

vit sur le vaisseau qu'il montait plus de trente feux Saint-Elme; il y en avait, en particulier, un sur le haut de la girouette du grand mât qui avait plus de 0<sup>m</sup>,50 de hauteur. Un matelot, étant monté au haut du mât, raconta que le feu faisait un bruit particulier qui, d'après la description qu'il en donna, paraît être tout à fait semblable à celui que fait l'électricité quand elle s'écoule dans l'air sous l'influence d'une forte tension. Le matelot, ayant enlevé la girouette, vit immédiatement le feu la quitter pour se porter sur le bout du mât. On cite beaucoup de cas où des militaires, surtout des cavaliers (ce qui tient à ce qu'ils sont plus élevés), ont vu des feux briller à la pointe de leurs lances et de leurs épées. Mais c'est surtout en temps d'orage qu'on voit ces feux au sommet des clochers et des lieux élevés en général. Watson raconte que M. Binon, curé de Plauzel, en France, a observé, pendant vingt-sept années consécutives, que, pendant les grands orages, les trois pointes de la croix du clocher de son église paraissaient enveloppées de flammes. Quoiqu'il y ait par exception des lieux très-élevés qui ne présentent jamais ces apparences, il est probable que c'est au défaut d'observation qu'on doit de les avoir en général si peu remarquées sur les parties saillantes des navires, à la pointe des clochers ou sur les tiges des girouettes et des paratonnerres placés sur le faite des maisons. Au reste, on en a cependant observé un nombre suffisant pour avoir pu signaler des différences entre ces lueurs, non-seulement quant à leur intensité, mais aussi quant à leurs formes; ainsi, quoique le plus souvent elles ressemblent à des aigrettes, cependant il arrive aussi quelquefois que leur lumière se trouve concentrée en un petit globe sans aucune trace de jets divergents. Mais ce n'est pas seulement à l'extrémité des objets placés sur la terre qu'on aperçoit des apparences lumineuses en temps d'orage; il arrive quelquefois que la pluie elle-même possède une lueur phosphorescente. Il en est de même de la neige et de la grêle; mais c'est la neige qui, de ces trois formes de précipitation aqueuse, paraît présenter le plus fréquemment ce phénomène, lequel du reste ne tient point à la nature aqueuse des précipitations, mais bien à ce qu'elles sont chargées d'électricité; car la

poussière fine qui tombait sur la ville de Naples, pendant l'éruption du Vésuve de 1796, éruption accompagnée des effets électriques si remarquables que nous avons déjà signalés, émettait une lueur phosphorique pâle très-visible de nuit. De même, le fameux brouillard sec de 1783, qui couvrit presque toute l'Europe et qui très-probablement avait une origine volcanique, répandait la nuit une lumière qui permettait de voir les objets à une certaine distance, et qui s'étendait également sur tout l'horizon. On a aussi observé plusieurs cas de brouillards ordinaires qui sont phosphorescents, en Irlande en particulier. Les nuages eux-mêmes peuvent être quelquefois lumineux d'une manière continue; c'est surtout dans les nuits d'hiver et par les temps neigeux que cette apparence lumineuse se montre; les nuages, chargés de neige probablement, répandent dans tous les sens une lueur rougeâtre, sans limites définies, mais assez intense pour que, suivant Beccaria, elle permette de lire des livres imprimés en caractères ordinaires. La propriété électrique de la neige est, en effet, si prononcée que non-seulement, comme nous l'avons vu, les électromètres atmosphériques se chargent très-fortement dans les averses de neige, mais que souvent les personnes qui se trouvent au milieu de ces averses deviennent elles-mêmes un foyer d'électricité. Cette électricité se manifeste non-seulement par une lueur, mais par un bruissement particulier; ainsi Brewster cite le cas de deux voyageurs anglais qui, surpris dans leur descente de l'Etna par une forte averse de neige accompagnée de violents coups de tonnerre, entendaient un bruit sifflant toutes les fois qu'ils tenaient le bras en l'air et en ne laissant ouvert qu'un doigt de la main; mais en déplaçant le doigt à travers cette atmosphère neigeuse dans divers sens et avec rapidité, ils pouvaient à volonté engendrer une grande variété de sons musicaux dont l'intensité était telle qu'on les entendait parfaitement à la distance de treize mètres. Il est très-probable que le phénomène si remarquable, connu sous le nom d'aurore boréale ou d'aurore polaire, provient également des décharges électriques lumineuses qui ont lieu entre les particules glacées suspendues dans l'air à de grandes hauteurs où elles

forment de très-légers nuages. Mais comme le phénomène de l'aurore boréale est intimement lié avec la direction et les variations de l'aiguille aimantée, ce qui semble établir entre ces deux ordres de faits une dépendance mutuelle, nous renvoyons ce que nous avons à en dire au chapitre suivant qui est consacré à l'étude du magnétisme terrestre<sup>1</sup>. C'est aussi aux particules glacées qui, suspendues dans les hautes régions de l'atmosphère forment les *cirrus*, que doit être attribué un rôle important dans la formation de la *grêle*.

