

## § 2. Étude de l'électricité de l'atmosphère à l'état normal.

Après avoir décrit les principaux faits qui ont mis les physiiciens sur la voie de reconnaître l'existence d'une électricité atmosphérique et les moyens les plus efficaces de percevoir cette électricité, il nous faut maintenant chercher à connaître l'état électrique de l'atmosphère. Sous ce rapport, il nous faut distinguer l'état électrique normal tel qu'il existe par un temps serein, et l'état exceptionnel qui constitue les temps orageux. Nous verrons que, sans que le temps soit précisément orageux, il suffit, pour modifier l'état électrique normal, de la présence dans une atmosphère sereine de quelques nuages, de la chute de la pluie et de la neige; mais les modifications qu'amènent ces précipitations aqueuses sont loin d'avoir l'importance qui résulte de l'existence d'un véritable orage accompagné du tonnerre et de l'éclair. Nous nous occuperons dans ce paragraphe de la détermination de l'état électrique normal de l'atmosphère et des modifications qu'apportent à cet état les causes que nous avons signalées, réservant pour les paragraphes suivants ce qui concerne les orages et les phénomènes électriques exceptionnels qui les accompagnent.

L'air, sous un ciel parfaitement serein, est constamment positif, mais cette électricité positive n'est pas uniformément répartie dans l'atmosphère; elle est, il est vrai, à peu près de même intensité dans une couche horizontale, mais plus forte dans les couches supérieures, et d'autant plus forte qu'on s'élève davantage. C'est ce qu'avaient déjà reconnu de Saussure et Ermann. A la surface du sol l'électricité est nulle; elle ne commence à être sensible en rase campagne qu'à 1 mètre ou 1<sup>m</sup>,50 au-dessus du sol. Quand il y a sur la surface de la terre des arbres, des édifices, en un mot des corps élevés, la hauteur à laquelle l'air commence à donner des signes d'électricité positive devient plus grande. Il semble évident que l'air et la terre sont chargés d'électricités contraires qui se recombinaient continuellement dans les couches inférieures de l'atmosphère, soit directement, soit par l'intermé-

diaire des corps placés à la surface du sol. On conçoit donc que la hauteur à laquelle la tension positive de l'air devient sensible doit varier avec la facilité que cette neutralisation éprouve à s'opérer, laquelle dépend elle-même de bien des circonstances, en particulier du degré d'humidité de l'air. M. Becquerel a constaté l'accroissement de l'électricité positive avec la hauteur, en lançant avec un arc des flèches auxquelles était fixé l'un des bouts d'un fil de soie recouvert de clinquant dont l'autre bout communiquait avec un électroscope. L'expérience était faite au Grand-Saint-Bernard et sur un des plateaux qui avoisinent l'hospice. Peltier a reconnu le même fait au moyen d'un ballon captif; seulement il a remarqué que dans certaines circonstances, lorsqu'il existe dans l'air des nuages à peine visibles, l'électricité devient nulle, puis négative, pour redevenir peu de temps après positive.

M. Quetelet, en opérant avec l'électromètre et suivant la méthode de Peltier, a trouvé à la suite d'un grand nombre d'observations que, dans un lieu nullement dominé par les corps avoisinants, l'intensité électrique de l'air croît à partir d'un point déterminé proportionnellement aux hauteurs; mais il n'a pu vérifier cette loi que dans des limites très-restreintes. Son but était surtout de savoir quelle était la hauteur constante à laquelle il devait se placer pour faire d'une manière convenable les observations régulières d'électricité atmosphérique. Il avait établi au haut de la tourelle de son observatoire une petite plate-forme entourée d'une balustrade en fer, de laquelle partait un appareil qui permettait d'élever l'électromètre à plusieurs mètres de hauteur et de l'équilibrer dans chacune de ses positions; il était nécessaire que la tablette sur laquelle était placé l'instrument dominât tous les corps environnants et en particulier la balustrade. En effet le point où l'électricité était nulle se trouvait à peu près à la hauteur de la balustrade.

