

Note sur la différence entre la pluie et l'évaporation observée à Lausanne

Autor(en): **Dufour, L.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **10 (1868-1870)**

Heft 62

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-256559>

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.

NOTE

SUR

LA DIFFÉRENCE ENTRE LA PLUIE ET L'ÉVAPORATION

observée à Lausanne

PAR

M. L. DUFOUR

professeur de physique à l'Académie de Lausanne.

(Pl. 13 à 17.)



Les observations météorologiques ont généralement pour objet un élément déterminé. On mesure la pression de l'air, sa température, son humidité, la quantité d'eau qui tombe, etc., et dans les observations qui en sont faites, on cherche, autant que possible, à isoler les uns des autres ces divers éléments.

Cette manière de procéder dérive d'une méthode qui est, sans aucun doute, excellente dans tout le domaine des sciences physiques, méthode qui consiste à distinguer et à séparer les phénomènes pour étudier chacun d'eux séparément. — Mais il est évident que les résultats fournis ainsi par nos observations météorologiques ne donnent que d'une manière assez imparfaite la représentation « du temps » comme il est entendu et apprécié par tout le monde. Le « temps qui règne » est une résultante de l'état du ciel, de la température et de l'état d'humidité de l'air, du vent, etc. Le jugement que l'on porte sur une saison ou sur une année, repose sur un ensemble complexe que ne fournit aucun instrument météorologique en particulier, et qui ne peut qu'assez imparfaitement se reconstituer, même par la réunion des données de chaque instrument pris à part. — La végétation est aussi une conséquence de la situation météorologique dans son ensemble. Sans doute, la température est l'élément essentiel; mais l'humidité

de l'air, les vents régnants, l'action directe plus ou moins considérable du soleil, sont des facteurs très importants, et c'est parce qu'il est difficile de les faire entrer en compte qu'on a eu beaucoup de peine, jusqu'ici, à trouver des lois entre les résultats fournis par les instruments météorologiques et les diverses phases du développement de la plante.

Il y aurait donc, ce me semble, un certain intérêt pour la météorologie à admettre aussi des observations dans lesquelles plusieurs éléments auraient eu leur part et qui seraient un résultat composé de diverses influences atmosphériques. — Des observations ainsi conçues forment le sujet de la présente *Note*.

L'état de l'atmosphère, au point de vue de l'eau ou de la vapeur aqueuse, s'étudie à l'aide de trois sortes d'instruments : le pluviomètre, l'hygromètre et l'atmomètre. — Le pluviomètre fournit la quantité d'eau tombée en un lieu déterminé. Mais il est bien clair que ce renseignement, précieux sans doute, nous laisse ignorer les différences énormes qu'il peut y avoir entre des jours plus ou moins humides, plus ou moins couverts et tous sans pluie. L'hygromètre nous donne la quantité de vapeur contenue dans l'air à un moment donné. Mais il ne distingue pas, par exemple, entre un air saturé par le brouillard ou saturé parce que la pluie tombe avec abondance. La mesure de l'évaporation est une opération assez simple en elle-même ; mais l'évaporation est malheureusement influencée, dans une forte proportion, par la situation et l'installation de l'atmomètre. On a généralement conseillé de placer l'appareil à l'abri du soleil, afin que l'évaporation dépende seulement de la température de l'air et de sa sécheresse et afin que le liquide ne puisse pas être directement réchauffé. Il doit être d'ailleurs à l'abri de la pluie. Mais il est bien évident qu'en protégeant ainsi l'atmomètre, on est obligé de placer un toit ou des écrans dans son voisinage, on gêne l'accès de l'air, et l'on sait combien le mouvement de l'air influe sur l'activité de ce phénomène.

Il me semble qu'il serait intéressant, pour la météorologie, de suivre d'une manière continue et *avec un seul appareil exposé à l'air absolument libre, la différence entre la chute de la pluie et l'évaporation*. On aurait ainsi une donnée qui ne serait pas sans intérêt, quoiqu'elle fût un élément météorologique complexe. Si l'on y réfléchit, on remarquera bientôt que cette donnée complexe entre pour une bonne part dans l'appréciation vulgaire du « temps qu'il fait. » L'activité plus ou moins grande de la végétation, dans une période déterminée, est aussi directement en rapport avec

cette différence entre l'eau qui tombe et celle qui peut s'évaporer. Seulement, il faut laisser l'évaporation dépendre de tous les facteurs qui la rendent plus ou moins active, c'est-à-dire, la laisser se produire au soleil et à l'air tout à fait libre.

1. J'ai commencé, il y a neuf ans déjà, des observations dans le sens qui vient d'être indiqué. Mais le procédé employé dans les quatre premières années a été modifié quelquefois et c'est seulement après quelques tâtonnements que je me suis arrêté à un appareil simple et permettant d'atteindre convenablement le but, c'est-à-dire la mesure de la différence entre la chute de la pluie et l'évaporation. Cet appareil — que je nommerai *siccimètre* pour abrégé — a été observé d'une manière suivie depuis 1865 et il a fourni les résultats qu'on trouvera mentionnés plus bas.

