M. Beaunier n'a point de données exactes sur la température des vapeurs que lui offrirent ce phénomène, mais il croit qu'elles n'étaient point glacées, puisque le soleil avait eu, quelques instans auparavant, assez de force pour raréfier les nuages qui entouraient la montagne, et qu'à l'exception de quelques lambeaux de neige qui occupaient des crevasses, le sol n'était point gelé.

NOTICE

Sur la quantité d'eau en vapeur contenue dans l'atmosphère, sur la diminution de densité qui en résulte, et sur le produit de l'évaporation en un tems déterminé.

Par M. D'AUBUISSON, Ingénieur des Mines.

Rappelons d'abord les principes et les faits qui servent à trouver cette quantité. Quantité de vapeurs.

1°. M. Dalton a déterminé, par une suite d'expériences aussi simples que concluantes (*Bibl. Brit.*, tome XX), la force élastique, φ', de la vapeur de divers fluides, à différens degrés de température, et dans un espace qui en était saturé : M. Laplace a représenté le résultat de ces expériences par l'expression suivante :

$$\varphi' = 0{,}76^{\text{mèt.}} \times 10^{\,i \times 0{,}0154547 - i^2 \times 0{,}000062583}.$$

i étant la température comptée, sur le thermomètre centigrade, à partir du degré auquel le fluide bout sous une pression atmosphérique de 0,76 mèt. (*Mécan. cél.*, tom. 4, pag. 273). Le degré d'ébulition étant 100 pour l'eau, et appelant t la température thermométrique au-dessus de 0°, on aura $i = t - 100$, et

$$\varphi' = 0{,}005123^{\text{mèt.}} \times 10^{\,t \times 0{,}027971 - t^2 \times 0{,}000062583}.$$

On entend ici sous la dénomination de *force élastique de la vapeur*, la hauteur à laquelle le baromètre se tiendrait dans un espace uniquement occupé par cette vapeur.

2°. En examinant la table que Saussure a donnée (*Essais sur l'hygrométrie*, § 176), d'après ses propres expériences, de la quantité de vapeur aqueuse contenue dans un espace limité, à divers degrés de l'hygromètre, mais sous une même température; je trouve que cette quantité, étant 1 au point de saturation, diminue de 0,015 par degré de l'hygromètre, depuis le 100^e ou plutôt le 98^e degré jusqu'au 60^e et même au 50^e; et il est rare que cet instrument descende plus bas, dans les régions inférieures de l'atmosphère. La force élastique doit suivre le même rapport. Ainsi, φ étant cette force à t° du thermomètre et à u° de l'hygromètre, on aura

$$\varphi = \varphi' \left\{ 1 - 0{,}015\,(98 - u) \right\} = \varphi'\,(0{,}015\,u - 0{,}47).$$

Au-dessous de 50, on emploiera directement la table de Saussure : m étant le nombre de cette table correspondant à u de l'hygr., et la quantité ou force au point de saturation y étant exprimée par 11,069, on a

$$\varphi = \varphi' \frac{m}{11{,}069}.$$

3°. A force élastique et température égales, le poids de la vapeur aqueuse est à celui de l'air sec comme 10 à 14 (*Saussure*, §. 288).

4°. Un mètre cube d'air sec, à 0° et sous 0,76

mèt de pression barométrique, pèse 1300 gram. Ce poids spécifique diminue de 0,00375 par degré d'élévation dans le thermomètre; et est en outre proportionnel à la pression ou force élastique. De sorte qu'à t° de température et φ de force, le poids d'un mètre cube d'air sec sera.

$$\frac{1300}{1 + 0{,}00375\,t} \cdot \frac{\varphi}{0{,}76}.$$

Un mètre cube de vapeur aqueuse, dans les mêmes circonstances, pésera donc

$$\frac{1300}{1 + 0{,}00375\,t} \cdot \frac{\varphi}{0{,}76} \times \frac{10}{14}.$$

Soit maintenant

P = Poids de la vapeur aqueuse renfermée dans un espace vide ou plein d'air.
a = cet espace, en mètres cubes.
t = indication du thermomètre dans cet espace.
u = indication de l'hygromètre.

On aura, d'après ce qui vient d'être dit,

$$P = 6{,}259^{\text{gram.}} \frac{a\,(0.015\,u - 0.47)\,10^{\,t \times 0{,}027971 - t^2 \times 0{,}000062583}}{1 + 0{,}00375\,t}.$$

Au-dessous de 60 ou 50° de l'hygr., on aurait

$$P = 0{,}5655^{\text{gram.}} \frac{a \times m \times 10^{\,t\ \text{etc.}}}{1 + 0{,}00375\,t}$$

m étant pris dans la table de Saussure déjà citée.

Diminution de densité.

La vapeur, en arrivant dans une portion de l'atmosphère, y déplace une quantité d'air d'une force élastique égale à la sienne, et comme elle est plus légère que l'air, cette portion se trouve diminuée de poids, et par-conséquent de densité.