Il résulte de ce qui précède qu'il importe, pour faire de bonnes observations d'électricité atmosphérique, que le conducteur quelconque qui accuse l'état électrique de l'air en participant lui-même à cet état, soit placé à une hauteur suffi-

sante pour dominer tous les corps environnants. Aussi quand ce corps est l'extrémité d'une pointe métallique isolée, il faut qu'elle soit située au haut d'un mât très-élevé, comme à l'Observatoire de Paris où ce mât était placé sur le toit du bâtiment, ou comme à celui de Genève où le mât fixé en terre était assez long pour que la pointe de platine qui le terminait fût à 27 mètres environ au-dessus du sol. Quand le corps qui reçoit l'électricité est le conducteur qui fait partie lui-même de l'électromètre, comme dans les expériences faites à Bruxelles par M. Quetelet, et à Munich par M. Lamont, il faut avoir soin d'élever dans chaque observation l'instrument à une hauteur telle qu'il ne soit pas dominé.

Les premières observations un peu régulières d'électricité atmosphérique sont dues à de Saussure, qui avait étudié ses variations diurnes, et avait trouvé un premier maximum entre 8 et 9 heures du matin, un premier minimum à 6 heures du soir, un second maximum à 10 heures du soir, et un second minimum à 6 heures du matin; mais il ne regardait pas ces déterminations comme bien précises; il avait remarqué en effet qu'elles changent avec la saison; celles que nous venons d'indiquer se rapportent aux mois d'été et diffèrent notablement de celles relatives aux mois d'hiver. Lemonnier et Beccaria avaient déjà remarqué ces variations dans l'état électrique de l'air avec les heures de la journée.

Schubler en 1811 avait conclu de plusieurs observations que le premier minimum a lieu dans chaque saison à peu près au lever du soleil, et le second minimum entre 2 et 5 heures de l'après midi dans tous les mois également, que l'heure du premier maximum varie avec les saisons, étant pour les mois de juin, juillet et août de 6 heures du matin à 7 heures et demie, pour les mois de septembre, octobre et novembre de 8 à 9 heures, pour décembre, janvier et février de 9 à 10 heures, et pour mars, avril et mai de 7 à 8 heures et demie. L'heure du second maximum, qui a lieu entre 7 et 10 heures du soir, varie aussi avec les saisons.

Arago, à la suite d'observations régulières faites en 1830 pendant quelque temps à l'Observatoire de Paris, avait trouvé

l'heure de 8 heures 48' du matin pour le premier maximum dans le mois de mars; M. Plantamour, à Genève, était arrivé au même résultat, c'est-à-dire qu'il avait obtenu un premier maximum entre 8 et 9 heures du matin, puis un minimum tel qu'il n'y avait presque aucun signe électrique entre midi et 3 heures, enfin un second maximum, mais moins fort que le premier, entre 8 et 9 heures du soir.

Le nombre des physiciens qui se sont occupés d'observations relatives à l'électricité atmosphérique est très-considérable; malheureusement il n'en est que peu parmi eux qui les aient suivies pendant un long espace de temps. Clarke en Irlande, Romershausen et Dellmann en Allemagne, Palmieri à Naples, ont tous trouvé une variation diurne dans l'électricité atmosphérique recueillie par un ciel serein; seulement ils diffèrent quelque peu sur l'heure précise des maxima et des minima, et M. Palmieri à Naples ne trouve pas la période diurne aussi prononcée qu'elle paraît l'être dans les localités plus septentrionales.

M. Peltier, sans s'être livré à des observations bien suivies sur l'électricité atmosphérique, a cependant eu l'occasion d'en faire de temps à autre de très-précises dans des jours où l'atmosphère était parfaitement sereine et pure. Il a trouvé qu'après un premier minimum, qui a lieu une heure environ avant le lever du soleil, vient un premier maximum qui varie de 6 à 11 heures du matin suivant la saison, puis un minimum se présente peu avant le coucher du soleil, et il est suivi d'un second maximum vers 9 ou 10 heures du soir. L'intensité, à partir de cette heure, diminue jusqu'à atteindre le premier minimum du jour suivant. Les signes d'électricité qui sont toujours positifs s'affaiblissent d'autant plus dans une journée que l'évaporation est plus considérable. Ainsi M. Peltier a quelquefois observé dans la même journée 150 à 200 degrés au maximum du matin, et 3 ou 4 au minimum de l'après-midi; mais il arrive aussi souvent que d'aussi grandes variations sont suivies d'orages.