Le *siccimètre* se compose de deux vases cylindriques de zinc, s'emboîtant partiellement l'un dans l'autre (Pl. I). Le vase inférieur, *AB*, a 50 centimètres de diamètre et 25 centimètres de profondeur; il reçoit, à sa partie supérieure, le vase *CD* qui présente la même surface, qui a 8 centimètres de profondeur, et qui fonctionne comme une sorte de couvercle du premier. Ce vase *CD* s'emboîte d'environ 2 centimètres dans *AB*. Il est retenu par un rebord convenable et présente, sur toute sa circonférence extérieure, en *mm'*, une sorte d'avant-toit très incliné qui protège la ligne d'intersection des deux vases et qui est destiné à empêcher l'eau glissant sur les parois extérieures de *CD* de s'introduire dans *AB*. — Sur le milieu du fond de *CD* est soudé un tube *pp'*, de 1 1/2 centimètre de diamètre, recourbé à sa partie supérieure comme le montre la figure, et arrivant jusque tout près du fond de *AB*. — Deux anses, convenablement placées, permettent d'enlever le vase *CD* et de le replacer sur *AB*.

On voit facilement que le vase supérieur pourra être rempli de liquide jusqu'au niveau *ss'*, inférieur de 20^{mm} au niveau des bords du vase. Toute nouvelle quantité d'eau ajoutée s'écoulera par le tube *pp'* et se rendra dans le vase *AB*.

2. On prévoit, d'après cette description, comment l'appareil fonctionne. — Pour le mettre en observation, on remplit d'eau le vase supérieur jusqu'en *ss'*, puis on abandonne l'instrument à l'air libre. L'évaporation superficielle abaissera le niveau dans le vase supérieur; la chute de la pluie, au contraire, tend à l'élever, et l'eau tombée qui excèdera l'évaporation durant une période don-

née, descendra en AB par le tube pp' . Après un certain temps, deux, trois, quatre... jours, on ira mesurer le niveau du liquide dans CD , puis on enlèvera ce vase et on mesurera le niveau dans AB . On saura évidemment s'il y a eu excès de chute d'eau ou excès d'évaporation et on connaîtra la différence. Après l'observation, l'appareil sera remis dans les conditions primitives; on videra AB , puis on replacera CD qui devra être rempli d'eau jusqu'au niveau ss' .

Le vase inférieur ne peut pas être enlevé parce qu'il est enfoncé dans le terrain. Pour le vider, on peut employer une poche quelconque ou bien un tube de caoutchouc fonctionnant comme siphon. L'une des extrémités de ce tube est plongée dans AB tandis que, après avoir amorcé, on fait aboutir l'autre dans un petit fossé, creusé plus bas dans le terrain.¹ J'ai d'ailleurs toujours laissé dans le vase AB une petite quantité d'eau dont la hauteur était mesurée et se retranchait de celle qu'on constatait à l'observation suivante. Cela avait l'avantage d'éviter les erreurs pouvant provenir du défaut d'horizontalité, difficilement parfaite, du fond de ce vase.

La mesure des hauteurs des couches liquides, dans AB et dans CD , se fait avec une règle millimétrique, indépendante des deux vases. Cette tige vient glisser dans des colliers b et b' fixés aux parois des deux vases, près des bords. Elle est terminée, à sa partie inférieure, par une pointe que l'on amène à affleurer le niveau du liquide. On observe alors la division de la règle qui correspond au bord supérieur du collier. C'est extrêmement simple et, je crois, suffisamment exact (approximation : à peu près $\frac{1}{3}$ de millimètre) pour des observations de cette nature.²

Dans le vase supérieur, la surface exposée à la chute de la pluie est $3,1415 \times \overline{25}^2$, soit environ 1965 centimètres carrés. Mais la présence du tube pp' diminue un peu la largeur effective du vase et la grandeur de la couche qui reste exposée à l'évaporation. Cette influence est cependant si faible que la correction à laquelle elle pourrait donner lieu a toujours été négligée. Le tube pp' a, en effet, environ $1\frac{3}{4}$ centimètres carrés, cela fait moins de la millième partie de la surface totale du vase.

Lorsqu'on est sûr qu'il y a eu absence de pluie depuis la dernière observation — et ce cas est naturellement très fréquent —

¹ Vu la capacité du vase AB , il n'est d'ailleurs point nécessaire de le vider à chaque observation, même quand il y a eu excès de pluie. Il suffit évidemment d'y mesurer le niveau de l'eau pour pouvoir apprécier la différence entre une observation et la suivante.

² La variation de la hauteur de l'eau dans des vases peut se mesurer par des procédés plus précis que celui qui vient d'être indiqué. Mais si l'on prend garde au fait que le vase inférieur est entièrement plongé dans le terrain, que le vase supérieur lui sert de couvercle et se trouve lui-même au niveau du sol, on verra que ces procédés ne sont guère applicables.

il est inutile d'enlever le vase CD , puisqu'aucun excès d'eau n'a pu s'écouler en AB . Il suffit alors de mesurer, dans le vase supérieur, l'abaissement du niveau.

