

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: 11-20
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: 04.04.2026

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

18,44 grammes par mètre cube que renferme l'air de la chambre. Mais quand elle sera à 19°, à 15°, à 10°, elle n'en sera plus capable, il y aura un excédant de vapeur d'eau qui devra se résoudre en brouillard, et l'expérience prouve que dans ce cas le brouillard vient se condenser en gouttelettes d'eau à la surface du corps froid.

1 1. Une expérience facile à répéter montre à l'œil ce phénomène de la condensation. Nous prenons un bassin de métal, et après en avoir enduit d'une couche d'huile la surface extérieure, nous le remplissons de glace. Le froid de la glace traverse rapidement la paroi métallique et la couche huileuse, et si l'air est dans les conditions convenables, si la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'air est supérieure à 4,60^{mm}, il se condense de la vapeur d'eau sur les parois du bassin de métal. Mais la couche grasse dont nous l'avons enduit n'est pas mouillée, au premier moment du moins, par l'eau, et la vapeur d'eau, au lieu de se déposer en rosée comme elle le fait sur les corps froids, comme elle le ferait sur notre bassin sans la couche d'huile qui le graisse, la vapeur d'eau se résout en un brouillard léger qui entoure le vase.

1 2. Il peut y avoir d'une autre part évaporation dans un air très humide, si la tension du liquide à évaporer est supérieure à celle de l'humidité de l'air.

C'est ainsi que de l'eau, réchauffée à une température supérieure à celle de l'air, évaporera, même dans un air saturé d'humidité.

C'est ainsi que dans de l'air à 35°, de l'eau à 10° évaporera si l'humidité relative de l'air est moindre de

0,22	
20°	id.
30°	id.

C'est encore ainsi que de l'eau à 0°, ou de la glace fondante, évaporerait dans de l'air

à 5°	si l'humidité relative est moindre de	0,70
à 10°	id.	0,50
à 15°	id.	0,36
à 20°	id.	0,26
à 25°	id.	0,20

A ces températures et avec ces valeurs de l'humidité relative, la tension de la vapeur d'eau contenu dans l'air est de 4,60^{mm}, tension de la vapeur d'eau à 0°.

13. D'après cela, la tension du liquide mis au contact de l'air, et par suite sa température, est le second facteur des phénomènes de la condensation et de l'évaporation, le premier facteur étant l'humidité absolue de l'air.

Nous formulerons donc la loi de l'hygrométrie, qui régit les phénomènes de l'évaporation et de la condensation, en ces termes :

Les tensions de l'eau contenue à l'état de vapeur dans l'air atmosphérique, et à l'état d'eau dans un corps humide ou liquide qui est baigné par cet air, ont de la tendance à se mettre en équilibre.

Ou sous une autre forme :

Quand la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'air est moins forte que celle d'un liquide baigné par cet air, ce liquide évapore ; quand la tension de la vapeur d'eau de l'air est plus forte que celle d'un liquide ou d'un corps froid, à une température équivalente, en contact avec cet air, l'excès de vapeur d'eau contenu dans l'air se condense à la surface du corps solide ou liquide.

Ou sous une autre forme :

Tout corps liquide, à une température supérieure au point de saturation de l'air ambiant, évapore. Tout corps solide ou liquide, à une température inférieure au point de saturation de l'air ambiant, condense à sa surface l'excès de vapeur d'eau contenu dans cet air.

14. Il est dans les phénomènes de condensation et d'évaporation un point de vue jusqu'à présent trop négligé par ceux qui ont traité de la physique des glaciers, point de vue qui a cependant une grande importance ; c'est la question des chaleurs latentes.

L'eau, en changeant d'état, absorbe ou dégage de la chaleur latente ; en passant de l'état de vapeur à l'état liquide ou de l'état liquide à l'état solide, elle dégage de la chaleur latente ; en passant de l'état solide à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état de vapeur, elle en absorbe.