Les observations qui, à cause du temps assez long (plusieurs années) pendant lequel elles ont été continuées, comme aussi

par la précision et le soin avec lesquels elles ont été dirigées, nous paraissent devoir inspirer le plus de confiance, sont celles de M. Ronalds à Kew, réunies et commentées par M. Birt, celles de M. Quetelet à Bruxelles, et celles de M. Lamont à Munich.

Les observations de Kew ont été faites au moyen des électroscopes ordinaires mis en communication avec un appareil conducteur isolé, élevé au-dessus du sol et destiné à recueillir le mieux possible l'électricité de l'air ambiant; ces observations ont été au nombre de 15170 pendant une période de cinq années; sur ce nombre 14515 sont d'électricité positive et 665 de négative. Les observations d'électricité positive ont fourni les éléments de la détermination des ordonnées des courbes diurne et annuelle de l'électricité atmosphérique principalement pendant les trois années 1845, 1846 et 1847, auxquelles 10176 observations ont contribué. Voici quel a été le résultat de la discussion, relativement à la courbe diurne.

D'après la moyenne de trois années, à chacune des heures d'observation, c'est-à-dire à toutes les heures paires, temps moyen de Greenwich, pendant le jour et la nuit, il paraît que la tension de l'électricité atmosphérique est à son minimum à deux heures du matin. A dater de cette heure, il y a une augmentation graduelle jusqu'à six heures du matin; après cette heure, la tension croît plus rapidement, sa valeur à huit heures du matin étant presque double de celle de six heures; l'accroissement est alors plus gradué jusqu'à dix heures, époque du premier maximum ou maximum du matin. A partir de cette heure, la tension décline graduellement jusqu'à quatre heures du soir, époque où sa valeur n'est que légèrement supérieure à celle de huit heures du matin. Ce second minimum est appelé par l'auteur minimum *diurne*, pour le distinguer du minimum *nocturne* qui a lieu à deux heures du matin. Après cela, la tension augmente rapidement jusqu'à huit heures du soir, et, après une légère élévation à dix heures du soir, époque du maximum principal ou du soir, la marche ascendante de la tension est terminée. Le maximum du soir est notablement supérieur à celui du matin ou de dix heures. Entre dix heures

du soir et minuit, la tension décroît presque jusqu'à la valeur du minimum diurne.

Quant à la période annuelle, on peut remarquer que les plus basses tensions se manifestent en juin et août, celle de juillet étant légèrement *supérieure* à celle des deux mois susnommés. En septembre, il y a une faible élévation qui augmente en octobre. Cette augmentation devient plus rapide de novembre à janvier, puis elle éprouve un temps d'arrêt, l'augmentation en février étant moindre que celles de décembre et janvier. En février on atteint le maximum, auquel succède en mars une diminution rapide de tension, qui se poursuit en avril et mai, la diminution atteignant son minimum en juin, mois où la tension est à son point le plus bas.

Les observations de Bruxelles ont été faites par M. Quetelet avec l'électromètre de Peltier, d'après la méthode que nous avons indiquée dans le paragraphe précédent. Nous insérons ici deux tableaux choisis parmi tous ceux qu'a publiés M. Quetelet, et qui nous paraissent donner une idée très-exacte des résultats obtenus. Le premier est relatif aux variations mensuelles de l'électricité de l'air, le second donne l'électricité de l'air dans ses rapports avec l'état du ciel.

VARIATIONS MENSUELLES DE L'ÉLECTRICITÉ DE L'AIR.

MOIS.	1844	1845	1846	1847	1848	MOYENNE.
Janvier.	»	471°	362°	957°	487°	603°
Février.	»	548	236	443	295	378
Mars.	»	262	95	282	164	200
Avril.	»	93	94	221	155	144
Mai.	»	163	49	67	59	84
Juin.	»	51	39	47	48	47
Juillet.	»	58	33	43	61	49
Août.	90	89	57	11	64	62
Septembre.	91	95	62	39	63	70
Octobre.	110	299	98	107	120	131
Novembre.	127	334	274	160	152	209
Décembre.	340	742	799	556	281	507
Moyenne annuelle.	»	267	202	225	162	206

ÉLECTRICITÉ DE L'AIR DANS SES RAPPORTS AVEC L'ÉTAT DU CIEL.