3. En hiver, il est arrivé naturellement bien des fois que le liquide contenu dans l'appareil a gelé et est demeuré gelé plusieurs jours. Lorsque le vase CD renferme du liquide jusqu'en ss' au moment de la gelée, l'expansion du cylindre de glace qui se forme est capable de déformer l'enveloppe de zinc et de gâter ainsi l'appareil. Afin d'éviter cet inconvénient, j'ai pris mon parti de laisser une couche d'eau de 25^{mm} seulement dans le vase supérieur, au lieu de 60^{mm}, lorsque l'abaissement de la température, en hiver, me fait craindre des gelées. La couche de glace qui se forme alors est moins considérable. — Cette situation plus basse du niveau du liquide dans CD (voir § 5), à une époque où l'évaporation est très faible, souvent nulle, n'a pas d'influence sensible dans les résultats. — Si la gelée se prolonge, l'appareil est forcément abandonné sans modifications et une nouvelle observation n'est faite que quand la glace a fondu et qu'il est possible de mesurer la hauteur des couches liquides dans les deux vases. Si l'on voulait connaître l'évaporation de la glace, on pourrait ajouter dans le vase supérieur une certaine quantité (connue) d'eau chauffée afin de produire la fusion, puis mesurer la hauteur de la couche ainsi obtenue. J'ai pratiqué cette opération à deux reprises seulement et j'ai trouvé ainsi que, durant dix jours une première fois et six jours une seconde fois, la quantité de glace évaporée avait été très faible et sûrement inférieure à 2^{mm}. Il est donc, je crois, tout à fait permis, lorsqu'il y a gelée, d'attendre que la fusion de la couche glacée se produise d'elle-même.

Une neige abondante peut être une difficulté pour ce genre d'observations — comme elle l'est d'ailleurs déjà pour les observations pluviométriques et surtout atmométriques. Si la neige formait une couche régulière sur le sol, elle dépasserait les bords du vase CD et, lors de la fusion, l'eau résultante se recueillerait dans le vase même. Cet état de choses est le plus fréquent. Mais si une chute abondante de neige est suivie d'un vent violent, la neige peut être balayée ou, au contraire, accumulée sur l'appareil. C'est là une éventualité qui peut provoquer quelques inexactitudes dans l'évaluation de la chute produite entre deux observations. On peut y parer, dans une certaine mesure, en surveillant l'instrument et en tâchant que la couche de neige qui le recouvre, lorsque la fusion intervient, soit à peu près ce qu'elle est dans la campagne avoisinante. Les neiges abondantes, accompagnées de vent, sont d'ailleurs, on le sait, une occasion d'incertitudes dans toutes les ob-

servations pluviométriques et les mesures qui leur succèdent n'ont qu'une valeur plus ou moins approximative. A Lausanne, la neige étant, en somme, assez rare et toujours peu abondante, l'exactitude des observations n'en a pas été affectée d'une façon importante.

Quoiqu'il en soit, les observations dont il est ici question ne distinguent point la neige et la pluie, et j'ai toujours cherché, pour l'hiver comme pour les autres saisons, à mesurer simplement la différence entre ce qui s'évapore et ce qui tombe sous forme de pluie ou de neige.³

4. Le vase inférieur a une profondeur de 250^{mm} seulement. Cela suffit pour recueillir l'eau qui peut tomber durant deux ou trois jours, au moins dans l'immense majorité des cas. On a cependant des exemples de précipitation aqueuse plus abondante en un seul jour ou même en quelques heures. Cela n'est jamais arrivé à Lausanne depuis que j'observe; mais je reconnais qu'il serait préférable d'avoir pour le vase *AB* une profondeur plus grande et capable de suffire à toutes les éventualités.

5. L'activité de l'évaporation dans un vase dépend, dans une certaine mesure, de la distance qui sépare les bords du vase du niveau du liquide. On conçoit d'ailleurs que l'influence de cette distance varie avec le diamètre des vases et elle diminue à mesure que ce diamètre devient plus grand. Pour que le mouvement de l'air, à la surface de l'eau, se fit le plus facilement possible, il faudrait que le niveau du liquide fût sensiblement le même que celui des bords. Mais il y a deux motifs qui empêchent de réaliser cette condition. Lorsque l'air est violemment agité, il se forme de petites vagues dans le vase *CD*; ces vagues viennent battre les parois et il est bien évident qu'un peu d'eau s'écoulerait si le niveau du liquide était trop voisin des bords du vase. — Lorsque la pluie est très forte et que des gouttes volumineuses arrivent avec une certaine vitesse, elles produisent à la surface de l'eau un rejaillissement assez considérable. Ce rejaillissement ferait sortir un peu d'eau du vase si le liquide affleurait les bords. — Afin d'éviter ces deux causes d'erreur, j'ai laissé une distance de 20^{mm} entre les bords du vase *CD* et l'ouverture du tube *pp'*; le niveau de l'eau de ce vase est donc toujours à 20^{mm} au moins des bords.

³ Il faudrait dire : « . . . sous forme de pluie, de neige ou de rosée, » car la rosée, quand elle se produit, a évidemment pour résultat d'augmenter la quantité d'eau du vase. — Les nuits fraîches et pures du printemps et de l'automne doivent contribuer à diminuer un peu l'évaporation apparente.

