humidité absolue sur la glacier, et pour l'humidité de l'air à l'hôtel, les deux observations qui précèdent et suivent immédiatement l'expérience.

DATE		HEURE	EXPÉRIENCES	Humidité absolue de l'air			
				sur le glacier		à l'hôtel	
				Nombre des observations.	Moyenne.	avant l'expérience.	après l'expérience.
					mm.	mm.	mm.
Juillet.	27	8,15 m à 10,45 s	VIII, IX, XII, XIII	10	5,57	7,58	8,37
	»	4,20 s	VII	1	5,92	8,61	7,62
	28	8,50 m à 10,30 m	XIX, XX, XXII, XXIII, XXV	6	5,07	6,63	8,00
	»	3,30 s à 5,35 s	XVI, XVIII	10	5,16	7,73	7,48
	29	1,45 s à 3,50 s	XVII, XXIV	11	5,05	8,37	8,33
	30	8,30 m à 10,15 m	XIX, XX	8	4,99	7,00	8,28
Août.	1	11,45 m à 4,30 s	XXI, XXVI, XXVII	19	4,62	5,96	6,11
	3	8,00 m à 10,36 m	X, XI, XIV, XV	19	5,43	7,02	9,79

Si nous tirons de ce tableau les moyennes diurnes de tension de la vapeur d'eau, nous aurons :

Sur la surface du glacier . . . . $^{mm}5,23$.
A l'hôtel du glacier du Rhône . . 7,67.

Ces chiffres montrent bien l'état de sécheresse remarquable de l'air à la surface du glacier.

44. D'autres observations faites au-dessus de la cascade de glace du glacier du Rhône, nous donnent le même résultat.

La moyenne de 6 observations faites le 2 août, entre 11 et 2 heures du jour, au milieu du glacier, par une altitude de 2350 mètres environ, nous donnent pour la tension de la vapeur d'eau de l'air $4,18^{mm}$.

Une observation faite le même jour à 2 h. 50 dans une prairie à quelques cents mètres du glacier et à la même altitude nous donne pour la tension de la vapeur d'eau de l'air $5,91^{mm}$.

45. Le calcul nous amène du reste au même résultat et nous montre l'action desséchante du glacier sur la couche d'air qui l'environne.

Pendant notre expérience n° VIII, du 27 juillet, nous avons eu une condensation dont la valeur horaire a été de $0,158^{mm}$, soit 158 grammes d'eau par mètre carré. La température moyenne de l'air étant de $4^{o},75$, ces 158 grammes auraient été contenus dans 23,6 mètres cubes d'air, si cet air avait été saturé et avait pu livrer toute son humidité.

Mais l'air n'était qu'à 0,87 d'humidité relative. Puis la quantité de vapeur d'eau déposée par la condensation, n'était que la quantité excédant la quantité de vapeur contenue à saturation par de l'air à 0°.

L'air aurait été saturé à $+ 2^{o},9$.

Or à 0° un mètre cube d'air peut contenir 4,878 grammes d'eau.
à $+ 2^{o},9$ id. 5,889 »

Donc chaque mètre cube d'air pouvait laisser déposer au maximum 1,011 grammes d'eau.

Donc pour 158 grammes il a fallu l'excès de vapeur contenu dans 156 mètres cubes d'air, en admettant que tout cet air était dans les mêmes conditions hygrométriques que celui qui léchait la surface du glacier.

Le même calcul nous donne pour l'expérience n° XIII, du 27 juillet, à 9 h. 35 du matin :

Température de l'air	4°,7.
Humidité relative	0,85.
» absolue	mm5,5.
Température de saturation	2°,5.
Valeur horaire de la condensation . .	mm0,125.
Epaisseur de la couche d'air desséchée.	146 mètres.

46. Mais, si au lieu de considérer l'état hygrométrique de l'air à la surface du glacier, nous prenons comme air normal l'état hygrométrique de l'atmosphère avant et après l'expérience à l'hôtel du glacier du Rhône (§ 43), nous trouverons qu'il a suffi d'une couche d'air beaucoup moins forte pour fournir la condensation que nous avons constatée.

Le 27 juillet, à l'hôtel du glacier du Rhône nous avions l'état hygrométrique suivant:

Heure.	Température de l'air. C°	Humidité relative.	Humidité absolue. mm	Température de saturation. C°
8 h. 00 m.	10,6	0,79	7,58	7,2
11 h. 50 m.	15,3	0,64	8,37	8,6
Moyennes,	12,9	0,71	7,97	7,9

En calculant, comme nous venons de le faire, le volume d'air dans ces conditions, qui a pu livrer les 158 grammes d'eau de l'expérience n° VII, nous trouvons qu'il a suffi de 44 mètres cubes d'air. Si donc, nous supposons l'air tel qu'il était à l'hôtel du glacier du Rhône, transporté sur la surface du glacier, il aurait fallu qu'une couche de 44 mètres de hauteur eût livré, pendant cette heure, tout son excès d'humidité, pour fournir à la condensation que nous avons observée.

46 *bis*. Il nous a paru intéressant de prouver directement l'action desséchante de la glace sur l'atmosphère, quand celle-ci se trouve dans des circonstances hygrométriques convenables, c'est-à-dire quand la tension de la vapeur y excède 4,60 mm.