	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
Ciel couvert.	268°	220°	129°	17°	46°	36°	41°	56°	42	75°	109°	181°
Ciel serein.	1133	493	261	149	63	37	35	64	78	168	226	571

Les observations faites dans la vue de constater les variations annuelles de l'électricité de l'air ont eu lieu, chaque jour, vers l'heure de midi, et ont commencé en août 1844. Les résultats de chaque année s'accordent parfaitement, et peuvent se résumer de la manière suivante : 1° l'électricité atmosphérique, considérée d'une manière générale, atteint son maximum en janvier, puis décroît progressivement jusqu'au mois de juin, qui présente un minimum d'intensité; elle augmente pendant les mois suivants jusqu'à la fin de l'année. 2° Le maximum et le minimum de l'année ont, pour valeurs respectives, 605 et 47 degrés; en sorte que l'électricité, en janvier, est treize fois aussi énergique qu'au mois de juin. La valeur moyenne de l'année est représentée par les valeurs que donnent les mois de mars et de novembre. 3° Les maxima et les minima absolus de chaque mois suivent une marche absolument analogue à celle des moyennes mensuelles; les moyennes de ces termes extrêmes reproduisent également la variation annuelle, bien que d'une manière moins prononcée. Afin de déterminer l'intensité de l'électricité de l'air dans ses rapports avec l'état du ciel, M. Quetelet a séparé, pour chaque mois de l'année, les nombres qui se rapportaient à un ciel entièrement couvert de ceux observés par un ciel serein, ou bien offrant assez peu de nuages pour que les huit ou neuf dixièmes au moins fussent entièrement découverts. Pour ne pas compliquer les résultats par des influences étrangères, il a omis les observations faites pendant les orages, les neiges, les pluies et les

brouillards. Le tableau ainsi formé a mis en évidence les résultats suivants :

1° Quel que soit l'état du ciel, l'électricité de l'air présente un maximum en janvier, et un minimum vers le solstice d'été.

2° La différence entre le maximum et le minimum est beaucoup plus sensible par les temps sereins que par les temps couverts. Dans la dernière circonstance, ces nombres sont 268 et 36, dont le rapport est 7 environ. Dans des temps sereins, le maximum de janvier est de 1133°, et le minimum de juillet 35°; le rapport de ces nombres est 32, valeur considérable.

3° Pendant les différents mois, l'électricité de l'air est plus forte quand le ciel est serein que quand il est couvert, excepté vers les mois de juin et de juillet, quand l'électricité atteint un maximum dont la valeur est à peu près la même, quel que soit l'état du ciel.

A partir de cette époque, l'électricité de l'air, par un ciel serein, surpasse d'autant plus l'électricité observée par un ciel couvert, qu'on se rapproche davantage de janvier; et, dans ce dernier mois, le rapport est de plus de 4 à 1. Cette forte intensité électrique par un ciel serein, en hiver, est une circonstance très-remarquable, et avait été constatée déjà par tous les physiciens qui se sont occupés de l'électricité atmosphérique, quoiqu'ils lui attribuassent une valeur relative bien moins grande.

M. Quetelet a réuni dans un tableau particulier les observations faites pendant des circonstances extraordinaires, tels que des brouillards, des neiges ou des pluies, et qu'il n'avait pas employées dans le calcul des moyennes. Voici les résultats qu'il a obtenus : l'intensité électrique observée pendant les brouillards a, en moyenne, à peu près exactement la même valeur que celle observée pendant les neiges; cette valeur est très-élevée et correspond aux maxima moyens observés pour les premiers et les derniers mois de l'année. Il ne semble pas, du reste, qu'elle subisse l'influence des saisons. Les valeurs observées pendant une pluie tranquille s'éloignent peu des valeurs ordinaires que l'on observe pendant le cours de l'année.

Dans quelques circonstances, une forte électricité, soit positive, soit négative, a été observée à l'approche de la pluie ou après la pluie. Pendant les quatre années qu'embrassent les observations de M. Quetelet, l'électricité n'a été observée négativement que vingt-trois fois, à l'heure ordinaire de ces observations; et il fait remarquer qu'elle n'a été observée négativement qu'une seule fois pendant les quatre mois d'octobre, novembre, décembre et janvier. Ces électricités négatives précédaient ou suivaient, en général, des pluies et des orages; voici comment elles se sont distribuées: l'électricité a été observée négativement six fois pendant la pluie, neuf fois avant la pluie, cinq fois après la pluie, deux fois pendant des pluies qui tombaient à des distances éloignées, une fois sans cause apparente.