Quelques essais comparatifs ont montré que, vu la grande surface de l'appareil, l'évaporation, avec cette dépression du liquide, est sensiblement la même que si l'eau affleurait les bords — au moins lorsque le temps est calme. Un vase de même dimension que *CD* a été placé dans son voisinage et installé de la même façon ; il a été rempli d'eau jusqu'à 4^{mm} du bord. Pendant une série de quatre jours, plus ou moins purs mais calmes, en Juillet 1868, l'évaporation y a été de 24^{mm}. Dans le vase *CD*, pendant le même temps, l'abaissement du niveau a été un peu inférieur à 24^{mm}, mais supérieur à 23^{mm}. L'accord est donc assez satisfaisant.

Lorsque, par les progrès de l'évaporation, le niveau baisse notablement dans *CD*, cette évaporation tend à se ralentir parce que le niveau du liquide se trouve de plus en plus profondément dans le vase. Ainsi, à rigoureusement parler, les observations ne sont jamais absolument comparables ; la marche même du phénomène crée des circonstances à chaque instant nouvelles — et il en est évidemment ainsi dans tous les atmomètres employés. Mais si, à des époques peu éloignées, on ramène dans le vase *CD* le niveau primitif *ss'*, en ajoutant de l'eau, on aura évidemment des conditions peu différentes les unes des autres et suffisamment comparables — Afin de ne pas permettre un trop grand abaissement du niveau, sans toutefois rendre les mesures trop fréquentes et par conséquent assujétissantes pour un seul observateur, j'ai observé, dans les trois dernières années (1867, 1868 et 1869), tous les deux jours. Quelquefois, et surtout lorsque l'évaporation est moins active ou qu'il y a excès de chute, j'ai laissé s'écouler trois jours, rarement quatre, entre deux observations successives.

6. L'appareil étant librement exposé aux rayons du soleil, il s'échauffe naturellement beaucoup dans les chaudes journées de l'été. Ce qui favorise encore ce réchauffement, c'est que le fond du vase *CD* ne repose pas sur le sol. Lorsque la température de l'air est de 25 à 30° et que le soleil brille, j'ai trouvé souvent l'eau à 37 ou 38°. Ainsi, l'activité de l'évaporation, dans le siccimètre, dépend non seulement de la température de l'air, mais aussi de la durée et de l'intensité de l'insolation directe, par conséquent de l'état couvert ou découvert du ciel.

On pourrait penser peut-être que, dans les temps chauds et secs, la couche d'eau logée dans le vase inférieur *AB* doit s'évaporer un peu, attendu que le vase *CD*, placé au-dessus, ne constitue pas un couvercle à fermeture hermétique. En fait, cela n'a pas lieu. J'en citerai comme preuve un seul exemple. — Le 4 juin 1865, le vase *AB* renfermait une couche d'eau de 24^{mm} de hauteur. Du 4 au 11 juin, le temps a été toujours très beau, chaud et sec, avec

vent parfois violent du nord. Le vase supérieur a offert, durant cette période, une évaporation de 41^{mm} . Le 11 juin, le vase inférieur avait, comme le 4, une couche comprise entre 24^{mm} et $23,5^{\text{mm}}$: l'évaporation y avait donc été insignifiante.

Parmi les causes imprévues qui viennent influencer sur l'évaporation, je citerai les poussières flottant en plus ou moins grande abondance dans l'air. A certains moments, par certains courants d'air, la surface du vase *CD* se recouvre assez promptement de ces poussières terreuses, sablonneuses, végétales (pollen), etc. J'ai vu, plus d'une fois, cette couche de poussière être assez abondante pour gêner probablement le libre déplacement de l'air qui est en contact immédiat avec le liquide. C'est là un facteur qui doit modifier un peu l'évaporation et contre lequel on ne peut pas se préserver si l'on veut avoir un vase exposé tout à fait librement à l'air. Par ce seul motif, le renouvellement assez fréquent du liquide dans le vase *CD* est, je crois, une bonne précaution.

7. L'appareil décrit est exposé librement à l'air. Le vase *AB* est complètement enseveli dans le terrain dont la surface arrive à deux ou trois centimètres au-dessous de *mm'*. Le vase *CD* s'élève donc d'une petite quantité au-dessus du sol avoisinant (terrain gazonné). J'ai placé d'ailleurs l'instrument dans la position la plus favorable dont je pouvais disposer pour qu'il eût un horizon passablement découvert, qu'il ne reçût pas l'ombre des arbres et qu'il « vît » le soleil le plus complètement possible.

