

IV. — MÉTÉORES AQUEUX.

1918. **Variations dans l'état hygrométrique de l'air.** — Nous avons montré (528) que le *degré d'humidité* de l'air, à un moment donné, dépend à la fois de la quantité absolue de vapeur d'eau que cet air contient, et de la température de l'atmosphère au même instant.

Dès lors, il est facile de se rendre compte des résultats suivants, que nous nous contenterons d'énoncer. — C'est au lever du soleil que l'air contient la plus petite quantité absolue de vapeur d'eau; cependant, c'est au lever du soleil que l'air est le plus humide, c'est-à-dire le plus voisin de la saturation, parce que ce moment est celui du minimum de température (896). — Pendant l'été, c'est vers trois heures que l'air est le plus sec: cependant, c'est à ce moment qu'il contient le plus de vapeur d'eau, mais c'est aussi à ce moment qu'il possède la température la plus haute. — De même, dans le cours de l'année, c'est vers la fin de décembre que l'air est le plus humide, c'est vers la fin de juillet qu'il est le plus sec: et cependant la quantité absolue de vapeur d'eau est beaucoup moindre en hiver qu'en été.

L'observation montre que l'air est rarement saturé de vapeur, même lorsqu'il pleut. A la surface de la terre, l'hygromètre à cheveu ne descend presque jamais au-dessous de 40 degrés. La moyenne annuelle de ses indications, dans nos climats, est d'environ 72 degrés, ce qui correspond à un degré d'humidité de 0,50.

Dans son mémorable voyage aérostatique, Gay-Lussac a constaté une rapide diminution de l'état hygrométrique, à mesure que le ballon s'élevait dans l'atmosphère; à 7000 mètres de hauteur, l'hygromètre à cheveu ne marquait plus que 26 degrés: bien que la température fût très inférieure à zéro, l'air ne contenait que la huitième partie environ de la vapeur nécessaire pour le saturer.

1919. **Rosée.** — On donne le nom de *rosée* à ces gouttelettes d'eau qui couvrent, après les nuits calmes et sereines, les corps placés à découvert sur la surface du sol.

La théorie suivante, publiée à Londres en 1815 par Wells, rend compte de ce phénomène. — Lorsque le ciel est serein, et que le soleil a disparu sous l'horizon, la surface du sol, ou les corps qui y sont placés, continuent à rayonner vers les espaces célestes; la chaleur que ces corps perdent ainsi ne peut leur être restituée par les couches profondes, puisque le sol est mauvais conducteur: leur température s'abaisse donc rapidement. Cet abaissement de température est toujours plus considérable que celui de l'air, dont le pouvoir émissif est beaucoup moindre: en effet, Wells a constaté qu'un thermomètre placé sur le gazon, pendant une nuit sereine, marquait une température inférieure de 5 à

6 degrés à celle d'un thermomètre suspendu à un mètre au-dessus du sol. De là résulte que la couche d'air, qui est en contact immédiat avec la surface de la terre, est amenée à une température plus basse que les couches plus élevées, et, si la vapeur qu'elle contient n'est pas trop éloignée de son point de saturation, il arrive un moment où elle se condense: la rosée apparaît.

Cette théorie est confirmée par toutes les particularités que présente le phénomène. — Nous indiquerons les principales.

Un vent léger augmente le dépôt de rosée: c'est ce qu'on peut s'expliquer en remarquant que ce vent renouvelle lentement les couches d'air, qui apportent la vapeur qu'elles contiennent. — Un vent fort rend impossible tout dépôt de rosée: il réchauffe les corps par son contact, et ne laisse pas à l'air le temps de se refroidir. — Enfin, c'est quand il règne un vent léger et humide que la rosée est surtout abondante: l'observation montre que le vent le plus favorable à la production de la rosée, en France, est le vent du sud-ouest, qui a passé sur des mers étendues et relativement chaudes.