De l'ensemble des observations faites pour constater la variation diurne de l'électricité de l'air, M. Quetelet déduit les conclusions suivantes:

1° L'électricité de l'air, estimée à une hauteur toujours la même, subit une variation diurne qui présente généralement deux maxima et deux minima.

2° Les maxima et les minima se déplacent d'après les différentes époques de l'année.

3° Le premier maximum arrive, en été, avant 8 heures du matin et vers 10 heures en hiver; le second maximum s'observe, après 9 heures du soir en été, et vers 6 heures en hiver. L'espace de temps qui sépare les deux maxima est donc de plus de 13 heures à l'époque du solstice d'hiver.

4° Le minimum du jour se présente vers 3 heures en été et vers 1 heure en hiver. Les observations ont été insuffisantes pour établir la marche du minimum de la nuit.

5° L'instant qui présente le mieux l'état moyen électrique de la journée dans les différentes saisons arrive vers 11 heures du matin.

Nous n'insisterons pas sur les observations de M. Lamont à Munich; quoiqu'elles soient faites avec l'électromètre de Peltier et d'après la même méthode que celle de Bruxelles, elles en diffèrent assez notablement quant aux résultats. On pourra

en juger d'après le tableau ci-joint dans lequel M. Quetelet a réuni les observations de Bruxelles, de Kew et de Munich faites à l'heure de midi, et qu'il a rendues comparables en prenant pour unité la moyenne mensuelle.

MOIS	NOMBRES OBSERVÉS			NOMBRES PROPORTIONNELS			BRUXELLES	
	BRUXELLES	KEW	MUNICH	BRUXELLES	KEW	MUNICH	Nombres proportionnels	Nombres observés
Janvier.	518°	182°4	6°34	2,82	2,40	1,48	1,61	50°
Février.	333	179,3	5,98	1,81	2,35	1,39	1,45	45
Mars.	169	58,2	5,18	0,92	0,76	1,21	1,13	35
Avril.	105	40,7	3,04	0,57	0,54	0,71	0,77	24
Mai.	81	41,3	2,56	0,44	0,55	0,60	0,65	20
Juin.	40	26,8	3,11	0,22	0,35	0,72	0,55	17
Juillet.	42	31,8	3,15	0,23	0,42	0,73	0,55	17
Août.	62	28,5	3,03	0,34	0,38	0,71	0,68	21
Septembre.	74	31,0	2,83	0,40	0,41	0,66	0,81	25
Octobre.	140	65,1	3,59	0,76	0,85	0,83	1,03	32
Novembre.	230	80,5	5,51 <sup>1</sup>	1,25	1,34	1,28	1,29	40
Décembre.	412	126,3	7,20 <sup>1</sup>	2,24	1,65	1,68	1,48	46
L'année.	184	74,3	4,29	12,00	12,00	12,00	12,00	31

<sup>1</sup> Ces nombres appartiennent à 1850; les précédents à 1851.

Il résulte de ces observations que les tensions électriques, en hiver et en été, sont comme 9 à 1 pour Bruxelles, comme 6 à 1 pour Kew, et comme 2 à 1 seulement pour Munich.

M. Quetelet attribue les différences remarquables entre ses observations et celles de M. Lamont essentiellement à la méthode employée par ce dernier physicien pour déduire des indications directes fournies par l'instrument, l'état électrique réel de l'air. Cette méthode fondée sur le calcul diffère de la méthode expérimentale employée, soit par Peltier, soit par M. Quetelet lui-même pour graduer l'électromètre, et qui consiste, comme nous l'avons vu, soit à estimer la valeur des degrés de l'instrument en rapportant les charges électriques à la balance, soit à dresser une table d'après la méthode de

de Saussure, fondée sur le partage de l'électricité entre des boules de surface égale.