La *situation* du siccimètre est, sans aucun doute, un facteur qui doit influencer sur les résultats obtenus. La situation influe déjà un peu, on le sait, sur les indications des pluviomètres ordinaires; elle influe probablement davantage sur toutes les mesures d'évaporation. Il serait difficile de trouver, pour des appareils comme celui dont il s'agit ici, deux installations assez pareilles pour que leurs résultats fussent rigoureusement comparables. Mais cette difficulté est inhérente à toutes les observations d'évaporation faites jusqu'ici, et elle atteint tous les appareils qu'on a proposés, qu'ils soient exposés au soleil ou qu'ils soient placés à l'ombre. — Les données relatives à l'évaporation constatée dans des lieux différents étant affectées de cette influence de l'installation locale, je crois qu'il est illusoire de chercher à les comparer d'une façon trop minutieuse. Cette remarque s'applique en plein à l'appareil qui fait le sujet de cette *Note* et je pense que c'est seulement avec une certaine approximation qu'on pourra comparer les résultats fournis par des instruments analogues observés dans des lieux différents. Mais il y aura toujours un grand intérêt à comparer les données fournies par un même instrument durant des saisons ou

des années successives, dans un même lieu, et c'est surtout cette comparaison que j'avais en vue en entreprenant ce genre d'observations.⁴

8. Il résulte de tout ce qui précède que la *différence* entre la chute et l'évaporation, telle que la fournit le siccimètre, dépendra d'un ensemble varié de circonstances. Elle dépendra de la quantité d'eau qui tombe, de la température et de l'humidité de l'air, de l'état de repos ou d'agitation de l'atmosphère, de la durée d'action des rayons solaires, par conséquent de l'état serein ou couvert du ciel, etc. Ce sera donc une donnée météorologique fort complexe; mais une donnée qui se rapprochera, je crois, de cette résultante météorologique de laquelle dépend la végétation et qui intéresse le plus les travaux agricoles. La végétation ne dépend exclusivement ni de la température, ni de l'humidité, ni de l'action solaire, ni de la pluie; mais elle dépend d'une certaine combinaison de toutes ces influences et elle est une résultante analogue à celle que constate et mesure le siccimètre.

9. Parmi les influences qui ont leur part dans les variations du siccimètre, la pression de l'air est vraisemblablement la moins importante à considérer. En un même lieu, en effet, les change-

⁴ A l'influence de l'installation locale s'ajoute celle de la nature des vases employés et celle de leur dimension pour empêcher de rendre complètement comparables les observations d'évaporation faites avec des appareils différents et en différents lieux.

La matière du vase employé doit se réchauffer plus ou moins par l'insolation directe et peut avoir ainsi une petite influence sur l'évaporation. Quelques essais faits jusqu'ici, mais sur lesquels je reviendrai dans une autre occasion, m'ont montré que, à égalité de surface, l'évaporation est un peu plus faible dans un vase de terre vernie que dans un vase de métal.

Quant à la grandeur de la surface évaporatoire, elle différerait beaucoup dans les appareils dont on verra plus loin (§ 16) les résultats comparatifs. Le siccimètre a cependant fourni des données qui sont comprises entre celles de ces divers appareils.

Ces remarques, sur les circonstances qui viennent modifier l'évaporation fournie par un atmomètre, me semblent telles qu'elles légitiment l'emploi du moyen simple, mais seulement approximatif, que j'ai décrit plus haut pour suivre les variations de hauteur de la surface qui s'évapore. Des mesures au dixième de millimètre près — qui exigeraient une installation bien plus compliquée — me semblaient assez superflues quand il s'agit d'un phénomène où les circonstances particulières de l'observation ont une part aussi importante. — Les données fournies par le siccimètre — et par les atmomètres quels qu'ils soient — ne comportent pas, je le crois, une discussion minutieuse ou des conclusions qui seraient seulement basées sur de petites différences; mais ces données n'en conservent pas moins un grand intérêt météorologique quand on les envisage d'une façon un peu générale et dans les variations qu'elles offrent d'une période à une autre.

ments de la pression sont toujours peu considérables et ce n'est pas cette variation-là qui serait sensible au siccimètre. En revanche, une augmentation d'altitude un peu considérable occasionnerait sans doute, toutes choses d'ailleurs égales, une évaporation plus active.

J'ai à peine besoin de faire remarquer que l'évaporation fournie par le siccimètre n'est nullement celle du sol lui-même. Le sol s'évapore abondamment pendant qu'il est mouillé, et plus ou moins suivant l'état de sa surface (terres, plantes plus ou moins grandes, etc.); mais dès que le beau temps a duré quelques jours, la couche superficielle est passablement desséchée et elle fournit moins de vapeur que la surface aqueuse du siccimètre.

10. L'appareil qui vient d'être décrit et discuté a été observé à Lausanne, depuis le 1^{er} janvier 1865. — Pendant les deux années 1865 et 1866, les observations ont été faites seulement une fois par semaine, le dimanche à midi. On a obtenu ainsi une moyenne hebdomadaire de la différence entre la chute de la pluie et l'évaporation. Mais cet intervalle de sept jours d'une mesure à l'autre est trop considérable; pendant ce temps, il peut y avoir, par exemple, quelques jours très secs et très chauds compensés par quelques heures d'une averse abondante, et le siccimètre ne renseigne pas d'une manière suffisamment continue et suivie. En outre, l'évaporation, pendant une semaine chaude de l'été, diminue trop le liquide dans le vase *CD*. Cet abaissement du niveau ralentit l'activité de l'évaporation (§ 5). Aussi l'évaporation notée dans le bel été de 1865 est-elle probablement un peu plus faible que celle qui aurait été constatée par des mesures faites de deux en deux jours. D'une autre part, lorsque la pluie est abondante pendant quelques jours successifs, le vase inférieur risque d'être rempli et il est alors nécessaire de le vider à temps.