Or la quantité de chaleur latente absorbée ou déagée par l'eau dans ces divers changements d'état n'est pas la même. De l'eau à 0° se transformant en glace dégage 79 calories ; la même quantité de chaleur est absorbée par de la glace à 0° qui fond. De l'eau à 100° se transformant en vapeur, absorbe 520 calories ; la même quantité de chaleur est déagée par la condensation de la vapeur d'eau à 100°. D'après cela, la condensation de la vapeur d'eau dé-

gage une quantité de chaleur environ 7 fois plus considérable que le gel d'une même quantité d'eau, et la vaporisation d'une certaine quantité d'eau absorbe une quantité de chaleur environ 7 fois plus forte que la fusion d'un même poids de glace. Donc par la condensation de la vapeur d'eau à la surface de la glace, il y a dégagement d'une quantité de chaleur suffisante pour fondre un poids de glace 7 fois plus pesant que la quantité d'eau condensée, et réciproquement, dans l'évaporation de la glace, il y a dégagement de froid assez fort pour transformer d'eau en glace une quantité d'eau 7 fois plus considérable que celle qui s'est évaporée. Ce rapport dans la quantité des chaleurs latentes absorbées et dégagées est encore élevé, si au lieu de considérer de l'eau à 100°, se changeant en vapeur, l'on s'adresse à la transformation en vapeur de l'eau à 0°; au lieu de 520 calories, dans ce dernier cas l'absorption de chaleur latente est de 606 calories, et la quantité de chaleur latente dégagée par la condensation de la vapeur d'eau suffirait à fondre 7,78 fois plus de glace qu'il ne s'est condensé de vapeur d'eau.

Il suit de là, que quand la vapeur d'eau se condensera à la surface d'une eau froide, elle la réchauffera; quand de l'eau chaude sera soumise à l'évaporation, elle se refroidira. Et si le phénomène a lieu à la surface de la glace, quand il y aura condensation, il y aura en même temps fusion de la glace; quand la glace évaporera elle sera refroidie, si elle est fondante elle régèlera.

13. Nous aurons donc en combinant ces différents facteurs et phénomènes, si nous voulons comprendre l'action de la condensation et de l'évaporation à la surface de la neige et de la glace, à étudier les points de vue suivants du phénomène.

Pour la condensation :

- 1° La quantité d'eau condensée à la surface de la glace;
- 2° Le dessèchement de l'air au contact avec la glace;
- 3° L'effet de la chaleur latente dégagée par la condensation.

Pour l'évaporation :

- 1° La quantité d'eau évaporée ;
- 2° L'effet de cette eau évaporée sur l'humidité de l'atmosphère ;
- 3° L'effet de la chaleur latente absorbée, autrement dit, la production du froid, dû à l'évaporation.

16. Si nous étudions maintenant les conditions hygrométriques et thermométriques de notre vallée du Léman, nous trouverons que le lac est presque constamment dans les conditions de l'évaporation, et très rarement dans celles de la condensation. Si nous prenons les moyennes de température de l'air et son humidité absolue telles qu'elles nous sont données par les observations météorologiques de Genève, si nous les comparons avec les moyennes de température du Rhône, à sa sortie du lac à Genève, (nous avons fait ce travail pour les moyennes calculées de 1826-1867, soit 42 années), nous trouvons que la température de saturation de l'air est toujours en dessous de la température de la surface de l'eau, et cela d'une quantité fort sensible. C'est au mois de mai et de juin que ces deux valeurs se rapprochent le plus, le lac étant encore de 3° plus chaud que la température de saturation de l'air. A partir du commencement de juillet elles commencent à s'éloigner, pour s'écarter au maximum à la fin de décembre; le lac est alors de près de 8° plus chaud que la température de saturation de l'air. Ces deux valeurs restent encore fort éloignées jusqu'au mois d'avril, où elles commencent à se rapprocher. Telle est la marche des températures et valeurs hygrométriques moyennes; mais en réalité il n'en est pas tout-à-fait de même. En réalité il arrive parfois qu'un jour très humide élève assez le point de saturation de l'air, pour que celui-ci atteigne et dépasse la température de la surface des eaux; il y a alors condensation à la surface du lac. Mais ce cas est assez rare; nous avons fait le relevé pour l'année 1867 des jours où les conditions de la condensation se sont trouvées réalisées et n'avons trouvé que 21 jours dans ce cas. Pendant 344 jours le lac a donc dû évaporer.