Quelle qu'en soit la cause, une si grande divergence entre les résultats obtenus par des observateurs aussi distingués que MM. Lamont et Quetelet nous montre combien il y a encore d'incertitude dans la détermination bien précise de l'électricité atmosphérique. Cette incertitude ne tient pas seulement à l'imperfection des instruments, mais bien aussi à la nature du phénomène qui est éminemment complexe. Il s'agit en effet d'estimer les variations dans l'état électrique de la couche d'air dont l'influence peut se faire sentir sur l'instrument employé. Or, les couches d'air sont-elles dans des conditions identiques dans tous les lieux d'observation; la configuration du sol, les constructions ou les arbres qui recouvrent sa surface qui ne sont jamais semblables, ne peuvent-elles pas influencer d'une manière différente, suivant les localités, sur l'électricité des couches d'air voisines? L'étendue de la couche qui agit sur l'électromètre doit varier elle-même avec la sensibilité de l'instrument, et il n'est pas certain que les changements qu'éprouve l'électricité de l'air suivent les mêmes lois dans une couche limitée et dans une couche très-étendue. Ainsi l'électromètre de M. Lamont, qui est surmonté d'une boule beaucoup moins considérable que celui de M. Quetelet, doit être d'une sensibilité beaucoup moindre, et peut par conséquent donner des résultats différents.

Mais de toutes les circonstances, celle qui influe le plus sur l'indication de l'instrument, c'est sans aucun doute l'humidité de l'air. Il est vrai que l'électromètre de Peltier échappe en partie à l'action de cette cause parce qu'il n'est influencé que par l'action inductive de l'atmosphère, ou plutôt par la différence des actions inductives de la terre et de l'atmosphère qui l'enveloppe; mais si, au lieu d'être terminée par une boule, sa tige l'est par une pointe, par un faisceau de pointes ou par une mèche allumée, comme dans les expériences de de Saussure et de Volta, il s'opère, outre les phénomènes d'induction, un rayonnement d'électricité dans l'espace, qui est beaucoup influencé par l'humidité de l'air, par la pluie et par la force du

vent, causes qui n'affectent pas d'une manière sensible l'instrument quand il est surmonté de la boule. Mais c'est surtout quand on opère avec des appareils fixes que l'action de l'humidité de l'air ambiant se fait sentir, en diminuant l'isolement de la pointe ou de la boule destinée à recueillir l'électricité de la couche dans laquelle elle est placée. La tige isolante a beau être de verre peu hygrométrique, il est impossible d'éviter que par les temps très-humides elle ne se recouvre d'une couche aqueuse qui, quelque mince qu'elle soit, n'en est pas moins conductrice. Pour bien apprécier l'influence de l'humidité générale de l'atmosphère sur les variations de l'électricité atmosphérique, il faut donc opérer avec l'électromètre de Peltier surmonté de la boule, qui est de tous les appareils celui qui est le plus à l'abri des perturbations accidentelles que nous avons signalées. C'est ce qu'a fait M. Quetelet, et les résultats consignés dans le tableau suivant et qui sont les résumés des observations faites par ce savant observateur, à Bruxelles, de 1842 à 1847, doivent sous ce rapport inspirer la plus grande confiance.

MOIS	ELECTRICITÉ.		MOYENNE DES maxima et minima	HYGROMÈTRE pendant les observ. élect.		HYGROMÈTRE en général 1842 à 1847	ÉLECTRICITÉ pendant l'humidité		ÉLECTRICITÉ en général
	MOYENNE DES			maxima	minima		maximum	minimum	
	maxima	minima							
Janvier.	71,9	27,8	49,8	92,6	94,8	93,7	53,0	55,0	50
Février.	64,5	26,9	45,7	87,5	88,4	92,2	45,2	44,3	45
Mars.	55,5	18,6	37,0	84,7	85,1	90,3	36,2	26,0	35
Avril.	41,4	9,2	25,3	83,3	84,1	89,3	21,7	20,6	24
Mai.	37,0	4,3	20,6	80,2	80,3	87,6	15,0	19,0	20
Juin.	31,9	2,9	17,4	83,8	80,5	84,6	27,0	11,0	17
Juillet.	33,0	3,3	18,1	75,1	77,1	88,1	23,0	6,0	17
Août.	54,2	7,8	21,0	83,4	78,9	88,7	9,0	5,0	21
Septembre.	35,5	16,0	25,7	84,8	83,9	91,8	17,5	12,5	25
Octobre.	50,5	10,3	30,4	87,2	91,2	94,4	27,7	44,0	32
Novembre.	56,3	20,0	38,1	91,3	94,7	95,0	28,0	47,0	40
Décembre.	69,7	30,5	50,1	92,7	92,7	95,7	50,0	53,7	46
L'année.	48,45	14,80	31,62	85,55	85,97	99,0	29,44	28,62	13,0