Depuis 1866, les observations se font, dans la règle, tous les deux jours, à midi.

Jusqu'en juin 1868, le siccimètre était situé dans un jardin, à l'entrée orientale de Lausanne. A cette époque, il a été déplacé et il se trouve maintenant dans une station d'environ 260 mètres plus méridionale que la précédente, au milieu d'une surface gazonnée, dans un jardin également.

11. Les résultats obtenus avec le siccimètre se prêtent singulièrement bien à une représentation graphique et il est facile de construire, avec ces résultats, une courbe qui s'élève ou s'abaisse pour représenter les augmentations ou les abaissements du niveau

d'une couche liquide librement exposée à la pluie ou à l'évaporation.

L'axe des temps (Pl. II, III, IV & V) est horizontal. Un jour correspond à 1,5^{mm}. Sur des perpendiculaires à cet axe, menées à chaque jour d'observation, on a porté des longueurs qui représentent la différence entre l'eau tombée et l'eau évaporée depuis le commencement de l'année météorologique jusqu'à ce jour-là. Ces longueurs ont été menées dans le sens positif, quand il y a excès de chute, et dans le sens négatif, quand il y a excès d'évaporation, avec une réduction à $\frac{1}{4}$ des quantités réelles. Un millimètre en verticale, sur la figure, représente donc quatre millimètres d'eau tombée ou évaporée. Enfin, pour ne pas trop multiplier les lignes, on a tracé sur les planches seulement les perpendiculaires correspondant aux premiers, dixièmes et vingtièmes de chaque mois.

On obtient évidemment ainsi une courbe qui représente fort bien la variation même qu'a subie la couche liquide exposée à la pluie et à l'évaporation. Là où la courbe s'élève, il y a eu excès de chute ; là où elle s'abaisse, excès d'évaporation. Suivant que la courbe est plus ou moins fortement inclinée sur l'axe, on a, pour des temps égaux, des excès plus considérables ou plus faibles soit de l'évaporation sur la pluie, soit de la pluie sur l'évaporation. Ainsi, par exemple (Pl. V), on voit que, durant les vingt premiers jours de décembre 1867, il y a eu un excès de chute (environ 24^{mm}) ; puis chute ou évaporation presque nulles jusque vers le 14 janvier 1868 ; après, arrive un excès de chute jusque vers le 23 janvier où commence une longue période durant laquelle l'évaporation l'emporte, la courbe s'abaisse jusqu'au 1^{er} mars. Du 1 au 11 mars, l'excès de chute est assez considérable, etc. — Le principe de la construction de la courbe une fois compris, il est évident que ses ondulations rendent parfaitement sensible le caractère plus ou moins sec, plus ou moins pluvieux ou humide d'une période donnée.

Année météorologique 1865. — Pl. II.

12. Il me manque des observations suffisantes pour le mois de décembre 1864. La courbe a donc été commencée seulement au 1^{er} janvier 1865. Mais ce mois de décembre 1864 a présenté à Lausanne, d'après les observations de M. J. Marguet, une chute d'eau de 6^{mm}. L'évaporation, à cette époque de l'année, étant toujours faible, on peut dire que, durant ce mois, la courbe se serait fort peu écartée de l'axe des temps et au 1^{er} janvier 1865 elle aurait différé très peu de ce qu'elle est sur la planche. — On

voit que, entre le 8 janvier et le 6 février, l'excès de chute a été assez considérable, environ 177^{mm}. On remarquera la période remarquable qui s'étend du commencement d'avril jusque vers le 7 mai et durant laquelle l'excès d'évaporation a été presque constant. Une seconde période semblable s'étend de la fin de mai à la fin de juin. Les mois de juillet et d'août ont offert des alternances; mais depuis la fin d'août jusque vers le 10 octobre, l'évaporation a été constamment en excès; on se souvient combien cette période a été favorable à la maturité du raisin.

Si l'on veut apprécier la différence entre la chute et l'évaporation, à partir du commencement de l'année, on voit que le 13 mars il y avait un excès maximum de chute de 215^{mm}. Le courbe coupant l'axe le 25 juin, l'évaporation avait donc, à ce moment-là, enlevé une quantité d'eau égale à celle qui était tombée depuis le commencement de l'année. C'est seulement à partir du 27 octobre que la chute de la pluie avait de nouveau compensé l'excès d'évaporation de l'été.

L'année finit présentant un excès de chute de 85^{mm}.

Année météorologique 1866. — Pl. III.

13. Ce qui caractérise cette année, c'est que l'excès de chute l'emporte de beaucoup. Il n'y a que quelques courtes et rares périodes (commencement de juin, milieu de mai, etc.), durant lesquelles on voit un excès d'évaporation. Pendant presque toute l'année, la courbe s'éloigne toujours plus de l'axe des temps; tantôt plus rapidement, ce qui correspond à d'abondantes précipitations aqueuses (février et commencement de mars, avril et septembre) tantôt plus lentement. L'année finit avec un excès de chute de 690^{mm}.