La présence de nuages, le voisinage d'abris masquant une partie du ciel, comme les arbres ou les édifices élevés, sont autant de causes qui diminuent la quantité de rosée ou en empêchent la formation. On voit que, dans ce cas, l'échange de chaleur, au lieu de se faire entre le sol et les espaces célestes qui sont à une température très basse, se fait entre le sol et des corps qui sont à une température voisine de la sienne; le refroidissement doit donc être beaucoup moins considérable. Wells a constaté qu'un thermomètre placé sur l'herbe, au-dessous d'un mouchoir supporté par quatre piquets, marquait une température supérieure de quelques degrés à celle d'un thermomètre semblable, placé à côté, mais à ciel découvert.

Enfin, les corps qui ont un pouvoir émissif considérable et une faible conductibilité, comme le bois, les feuilles, la terre, sont ceux où la rosée se dépose en plus grande abondance. Le dépôt de rosée est à peu près insensible sur les métaux polis, qui ont à la fois un pouvoir émissif très faible et une grande conductibilité.

1920. **Gelée blanche.** — On désigne sous le nom de *gelée blanche*, un dépôt de glace, en petits cristaux, qu'on observe quelquefois sur les herbes et autres corps, à la surface du sol, après les nuits claires. — La gelée blanche se forme dans les mêmes circonstances que la rosée, surtout au printemps et en automne. En effet, si la température de l'air n'est que de quelques degrés au-dessus de 0°, par un ciel serein, la température du sol, qui lui est inférieure de 5 à 6 degrés en moyenne (919), peut s'abaisser à quelques degrés au-dessous de 0°; alors, la condensation de l'humidité, au lieu de se faire sous forme de gouttelettes liquides, donne naissance à de petites aiguilles de glace, qui hérissent la surface des objets refroidis.

Les gelées blanches qui surviennent à la fin d'avril ou au commencement de mai sont particulièrement funestes aux arbres fruitiers. A la suite de ces gelées, les bourgeons qui sont déjà développés ne tardent pas à se faner et à roussir. De là le nom de *lune rousse*, qui a été donné à la lune d'avril, c'est-à-dire à celle qui commence en avril pour se terminer en mai (*). — Les habitants des campagnes ont observé, en effet, que c'est lorsque la lune brille, c'est-à-dire lorsque le temps est pur, que ces gelées tardives sont surtout à craindre ; mais il serait absurde de croire que c'est la lune elle-même qui produit ces effets sur les végétaux.

921. **Givre ou frimas.** — Le brouillard possède la propriété, signalée sans explication par de Saussure en 1785, de pouvoir exister dans une atmosphère bien au-dessous de 0°, sans se congeler. On peut observer souvent qu'il en est ainsi, en hiver, à la surface du sol, et les nuages donnent lieu à une observation analogue. — C'est là un phénomène de surfusion. Les gouttelettes très fines du brouillard, en suspension dans l'air, se trouvent, en effet, absolument dans les conditions que M. Dufour a réalisées dans les gouttes d'eau en équilibre au milieu d'un autre liquide (269). M. Dufour a montré que, dans ce cas, le point de congélation pouvait être retardé jusqu'à près de — 20°, pour les plus petites de ces gouttes. La même limite paraît devoir être adoptée pour les globules du brouillard : Fournet a vu en effet du brouillard non gelé à — 13° et — 14°, et M. E. Renou à — 21°, 7.

Lorsque des gouttelettes liquides en surfusion viennent à rencontrer un corps solide dont la température est inférieure à 0°, la surfusion cesse, et la cristallisation se produit. C'est ainsi que se forme le *givre* ou *frimas*, qui consiste en un dépôt de glace cristallisée, s'effectuant petit à petit (souvent en plusieurs jours), à la surface des objets placés sur le sol. — Lorsque le dépôt a lieu par un brouillard coïncidant avec une température de plusieurs degrés au-dessous de 0°, il peut atteindre des proportions assez considérables pour faire rompre les branches des arbres ou les fils des télégraphes.

922. **Brouillards.** — **Nuages.** — On donne le nom de *brouillard*, au résultat de la condensation de la vapeur d'eau au voisinage du sol : cette eau forme alors une multitude de gouttelettes fines, qui donnent à l'air une opacité plus ou moins grande. — Quand ces amas de gouttelettes occupent les régions plus élevées de l'atmosphère, ils constituent les *nuages*.