Pour nous faire une idée exacte de cette diminution, et pour en avoir le valeur, prenons un exemple. Supposons que la hauteur du baromètre en pleine atmosphère soit de 0,76 mèt. et que la force élastique de la vapeur y soit 0,02 mèt. (ce qui est réellement le cas quand l'hygromètre est à 90°, le thermomètre étant à 24). D'après les expériences de Saussure et Dalton, *lorsque de l'air et de la vapeur sont mélangés, dans un espace ouvert, les forces élastiques de ces deux fluides se réunissent pour faire équilibre à la pression de l'atmosphère.* Cette pression étant ici de 0,76 mètres, et la force élastique de la vapeur étant 0,02, il restera 0,74 pour la force de l'air sec. Imaginons maintenant qu'une portion de cette atmosphère soit renfermée dans un espace limité, dans une chambre parfaitement close, par exemple; le baromètre s'y tiendra partout à 0,76 mèt. Qu'on sépare actuellement, par la pensée, la vapeur de l'air, et qu'on les tienne séparés à l'aide d'une cloison imaginaire et mobile; cette cloison sera poussée d'un côté par le ressort ou la force élastique de l'air sec, et de l'autre par la force de la vapeur : lorsqu'elle sera fixée, l'équilibre sera rétabli, les deux forces seront égales, et le baromètre se tiendra encore à 0,76 mèt., tant dans la partie occupée par l'air sec que dans celle remplie de vapeur. Dans le nouvel état des choses,

cette hauteur barométrique représentera la force de chacun des deux fluides : celle de l'air ne l'était auparavant que par 0,74 mèt.; et, comme la quantité d'un gaz restant la même, le volume occupé est en raison inverse du ressort, il en résulte que le volume actuel de l'espace rempli d'air sera au volume primitif comme 74 à 76 : c'est-à-dire, que si la chambre est divisée en 76 parties égales, l'air sec en occupera 74 : les deux autres seront uniquement remplies par la vapeur (on suppose qu'elle puisse supporter cette pression sans se résoudre en eau; ce qui est admissible, puisqu'il suffit de porter la température à 100°, pour que cela ait lieu). — La nouvelle distribution des deux fluides n'aura apporté aucun changement dans leur poids : voyons ce qu'il est. Admettons qu'une des 74 parties d'air sec pèse un kilogramme; le poids total de ce gaz sera 74 kilogr. Si les deux autres compartimens étaient remplis du même fluide, le poids de la matière renfermée serait de 2 kilogrammes; mais comme cette matière est une vapeur dont la pesanteur spécifique est moindre dans le rapport de 5 à 7, son poids ne sera évidemment que de $\frac{5}{7}$ 2 kilogr. Ainsi, le poids total des deux fluides sera $74 + \frac{5}{7}\,2$: celui de l'air sec qui aurait entièrement rempli l'espace qu'ils occupent eût été de $74 + 2$; la différence de poids sous le même volume, c'est-à-dire, la diminution de densité sera donc ici de $\frac{2}{7}$ 2 kilogr. sur 76, ou bien de $\frac{2}{7} \cdot \frac{2}{76}$ sur 1.

Si la force élastique de la vapeur dans l'atmosphère eût été de 0,03 mèt., et l'indication du baromètre de 0,75 mèt., la diminution serait exprimée par $\frac{2}{7} \cdot \frac{3}{75}$. En général, ϕ étant la force élastique de la vapeur, H la hauteur barométrique en plein air, et Δ la diminution de densité, on aura

$$\Delta = \frac{2}{7} \frac{\phi}{H}.$$

Les tableaux suivans sont dressés d'après les formules que nous venons d'établir. Ils sont destinés à donner une idée; 1°. de la quantité de vapeur contenue dans l'atmosphère, en différentes saisons et à diverses hauteurs; 2°. de la diminution de densité qui en résulte.

P exprime le poids, en grammes, de la vapeur contenue dans un mètre cube de l'atmosphère; et Δ la diminution de densité, la densité de l'air sec étant 1.

MOYENNES DES DOUZE MOIS A GENÈVE.

	THERM.	HYGR.	P	Δ
Janvier.	0,15	87	5,3	0,0017
Février.	2,10	83	5,5	0,0018
Mars.	4,75	80	6,0	0,0020
Avril.	9,10	77	7,3	0,0024
Mai.	14,6	79	10,4	0,0035
Juin.	16,8	79	12,0	0,0041
Juillet.	19,1	80	13,8	0,0048
Août.	19,6	79	13,9	0,0048
Septembre.	15,7	82	11,8	0,0040
Octobre.	8,3	85	8,2	0,0027
Novembre.	6,0	85	7,2	0,0024
Décembre.	1,4	86	5,6	0,0018
Moyenne de l'année.	10,12	82	9,0	0,0029
Moyenne d'Avril en Octobre.	14,7	80	11,3	0,0037

Les indications du thermomètre et de l'hygromètre, dans ce tableau, sont le résultat des observations météorologiques faites à Genève dans les dix dernières années, et imprimées dans la *Bibliothèque Britannique*. Pour Genève, H=0,726 mèt.