Au point de vue de la température, l'année 1866 a été une année exceptionnellement chaude. D'après M. Plantamour⁵, et pour Genève, elle offre une moyenne de + 0^o,89 supérieure à la moyenne générale déduite de 35 années. On serait donc disposé à la juger comme une année bonne si l'on avait égard seulement à sa température. En réalité, au point de vue des récoltes, des travaux agricoles et du jugement vulgaire, elle est classée dans les années mauvaises et il en sera, je pense, toujours ainsi des années dont la courbe siccimétrique offrira le caractère de la courbe de la Pl. III.

⁵ *Archives des Sc. phys. et nat.* — Sept. 1867.

Il importe de rappeler que, durant les années 1865 et 1866, les observations ayant été hebdomadaires, les courbes ne donnent les variations d'excès de chute ou d'excès d'évaporation que d'après des groupes de sept jours. — Pour les années suivantes, les variations sont suivies de deux en deux jours.

Année météorologique 1867. — Pl. IV.

14. Jusque vers le milieu de l'année, l'excès de chute a été généralement en augmentant. Les mois de mars, avril et mai ont été, en somme, humides et mauvais. Le plus grand excès de chute, compté à partir du commencement de l'année, se trouve le 28 mai et s'élève à 513^{mm}. A partir de ce moment, se produit une longue période, jusque vers le milieu de septembre, durant laquelle l'évaporation l'emporte notablement malgré quelques retours faibles et de peu de durée où il y a excès de chute. Ce bel été n'a cependant pas pu évaporer une masse d'eau égale à celle qui était tombée dès le commencement de l'année et la courbe demeure toujours assez éloignée de l'axe des temps. A partir du milieu de septembre, les chutes d'eau sont de nouveau fréquentes, avec de courtes périodes d'évaporation, jusqu'au commencement de novembre. L'année finit avec un excès de chute de 430^{mm}.

Année météorologique 1868. — Pl. V.

15. On voit que, dans les mois de décembre 1867, janvier et février 1868, il y a eu de longues périodes durant lesquelles il n'y a que de faibles excès soit d'évaporation soit de chute d'eau. On peut remarquer, ce qui est assez rare pour ce moment de l'année, le mois de février offrant, pendant toute sa durée, un excès d'évaporation. — En comptant à partir du commencement de l'année, on trouve le maximum d'excès de chute à la fin d'avril (92^{mm}). A ce moment commence une longue période de quatre mois et demi durant laquelle l'évaporation l'emporte d'une manière générale et quelquefois d'une manière fort rapide. Il y a quelques chutes de pluie de peu de durée qui s'accusent par des relèvements de la courbe (fin de mai, milieu de juillet, etc.) ; mais d'une façon générale, la courbe siccimétrique s'abaisse jusque vers le 13 septembre. A ce moment-là, il y a, compté à partir du commencement de l'année, un excès d'évaporation de 278^{mm}.

Les pluies abondantes de la fin de septembre et du commencement d'octobre rapprochent assez rapidement la courbe de l'axe des temps. C'est à ce moment, on se le rappelle, qu'ont eu lieu les

terribles inondations des Grisons et du Tessin. — L'année finit avec un excès d'évaporation de 54^{mm}.

La longue portion de courbe descendante qui s'étend de la fin d'avril au milieu de septembre correspond à une période d'une rare beauté et qui donnera à l'année 1868 une place à part dans les souvenirs de la génération actuelle. Cette météorologie remarquable a déterminé, on s'en souvient, une maturité généralement très précoce des fruits et a permis le développement complet de plantes qui ne fructifient qu'assez exceptionnellement dans notre climat.

16. Une période de quatre années est trop courte pour qu'on puisse en déduire des résultats moyens ayant une grande importance. C'est donc simplement à titre de renseignements approximatifs que je donnerai ici quelques valeurs numériques. En outre, je tiens à rappeler que ces quatre années ne sont pas rigoureusement comparables parce que, dans les deux premières, les observations se faisaient seulement de sept en sept jours. On a vu plus haut (§ 5) pour quel motif des observations ainsi espacées peuvent fournir une évaporation plus faible que celle qui résulterait d'observations plus rapprochées.

D'après les observations de M. J. Marguet⁶, la quantité moyenne d'eau tombée annuellement, dans la période des quatre ans 1865-1868, est de 957^{mm}. Les observations siccimétriques rapportées plus haut montrent que, dans cette même période, il y a eu un excès annuel moyen de la chute sur l'évaporation de 288^{mm}. On en déduit, pour valeur de l'évaporation moyenne annuelle : 669^{mm}.

Cette quantité ne s'écarte pas beaucoup de celles qui résultent d'observations faites en divers lieux, sous nos latitudes. — D'après M. Collin⁷, l'évaporation moyenne annuelle, obtenue avec des atomètres de six mètres carrés de surface, a présenté les valeurs suivantes :

| | | | |
|-------------|-------------------|------------|--------------------|
| Dijon . . . | 667 ^{mm} | Montrijau | 1231 ^{mm} |
| Bar-le-Duc | 531 | Auxerre . | 557 |
| Agen . . . | 833 | Sens . . . | 808 |
| Cardillac . | 848 | Montbard | 589 |

D'après M. Saigey⁸, l'évaporation enlève annuellement, à Paris, une couche d'environ 800^{mm}. — M. G.-H. Ritter⁹ indique, pour Paris, 783^{mm}.