Cette assimilation entre les brouillards et les nuages est justifiée par les observations directes. L'observateur placé dans la vallée voit souvent des nuages courir sur les flancs des montagnes ; ces nuages ne sont que des brouillards, pour un observateur placé à leur hauteur. De

(*) On sait que l'âge de la lune se compte depuis une nouvelle lune jusqu'à la suivante.

même, dans les ascensions en ballon, l'aéronaute qui traverse les nuages se trouve plongé dans un brouillard plus ou moins épais.

La cause générale de la production des brouillards ou des nuages est le refroidissement d'une masse d'air déjà voisine de son point de saturation. — C'est ainsi, par exemple, qu'il se forme des brouillards à la fin des nuits de printemps ou d'automne, dans les vallées contenant des cours d'eau, lorsque l'air humide arrive au contact des flancs refroidis de la vallée. — C'est ainsi encore qu'il se forme des nuages, lorsque la vapeur d'eau qui se dégage d'un sol échauffé et humide arrive dans les couches élevées de l'atmosphère, où la température est plus basse. — Inversement, mais pour la même raison, lorsqu'un vent chaud et humide vient à souffler sur des régions qui ont été soumises antérieurement à un froid prolongé, il y a condensation de la vapeur et formation de brouillards. C'est ce qu'on observe dans les moments de dégel, par exemple.

Parmi les causes de formation des nuages, Babinet a signalé encore le phénomène suivant. Les vents d'ouest qui soufflent en France se sont chargés d'humidité en passant sur l'Océan : à mesure qu'ils pénètrent sur le continent, dont les reliefs deviennent de plus en plus saillants, ils arrivent dans des couches atmosphériques plus élevées et par suite plus froides : l'air humide qu'ils entraînent atteint ainsi bientôt son point de saturation, et il se produit une condensation progressive. — Enfin les nuages se forment plus rapidement encore quand ces vents rencontrent des montagnes, dont la cime disparaît alors dans les brouillards qui la couronnent.

925. **Principales espèces de nuages.** — Les formes des nuages,



Fig. 691. — Cirrus.

et leurs distances à la terre, sont extrêmement variables : on peut cependant les rapporter à trois types principaux.

On désigne, sous le nom de *cirrus*, les nuages en forme de stries blanches (fig. 691) qui apparaissent au milieu du ciel bleu, et qui signalent généralement la fin d'une période de beau temps. Leur distance à la terre peut atteindre 9 à 10 kilomètres. — A ces hauteurs considérables, la température est toujours extrêmement basse, même pendant l'été; aussi, a-t-on pu constater que ces nuages se composent, non pas de gouttelettes d'eau liquide, mais de petites aiguilles de glace, flottant dans l'atmosphère (*).

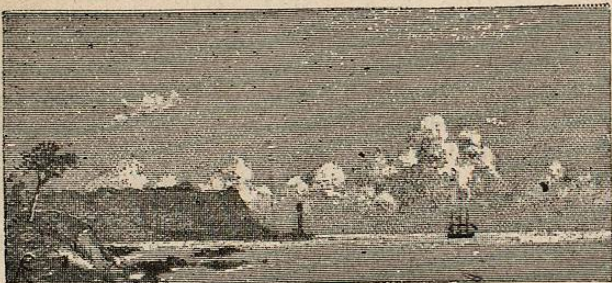


Fig. 692. — Cumulus.

On donne le nom de *cumulus*, à ces gros nuages qui présentent la forme de masses blanches, à contours arrondis (fig. 692), et qui cou-

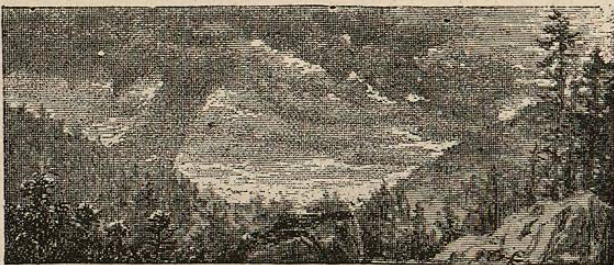


Fig. 695. — Nimbus.

vrent souvent une partie du ciel sans amener le mauvais temps (**). — Ils sont situés à des hauteurs qui ne dépassent guère 2 à 3 kilomètres,

(*) C'est ce que démontrent, en particulier, les phénomènes produits par le passage des rayons du soleil ou de la lune à travers ces nuages. — C'est ce qu'on a également pu constater dans certaines ascensions aérostatiques.