17. Supposons maintenant que la température du lac, au lieu d'être variable, au lieu d'osciller comme elle le fait entre 4°,4 et 18°,7 dans ses moyennes, entre 0° et 24° et 25° dans ses extrêmes, supposons que la température du lac soit constante et fixe à 0°. Supposons en même temps que les conditions hygrométriques de l'air restent ce qu'elles sont actuellement, les relations vont bien changer. Pendant 3 1/2 mois seulement la température moyenne de saturation de l'air est inférieure à 0° (du commencement de décembre au milieu de mars); pendant 3 1/2 mois il y aurait donc évaporation. Mais pendant 8 1/2 mois la température moyenne de saturation de l'air est au-dessus de 0°, le maximum arrivant à la fin de juillet par 12°,4; pendant 8 1/2 mois les conditions de la condensation seraient donc remplies et pendant ce temps une quantité considérable de vapeur d'eau devrait se condenser sur cette surface à 0°. Si donc, au lieu du lac Léman, nous avons un

glacier au fond de notre vallée, les fonctions hygrométriques de l'air seraient notablement altérées, et au lieu d'avoir comme action normale l'évaporation, nous serions presque constamment dans les conditions de la condensation.

18. Laissons ce glacier hypothétique et transportons-nous sur les véritables glaciers, sur les champs de neige et de glace de nos hautes Alpes. Nous y trouverons des conditions analogues. D'une part, une surface considérable qui, par sa nature, ne peut s'élever au-dessus de 0°, d'une autre part, un air plus ou moins chargé d'humidité. Cet air doit donc souvent être dans les conditions de la condensation.

Il est vrai que dans les grandes altitudes l'air est plus froid, qu'à saturation il y est par conséquent chargé de moins d'humidité que dans la plaine, que sa température de saturation y est aussi plus souvent rapprochée de zéro. Mais le fait que l'eau à l'état de glace, si au-dessous de zéro elle peut varier comme le fait l'eau liquide, ne peut pas cependant dépasser une certaine température, et ne peut sans fondre s'élever au-dessus de 0°, ce fait doit influencer d'une manière très sensible sur la fréquence relative des phénomènes de condensation et d'évaporation. Sur les surfaces glacées des neiges éternelles, la condensation doit être beaucoup plus fréquente que sur les surfaces liquides des lacs de nos plaines.

19. C'est pour constater cette condensation de la vapeur d'eau à la surface de la glace, et pour en déterminer si possible la valeur, que nous avons institué quelques expériences directes dont nous allons donner la description. Nous exposerons d'abord la méthode expérimentale que nous avons établie, à la suite d'une première série d'expériences faite à Morges, dans le printemps de 1870.

La première expérience, par laquelle nous avons démontré la condensation de la vapeur d'eau à la surface de la glace, est du 5 mars 1870.

Exp. I. — A 2 1/2 h. après-midi, nous remplissons de neige un plat circulaire de 20 centimètres de diamètre, et le pesant avec la neige qu'il contenait, nous lui trouvons un poids de 711 grammes. Au bout d'une heure d'exposition en plein air, la neige était en partie fondue, et la balance donnait un poids de 714 grammes, accusant ainsi une augmentation de poids de 3 grammes.

Exp. II. — Un second vase circulaire de 18 centimètres de diamètre, rempli d'un mélange de neige et de sel, a été exposé en

plein air pendant le même temps et dans les mêmes conditions. Il pesait au début de l'expérience 672 grammes, à la fin de l'opération 677 grammes.

Il s'était donc condensé à la surface de la neige 5 grammes d'eau.