A cet effet, le 14 janvier 1871, à Morges, dans une salle dont la température était de 12°,5, nous avons pris un vase cylindrique en verre, qui avait 13 centimètres de diamètre et 20 centimètres de hauteur, et qui contenait par conséquent 2,65 litres. Une planche fut placée comme couvercle, et à cette planche furent suspendus deux thermomètres pour faire psychromètre, et un petit linge mouillé; un linge pareil, coupé au même morceau et en apparence mouillé à un degré égal, était placé ailleurs dans la salle.

Au fond de la cloche de verre nous plaçâmes des morceaux de glace, qui formaient une couche épaisse de 2 centim. à peu près.

Voici l'état hygrométrique de l'air contenu dans le vase de verre, à partir de 11 h. 10 m., heure du début de l'expérience:

HEURE.	THERMOMÈTRE sec.	THERMOMÈTRE humide.	HUMIDITÉ absolue. mm.	HUMIDITÉ relative.
11,10	12°,4	12°,3	10,60	0,99
11,35	9°,8	9°,7	8,92	0,99
12,00	7°,2	5°,7	5,98	0,79
12,45	7°,0	4°,9	5,26	0,70

La diminution de la quantité d'humidité est évidente, surtout par la diminution de la tension de la vapeur. Elle est sensible même sur l'humidité relative; et cependant à mesure que la température baissait dans la cloche par le voisinage de la glace, l'humidité relative aurait dû augmenter, si la quantité de vapeur, qui y était contenue, était restée la même.

Quant au linge placé dans le vase de verre, à 12 h. 45 minutes, bien que encore un peu humide, il était cependant beaucoup plus sec que celui qui était resté suspendu dans la salle.

47. Nous exprimons donc bien la réalité en attribuant au glacier une puissante action de dessèchement de l'air. Les glaciers et les neiges éternelles agissent, par rapport à l'humidité de l'air des régions avoisinantes, comme pourraient le faire d'immenses éponges imbibées d'acide sulfurique ou des montagnes de chaux vive. Cette comparaison n'est cependant pas parfaitement exacte, car le glacier ne dessèche pas indéfiniment l'air; il ramène l'humidité absolue à 4,60^{mm}, tension de la vapeur d'eau à 0°. Mais comme cette valeur est, relativement à l'état hygrométrique moyen de l'air, une faible quantité d'humidité absolue, c'est bien une action générale desséchante qu'ont en définitive la glace et la neige de nos Alpes.

48. 3° Le troisième point de vue que nous devons envisager dans la question de la condensation de la vapeur d'eau sur la glace, c'est la chaleur latente. Il y a, dans le changement d'état de la vapeur en eau, dégagement d'une quantité considérable de chaleur latente, à savoir d'une quantité 7,67 fois plus forte que celle qui suffirait à faire fondre le même poids de glace; autrement dit, il y a assez de chaleur latente pour faire fondre un poids de glace 7,67 fois plus considérable que le poids de l'eau condensée.

Nous avons vu (§ 40) des valeurs horaires de condensation de $0,050^{mm}$, $0,100^{mm}$, $0,150^{mm}$. Nous aurons donc par suite de la chaleur latente dégagée, des valeurs horaires de fusion correspondantes de $0,383^{mm}$, $0,767^{mm}$, $1,150^{mm}$, qui entrent pour une proportion importante dans la valeur de l'ablation à la surface du glacier.

Si nous traduisons ces chiffres en mètres cubes de glace fondues par heure et par kilomètre carré du glacier, nous obtiendrons les chiffres suivants : 383, 767 et 1150 mètres cubes d'eau de fusion, due simplement à la chaleur latente dégagée par la condensation.

Donc la condensation doit être considérée, non-seulement comme agissant puissamment pour l'alimentation des torrents glaciaires, mais comme tendant d'une manière énergique à la fusion des glaciers.

49. Nous formulerons enfin l'action de la condensation dans les 2 aphorismes suivants :

Plus grande sera l'humidité absolue de l'air, plus important sera le débit des torrents glaciaires, plus important aussi sera l'ablation et le retrait des glaciers.

Plus grande sera la surface des neiges et des glaces, plus complète sera l'action de dessèchement de l'air.

50. Nous allons aborder la partie de notre travail qui traite de l'évaporation ; mais nous voulons tout d'abord faire comprendre pourquoi nous avons donné beaucoup moins d'attention à ce phénomène qu'à celui de la condensation.

Nous chercherons à montrer comme quoi le phénomène de l'évaporation sur le glacier n'emprunte rien d'anormal à l'état solide de l'eau, tandis que la condensation est dans des conditions toutes différentes suivant qu'elle se fait sur de l'eau à 0°, ou sur de la glace à 0°, tandis que par conséquent la condensation se fait sur le glacier dans des proportions toutes différentes que sur une surface aqueuse.

51. Pour cela considérons les phénomènes de l'évaporation et de la condensation d'abord sur de l'eau.

Nous plaçons dans une atmosphère dont la température de saturation est à + 20°, un vase plein d'eau à une température de + 15°. D'après les lois de la condensation une partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air va se condenser à la surface de l'eau, et par conséquent abaisser le point de saturation de l'air, supposons à 18°. Mais la chaleur latente dégagée par la con-