Un fait assez remarquable qui ressort de ce tableau, c'est

que l'humidité agit d'une manière toute différente dans les mois froids et dans les mois chauds ; elle augmente l'électricité dans les mois d'hiver, elle la diminue dans les mois d'été. C'est qu'au fond l'humidité agit de deux manières dont les effets tendent à se contrarier. D'une part elle facilite l'écoulement de l'électricité accumulée dans les régions supérieures de l'atmosphère jusqu'à la couche où se fait l'observation, d'autre part elle facilite l'écoulement dans le sol de l'électricité que possède cette couche ; ainsi d'une part elle augmente l'intensité des manifestations électriques de l'instrument, d'autre part elle les diminue. Cette diminution a été constatée par Peltier qui a observé en particulier que plus l'air est humide, plus il faut élever l'électromètre (de 1, 2 et même 10 mètres) pour obtenir le même signe d'électricité, qu'on obtient facilement en l'élevant seulement de 2 décimètres quand le ciel est serein.

Il faudrait, pour expliquer cette double action, mieux connaître qu'on ne la connaît l'influence sur la conductibilité électrique de la vapeur d'eau, de la température et de la force élastique. Mais, quelle qu'elle soit, il n'y a aucun doute que l'état hygrométrique de l'air n'influe d'une manière très-prononcée sur les manifestations électriques. Est-ce simplement comme facilitant la transmission de l'électricité ; est-ce peut-être aussi comme réservoir elle-même d'électricité que l'humidité agit dans les manifestations de l'électricité atmosphérique ? C'est ce que nous chercherons à analyser dans les paragraphes suivants, où nous nous occuperons de l'électricité des brouillards et des nuages, et de l'origine même de l'électricité atmosphérique. Nous nous bornons pour le moment à signaler l'effet sans chercher à en découvrir la cause.

Quoique le pouvoir conducteur de l'air quand il est humide soit bien plus considérable que quand il est sec, M. Quetelet n'a jamais pu en employant le galvanomètre, même un galvanomètre très-sensible<sup>1</sup> pour percevoir l'électricité atmosphérique,

<sup>1</sup> Il employait un galvanomètre de Gourjon de 2400 tours, très-sensible, communiquant par l'une de ses extrémités avec une tige métallique élevée au-dessus du toit de l'Observatoire de Bruxelles et terminée par une houppe de fils de pla-

obtenir des effets assez prononcés pour reconnaître une action soit diurne, soit annuelle. Les manifestations d'électricité atmosphérique à l'état dynamique, telles que les fournit le galvanomètre, n'ont lieu d'une manière bien sensible qu'à l'approche des nuages orageux ou pendant les brouillards, les pluies et les neiges. Quant au sens des courants qu'on obtient dans ces cas, il change fréquemment, comme nous le verrons en nous occupant des orages.

Malgré toutes les imperfections et les divergences que présentent encore les diverses observations relatives à l'électricité atmosphérique, elles s'accordent cependant sur quelques points importants. Elles conduisent toutes à reconnaître que, à partir du sol, où il n'y a aucune manifestation électrique, on trouve à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, quand elle est sereine et à l'état normal, des signes constants d'électricité positive qui vont en croissant. Elles accusent en outre pour une même hauteur dans l'atmosphère une variation dans l'état électrique de la couche d'air, soit mensuelle, soit diurne. Les variations mensuelles sont telles que les maxima d'électricité indiqués par les instruments tombent sur les mois dans lesquels les jours sont les plus courts, et les minima sur ceux dans lesquels ils sont les plus longs. Les variations diurnes diffèrent notablement en amplitude avec les lieux d'observation ; elles sont assez généralement en rapport avec les variations de l'humidité de l'air, en ce sens que l'état hygrométrique et l'état électrique de l'air sembleraient suivre une marche assez parallèle. Cependant les physiciens ne sont pas complètement d'accord sur ce parallélisme complet, du moins pendant tous les mois de l'année également.