Deux observations psychrométriques, faites pendant cette expérience, ont donné comme état hygrométrique moyen de l'air :

Température de l'air	10°,3.
Humidité absolue	mm6,36.
Humidité relative	0,68.
Température de saturation	4°,4.

D'après cette expérience la condensation a lieu dans des proportions assez fortes pour être facilement appréciable à la balance; c'est donc la balance qui nous servira pour ces recherches.

20. Nous avons répété cette expérience 23 fois à Morges, la variant chaque fois et en perfectionnant chaque fois le manuel opératoire. Voici le mode d'expérimentation que nous avons en définitive adopté :

Nous avons fait faire des bassins circulaires de cuivre, de 16 centimètres de diamètre et 7 centimètres de profondeur; leur fond aplati permet de les poser d'une manière stable sur le sol. Leur surface supérieure est d'environ 200 centimètres carrés, et ils peuvent contenir 1300-1400 grammes d'eau.

Nous les remplissons jusqu'au bord de glace concassée ou de neige (dans nos expériences la quantité de glace a varié de 700 à 1000 grammes), et nous les pesons exactement.

Nous exposons ces bassins pleins de glace à l'air libre pendant un temps plus ou moins long, une demi-heure, une heure, deux heures, en notant exactement le moment du début et de la fin de l'expérience. Puis nous pesons de nouveau. Le poids total de la glace non fondue et de l'eau de fusion s'est accru s'il y a eu condensation, s'est diminué s'il y a eu évaporation; la différence entre les pesées indique la valeur de cette action, et un simple calcul, nous permet de transformer la valeur ainsi obtenue en la rapportant à une surface d'un mètre carré, d'un kilomètre carré, ou en hauteur d'eau répandue à la surface de la glace.

Nous avons soin d'essuyer attentivement, au moment de la seconde pesée, la surface extérieure du bassin, laquelle, lorsqu'il y a condensation, est recouverte d'une abondante couche de rosée. La valeur de cette rosée est trop irrégulière pour pouvoir être considérée comme constante et trop importante pour être négligée.

En enlevant à l'aide d'un linge cette couche de rosée, nous supprimons cette cause d'erreur et nous n'avons plus à considérer comme surface condensante que la surface supérieure de la glace.

21. Voici, comme exemple, l'une de ces expériences :

Du 31 mai 1870. Dans un jardin au bord du lac à Morges.

A 8 h. 02 m. du matin. Nous remplissons de glace l'un des bassins ci-dessus décrits et lui trouvons un poids de $P + 45,00$ grammes.

Nous l'exposons à l'air et le pesant de nouveau à 8 h. 30 m., nous lui trouvons un poids de $P + 48,70$; en 28 minutes, il s'est donc déposé, sur une surface de glace de 200 centimètres carrés, 3,70 grammes de vapeur d'eau.

En 60 minutes, soit une heure, il se serait déposé 7,80 grammes.

Et sur une surface de 1 mètre carré, 390 grammes.

Si nous voulons exprimer autrement la valeur de ce dépôt, nous trouvons que 390 grammes par mètre carré représentent une hauteur d'eau de 390 millièmes de millimètre répandue à la surface de la glace. Nous dirons donc que la valeur horaire de la condensation était pendant cette expérience de $0,390^{\text{mm}}$.

Pendant ce temps nous faisons à l'aide du psychromètre une ou plusieurs observations pour déterminer l'état hygrométrique de l'air. Les thermomètres qui nous ont servi sont sortis des ateliers de Nöllner, à Darmstadt, et nous en avons à plusieurs reprises déterminé l'équation.

Voici pour l'expérience que nous venons de citer, quel était l'état hygrométrique de l'air.

DATE	HEURE	Température de l'air.	HUMIDITÉ		Température de saturation.
			relative.	absolue. millimètres.	
31 mai 1870	8,03	16° ₀	0,85	11,56	13° ₅
»	8,18	15° ₈	0,86	11,68	13° ₇
»	8,32	16° ₆	0,85	11,90	14° ₀
Moyennes .		16° ₁	0,85	11,71	13° ₇

L'air était calme et le lac n'était pas ridé.