(**) Les cumulus apparaissent quelquefois, à l'horizon, sous la forme de bandes horizontales, qu'on désigne alors sous le nom de *stratus*.

et sont formés de gouttelettes d'eau liquide, d'une finesse extrême.

Enfin, on désigne sous le nom de *nimbus* les gros nuages sombres (fig. 695), qui interceptent la lumière du soleil, et qui prennent parfois une étendue considérable. Ils sont généralement situés beaucoup plus bas que les précédents, et peuvent arriver à raser la surface du sol.

924. **Pluie.** — Ni les cirrus, ni les cumulus isolés ne donnent naissance à la pluie; c'est de la rencontre de ces deux espèces de nuages, dans la verticale, que résultent ordinairement les *nimbus* ou nuages à pluie. — On comprend que, si les aiguilles de glace des cirrus, à une très basse température, viennent à rencontrer dans leur chute les gouttelettes liquides des cumulus qui s'élèvent, soulevés par les courants d'air chaud provenant du sol, il en résulte une condensation puissante, qui donne aux gouttes un poids suffisant pour les faire tomber. Leur volume s'accroît, en chemin, par la condensation de nouvelles vapeurs, en sorte que les gouttes de pluie sont d'autant plus grosses qu'elles viennent d'une plus grande hauteur.

Le mécanisme que nous venons d'exposer s'applique surtout aux pluies d'été, et notamment aux pluies d'orage. — En hiver, dans nos contrées, lorsque, à une période de froid résultant du vent de nord-est, succède un vent chaud et humide de sud-ouest, il se forme de vastes nimbus, qui déterminent des pluies abondantes. On ne peut mieux comparer le phénomène qu'à une vaste distillation, dont la chaudière serait à l'équateur, et le réfrigérant dans nos régions.

925. **Neige.** — **Grêle.** — **Grésil.** — Lorsque les nimbus d'hiver se forment dans des régions froides, les globules des nuages se congèlent, en donnant naissance à de petites aiguilles prismatiques de glace, qui se groupent généralement en étoiles régulières dont les angles sont toujours de 60°; elles affectent d'ailleurs des formes très diverses, dont la figure 694 représente quelques types. — Ce phénomène est assez



Fig. 694. — Flocons de neige.

fréquent dans les hautes régions de l'atmosphère, comme le témoignent les chutes de neige, en toute saison, sur les sommets des Alpes et des Pyrénées; mais, si la température est assez élevée à la surface du sol, cette neige fond en chemin et arrive en pluie.

Le mécanisme de la formation de la *grêle*, en été, a embarrassé jusqu'ici presque tous les météorologistes; on peut cependant se l'expliquer

en se reportant à ce que nous avons dit plus haut (924). Imaginons, d'une part, des cirrus très élevés, à 10 000 mètres, dont la température peut être, même en été, de -20° à -30° ; d'autre part, des cumulus, formés par un temps chaud et humide et s'élevant rapidement, à une grande hauteur, par l'effet du courant ascensionnel d'air chaud. Ces cumulus peuvent atteindre des régions dont la température est inférieure à 0° , et y rester en *surfusion*, jusqu'à ce que les aiguilles de

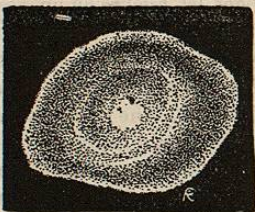


Fig. 695. — Coupe d'un grêlon.

glace des cirrus y déterminent, par leur chute, une congélation partielle; les noyaux ainsi formés, analogues à des grains de grésil, augmenteront de grosseur par l'adjonction de couches successives d'eau en surfusion, et la congélation des couches additionnelles pourra se produire presque instantanément. — L'observation montre en effet que, lorsqu'on coupe un grêlon en travers (fig. 695), on trouve généralement au centre une partie blanche et opaque, ressemblant à un grain de grésil; puis, autour de cette espèce de noyau, des couches de glace transparente.