Les anomalies et les divergences tiennent probablement à ce que l'influence qu'exerce la présence de la vapeur aqueuse sur l'électricité accusée par les instruments placés dans une couche d'air, change tout à fait de nature quand cette vapeur, en se précipitant, devient visible sous forme de nuage, de brouillard

très-fins, et par l'autre extrémité avec le sol extérieur au bâtiment ; la tige et le galvanomètre étaient isolés avec le plus grand soin.

ou de pluie. Il arrive même, ainsi que cela semble résulter de changements brusques observés dans l'état électrique de l'air, que la précipitation commence souvent à avoir lieu même avant d'être visible; c'est ce que prouve au reste le fait qu'on a vu quelquefois la pluie tomber par un temps complètement découvert et en l'absence de tout nuage. Sous l'influence de ces précipitations aqueuses qui troublent l'état normal de l'atmosphère, non-seulement l'électricité positive ne suit plus dans l'intensité de ses signes sa marche régulière, mais on la voit souvent se changer en électricité négative plus ou moins forte. Les manifestations d'électricité négative faites par les instruments destinés à percevoir l'électricité atmosphérique précédent, accompagnent ou suivent généralement l'apparition des orages ou même celle de simples nuages ainsi que la chute de la pluie; ce n'est pas à dire qu'elles se présentent dans tous les cas où les nuages, les orages et la pluie se montrent, il s'en faut de beaucoup, mais elles n'ont lieu que dans ces cas-là. Aussi renvoyons-nous ce que nous avons à en dire au paragraphe suivant, consacré à l'état électrique anormal de l'atmosphère. C'est dans ce même paragraphe également que nous signalerons les variations irrégulières et brusques d'intensité que manifeste l'électricité positive, phénomène qui accuse, comme le précédent, une perturbation dans l'état électrique de l'atmosphère.

Mais avant de terminer le paragraphe actuel, nous devons nécessairement aborder une question que nous ne ferons qu'effleurer pour le moment, appelés que nous serons à y revenir dans le paragraphe relatif à l'origine de l'électricité atmosphérique. Cette question est de savoir quelle conclusion nous devons tirer des indications des électromètres atmosphériques sur l'état électrique réel de l'air et du globe terrestre. Suivant M. Peltier, le globe terrestre est complètement négatif et l'espace interplanétaire positif; l'atmosphère elle-même n'a point d'électricité, et n'est que dans un état passif, de telle façon que les effets observés tiennent à l'influence relative de ces deux grands magasins d'électricité. Quant à nous, sans discuter pour le moment cette opinion, nous sommes d'accord pour

admettre que le globe terrestre possède, du moins dans sa partie solide, un excès d'électricité négative, et qu'il en est de même des corps placés à sa surface; mais il nous paraît résulter des diverses observations que nous avons rapportées, que l'atmosphère elle-même est électrisée positivement; cette électricité positive provient évidemment de la même source que la négative du globe. Il est probable que c'est essentiellement dans les vapeurs aqueuses, dont l'atmosphère est toujours plus ou moins remplie, qu'elle réside, plutôt que dans les particules de l'air lui-même, mais elle n'existe pas moins dans l'atmosphère. Telle est la manière la plus naturelle, suivant nous, d'interpréter les résultats que nous venons de décrire, et nous verrons qu'elle trouve une confirmation dans les phénomènes dont il nous reste à parler.

### § 3. Des orages et des phénomènes électriques qui les accompagnent.

Nous venons de voir que lorsque le ciel n'est pas serein, l'état électrique normal de l'atmosphère éprouve des perturbations notables: la formation d'un nuage ou d'un brouillard est toujours accompagnée d'un changement de distribution dans l'électricité de la couche d'air où cette formation a lieu. Il est probable que les électricités positives dont chaque particule de vapeur est chargée se réunissent dans le globule formé par la réunion de plusieurs de ces particules au moment où leur précipitation a lieu. Les globules sont eux-mêmes, comme on le sait, autant de petits ballons sphériques dans lesquels une mince pellicule d'eau sert d'enveloppe à l'air intérieur: or, c'est cette couche d'eau qui possède toute l'électricité positive qui était répartie entre la multitude de particules de vapeur qui ont servi à sa formation. Mais quand les globules sont réunis pour former un brouillard ou un nuage, il ne faut point croire qu'il en résulte que le brouillard ou le nuage soit comme un conducteur métallique dont toute l'électricité est à la surface; les globules, suivant la remarque très-juste de M. Peltier, conservent leur isolement, et par conséquent leur électri-