OBSERVATEUR.	LIEU DE L'OBSERV.	HAUTEUR.	THERM.	HYGR.	P	Δ
		mètres.			gram.	
Humboldt.	Zone Torride.	500	25,3	86	21,8	0,0077
Idem.	*Idem.*	1500	21,2	80	15,5	0,0061
Idem.	*Idem.*	2500	18,7	74	11,8	0,0052
Idem.	*Idem.*	3500	9,0	65	5,3	0,0026
Idem.	*Idem.*	4500	3,7	54	2,8	0,0015
Idem.	*Idem.*	5500	3,0	38	1,6	0,0009
Gay-Lussac.	Asc. aérostatiq.	40	27,8	57 ½	11,8	0,0040
Idem.	*Idem.*	3000	12,5	62	5,9	0,0027
Idem.	*Idem.*	4000	11,2	32	2,2	0,0010
Idem.	*Idem.*	5000	5,	30	1,3	0,0007
Idem.	*Idem.*	6000	— 3,0	32	0,9	0,0006
Idem.	*Idem.*	7000	— 9,5	33	0,6	0,0005
Saussure.	Genève.	400	16,0	90	14,0	0,0048
Idem.	Chamouni.	1000	12,0	86	10,4	0,0037
Idem.	. . . .	1300	7,0	92	8,7	0,0032
Idem.	Le Môle.	1700	17,0	62	7,6	0,0030
Idem.	*Idem.*	1900	17,5	53	6,0	0,0024
Idem.	Mont-Breven.	2500	6,2	87	7,6	0,0032
Idem.	Chanrion.	2800	15,0	70	8,7	0,0039
Idem.	Arête du Gouté.	3800	3,1	73	4,7	0,0022
Idem.	Mont-Blanc.	4800	— 2,9	51	1,7	0,0010

Les valeurs de ϕ' et ϕ, conduisent à une expression très-simple et très-intéressante de la quantité de vapeurs qui s'élève dans l'atmosphère, en des tems et des circonstances déterminés. Produit de l'évaporation en un tems déterminé.

Des expériences faites par Dalton, avec autant de soin que d'intelligence, prouvent que la quantité d'eau, Q, qui s'évapore lorsque ce fluide est soumis à un haut degré de chaleur (de 60 à 100°), est proportionnelle à la force élastique ϕ' de la vapeur dans cette température : on a donc $Q=n\phi'$, n étant un coefficient constant à déterminer par l'expérience. A des températures plus basses, il faut déduire de cette force (ϕ') celle (ϕ) due à la vapeur déjà contenue dans l'air ambiant, de sorte qu'on a $Q=n(\phi'-\phi)$.

D'après les mêmes expériences, l'air étant entièrement calme et le baromètre à 30 pouces, un vase de 6 pouces de diamètre a fourni 120 grains d'eau évaporée en une minute, à l'aide d'une ébullition soigneusement ménagée. En réduisant ces poids et mesures anglaises au système métrique, on conclut que, le baromètre étant à 0,7617 mèt., l'épaisseur de la lame d'eau évaporée, en une heure, aurait été de 25,57 millimètres. Au terme de l'ébullition, la force élastique de la vapeur est égale à la pression de l'atmosphère ; ainsi, ϕ' est représenté par la hauteur du baromètre : on a donc $25{,}57 = n \times 0{,}7617$; d'où $n = 34$ millim. D'après cela, Q étant l'épaisseur de la lame d'eau évaporée en une heure, on aura $Q = 34$ millim. $(\phi'-\phi)$; ou $Q = 34\phi'\,(1{,}47 - 0{,}015\,u)$, tant que u (l'hygromètre) est au-dessus de 50.

Le coefficient 34 millim. est déterminé pour un air entièrement calme : tout étant d'ailleurs égal, l'agitation de l'atmosphère l'augmente, et un grand vent peut le porter à 50 et même à 60.

Pour faire une application de cette formule, je vais calculer la quantité d'eau qui doit s'évaporer dans chacun des douze mois de l'année ; en admettant l'état moyen du thermomètre et de l'hygromètre, indiqué pour Genève dans un des tableaux précédens. Je joins, pour terme de comparaison, la quantité d'eau réellement évaporée à l'Observatoire de Paris, en 1689 (*Acad.* tom. X) : c'est le premier état de cette nature qui se présente à moi.

MOIS.	A GENÈVE, d'après le Calcul.	A PARIS, d'après l'Observat.
	Millim.	Millim.
Janvier.	21	18
Février.	31	20
Mars.	47	50
Avril.	70	81
Mai.	92	152
Juin.	100	126
Juillet.	114	143
Août.	124	134
Septembre.	81	87
Octobre.	42	34
Novembre.	34	25
Décembre.	25	18
TOTAL.	781	870