⁶ *Bulletins de la Société vaudoise des sciences naturelles.*

⁷ *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences.* — 1865, p. 250.

⁸ *Petite physique du globe.*

⁹ *Allgemeine Encyclopedie der Künste und Wissenschaften*, t. VI.

D'anciennes observations de Halley¹⁰, faites en Angleterre, en 1692 et 1693, lui avaient fourni une valeur beaucoup plus faible que les précédentes, environ 200^{mm}.

Les faits rapportés par M. Collin montrent que, dans la plupart des stations françaises, l'évaporation annuelle est plus considérable que la chute de pluie. Il y a donc excès d'évaporation. — Pour Lausanne, nous avons, au contraire, un excès de chute, au moins comme résultat moyen des quatre dernières années. Mais je rappellerai que, à Lausanne, la précipitation aqueuse est exceptionnellement abondante, puisque la moyenne annuelle, déduite de 10 années d'observations, est d'après M. J. Marguet de 1095^{mm}.

17. L'évaporation observée à Lausanne, en *un* jour, varie naturellement beaucoup suivant la température, l'état d'humidité de l'air, etc., etc. — Dans les plus belles et les plus longues journées de l'été, l'évaporation atteint habituellement de 6 à 8^{mm}. Rarement, et lorsque la chaleur était accompagnée d'un vent assez fort du nord, l'évaporation diurne a atteint 9^{mm}.

Je citerai, comme terme de comparaison, des résultats obtenus à Neuchâtel¹¹. En juin 1858, on a comme évaporation diurne, dans divers jours beaux, 5,2^{mm}, 6^{mm}, 4,3^{mm}, etc. Un seul jour offre 10,2^{mm}. Cette valeur est signalée comme rare. — En 1856, on signale également, par une forte bise, dans le mois d'août, une évaporation de 10,1^{mm}, en un seul jour. — L'atmomètre de Neuchâtel, placé près du lac, devait subir plus complètement que mon siccimètre de Lausanne l'influence des mouvements de l'air.

18. Il est, je crois, très difficile de passer des observations faites sur une petite échelle au phénomène de l'évaporation, tel qu'il doit se produire sur un grand bassin d'eau, à la surface d'un lac, par exemple. Les conditions sont trop différentes.

On peut indiquer, entr'autres, deux différences essentielles qui doivent influencer, dans deux sens différents, sur l'évaporation d'un lac comparée à celle d'un bassin de peu d'étendue. A la surface d'un vase de peu d'étendue, les couches d'air qui sont saturées par l'évaporation s'éliminent et sont remplacées par d'autres masses d'air qui seront plus sèches et pourront par suite permettre une évaporation nouvelle. A la surface d'un lac, au contraire, les couches d'air qui arrivent en contact avec l'eau, en un point donné du bassin, sont peut-être depuis assez longtemps déjà près de la surface

¹⁰ *Philosophical transactions.* 1694.

¹¹ *Rapports du Comité météorologique pour 1856 et 1858.*

aqueuse ; elles auront déjà eu le temps de se charger de vapeur et empêcheront par conséquent une évaporation active. Ce sont les parties du bassin voisines du rivage qui auront le plus souvent la chance d'être balayées par des nappes d'air plus sec parce qu'il vient d'être en contact avec le sol. Les parties centrales du lac recevront, par les courants horizontaux si fréquents, un air déjà fort humide. Cette différence sera évidemment un motif pour que l'évaporation soit plus active sur la surface aqueuse d'une faible étendue et entourée de terres.

D'une autre part, l'agitation de l'air produit dans un lac des vagues tantôt plus grandes, tantôt plus faibles. La surface n'est jamais rigoureusement immobile comme elle l'est souvent dans un petit bassin. Grâce à ces ondulations, le contact entre l'air et l'eau se fait sur une beaucoup plus grande étendue. Lorsque le vent est violent, cet accroissement de la surface de contact est très considérable. Les vagues élevées sont souvent déchirées par le courant d'air, elles « moutonnent » et l'eau est parfois enlevée comme une poussière du sommet écumeux de la vague. Ces circonstances doivent évidemment augmenter beaucoup l'évaporation et elles peuvent lui donner une importance que nos observations en petit ne permettent guère de constater. — Cette dernière cause est-elle assez puissante pour doubler ou même tripler les valeurs obtenues en un jour avec des atmomètres de petite dimension ? Il me paraît impossible de le prévoir. Je rappellerai seulement que M. l'ingénieur Lauterbourg a estimé¹² jusqu'à 30^{mm} l'évaporation qui se produit, en certains jours, sur le lac de Zurich. Cette évaluation est obtenue par voie indirecte et en tenant compte de l'eau qui entre dans ce lac et de celle qui en sort durant un temps déterminé.

¹² *Verhandlungen der Schweizerischen naturhistorischen Gesellschaft.* — Jahr 1868, p. 128.

On peut ajouter que l'eau d'un lac ne se réchauffe jamais autant que celle du siccimètre pendant l'insolation directe. A Neuchâtel, on avait disposé l'atmomètre dans un large bassin d'eau afin de lui maintenir une température à peu près égale à celle du lac.



Pl. I.

Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. X. p. 248 Pl. 13.