On sait enfin que le phénomène de la grêle est intimement lié aux orages, car la chute de la grêle est toujours accompagnée d'éclairs et de tonnerre. — Volta a imaginé une théorie qui, sans rendre compte de tous les détails du phénomène, permet au moins d'en expliquer quelques-unes des particularités. Il suppose que les grêlons, se formant dans un nuage électrique, et étant électrisés eux-mêmes, doivent être soutenus dans l'atmosphère par l'attraction de nuages placés au-dessus, chargés d'une électricité contraire et donnant lieu aux décharges électriques. Cette circonstance permettrait aux grêlons d'acquérir les dimensions considérables qu'on observe quelquefois, et dont l'explication constitue la principale difficulté de la théorie de la grêle. — A la suite d'une forte décharge électrique, le nuage laisserait échapper subitement son fardeau de grêlons, qui tomberait alors vers le sol.

La chute de la grêle est toujours de très courte durée. Les grêlons arrivent par ordre de grosseur, les plus gros les premiers, comme si tous avaient été abandonnés au même instant.

Le grésil paraît se former de la même manière que la grêle; seulement, l'absence de l'électricité ne permet pas à ces noyaux opaques de se soutenir dans l'air et d'y acquérir des dimensions comparables à celles des grêlons.

En résumé, on comprend comment, en hiver, la simple congélation des nimbus, dans un air froid, donne de la neige; comment, au printemps, la rencontre des cirrus avec les cumulus qui s'élèvent du sol

donne du grésil; comment enfin, en été, le même phénomène, accompagné d'une forte tension électrique, donne de la grêle (*).

926. **Verglas.** — Une dernière circonstance peut se présenter, dans la condensation de l'eau atmosphérique; c'est une pluie (eau liquide) tombant à travers une atmosphère au-dessous de 0° , et se continuant quelques heures, en même temps que la gelée persiste au niveau du sol. Dans ce cas, très rare d'ailleurs, il y a formation de *verglas*: la surface du sol, et de tous les objets exposés à la pluie, se couvre d'une couche uniforme de glace transparente et lisse, dont l'épaisseur va en augmentant avec la durée du phénomène.

Cette circonstance anormale se présente à la suite d'une longue période de froid, lorsqu'au vent du nord-est succède le retour du courant équatorial du sud-ouest. Ce courant atteint nos contrées par les hautes régions d'abord, en produisant des nuages dont la marche est contraire à celle du vent qui règne à la surface du sol, et qui est indiqué par les girouettes: il en résulte un trouble momentané dans la distribution de la température suivant la verticale; le dégel commence par en haut.

Or, nous avons dit plus haut (921) que le brouillard ne se congèle dans l'atmosphère qu'à -20° environ; il suffit donc que les hautes régions de l'atmosphère, réchauffées par le vent du sud-ouest, arrivent à n'être plus qu'à une dizaine de degrés au-dessous de zéro, pour que la pluie puisse y prendre naissance; cette pluie en *surfusion*, tombant sur un sol à 5 ou 4 degrés au-dessous de zéro, s'y congèle, pour la plus grande partie. Une pluie peu abondante peut même se transformer entièrement en verglas. — Le phénomène ne dure généralement que quelques heures; le courant du sud-ouest, en s'abaissant, atteint bientôt le sol et fait remonter le thermomètre au-dessus de zéro: alors le vrai dégel commence (**). — Cette explication du verglas a été donnée par M. Nouel, en 1862.

V. — ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

927. **Électroscope de Saussure.** — **État électrique de l'atmosphère.** — L'atmosphère est toujours plus ou moins chargée d'électricité. Pour déterminer la nature et le mode de distribution de cette électricité, on peut faire usage de l'électroscope imaginé par de Saussure (fig. 696). Il diffère peu de l'électroscope à feuilles d'or qui a été décrit plus haut (fig. 295); les feuilles d'or sont remplacées par de

(*) Les principaux traits de cette théorie de la pluie et de la grêle sont empruntés à un mémoire publié par M. E. Renou en 1866.

(**) On doit cependant noter le célèbre verglas des 22, 23 et 24 janvier 1879, qui a duré trois jours sans dégel et a causé des dégâts immenses dans les forêts d'une zone s'étendant d'Épernay à Angers.