On désigne sous le nom de grêle la chute de petites masses d'eau glacée très-compactes auxquelles on donne le nom de *grêlons*; ces grêlons ont à peu près la grosseur d'une noisette; ils sont souvent plus volumineux, souvent aussi ils le sont moins, et quand ils sont petits (de 2 à 4 millimètres de diamètre seulement), on les désigne sous le nom de *grésil*; ils ont évidemment la même origine, et le grésil ne doit pas être plus distingué de la grêle que l'on ne distingue la fine neige, qui dans les jours froids de l'hiver flotte quelquefois dans l'atmosphère, des larges flocons qui tombent dans les jours humides. Les grains de grésil sont opaques, souvent assez creux, et d'une blancheur semblable à celle de la neige; les plus gros sont quelquefois entourés d'une légère couche de glace; ils tombent en général en hiver et au printemps et rarement ils accompagnent les orages. Les grêlons, au contraire, ne tombent que dans les orages; leur chute est toujours accompagnée de manifestations électriques considérables dans l'atmosphère. Ils sont composés d'un noyau neigeux entouré toujours d'une couche de glace plus ou moins épaisse, transpercée quelquefois elle-même çà et là de petits flocons neigeux. La véritable forme des grêlons n'est pas sphérique; c'est plutôt celle d'une poire, et il est probable que la forme pyramidale est leur forme primitive. On a souvent dit que la couche de glace qui recouvre le noyau neigeux est formé de

<sup>1</sup> Nous ne parlons point ici de la phosphorescence ordinaire, qui est probablement un phénomène électrique, ainsi que nous l'avons remarqué (t. II, p. 273); mais la théorie de la phosphorescence n'est pas encore assez avancée pour que nous puissions classer les faits qui s'y rapportent dans ceux qui dépendent exclusivement de l'électricité.

couches concentriques, ce qui indiquerait une formation successive; cependant quelques physiciens, et notamment M. Boisgiraud, qui a décrit avec soin un violent orage de grêle dont il avait été témoin, n'a pas pu trouver la moindre trace de couches concentriques dans les nombreux grêlons qu'il a soumis à un examen minutieux, ce qui semble indiquer qu'ils sont formés d'un seul jet; d'autres physiciens affirment par contre avoir reconnu dans la masse congelée qui entoure le noyau, des couches distinctes, tantôt transparentes, tantôt alternativement transparentes et opaques; mais ils reconnaissent qu'il existe des grêlons où cette structure ne se retrouve pas et où elle est remplacée par une structure rayonnante à partir du centre. D'un autre côté, tous les grêlons examinés ont un noyau neigeux d'un diamètre variable, et plusieurs d'entre eux présentent, en outre, de petits noyaux semblables, mais de 3 millimètres de diamètre seulement, qui sont enchâssés dans la partie extérieure et transparente des grêlons; cette circonstance, jointe à l'aplatissement fréquent du noyau neigeux central et à la réunion intime de plusieurs grêlons en un seul, semble indiquer que ces grêlons ont été liquides ou tout au moins mous. Nous reviendrons sur cette observation importante. Ajoutons que l'extérieur des grêlons est très-anguleux; plusieurs présentent des pointes aiguës de deux centimètres de longueur et même plus. M. Boisgiraud a trouvé dans l'intérieur de quelques-uns des grêlons qu'il a examinés une matière grise et pulvérulente; ce fait paraît bien établi, quoiqu'il ait été contesté, mais il est fort rare.

La grosseur des grêlons est très-variable; M. Boisgiraud, dans les chutes de grêle qu'il a observées, en a trouvé qui, dépouillés de leurs aspérités, avaient les dimensions d'un bel œuf de poule; mais c'étaient les plus volumineux. M. Olmsted dit qu'en Amérique il en tombe tous les ans qui sont plus gros que des œufs de poule. Ordinairement cependant les plus gros grêlons ne dépassent pas la grosseur d'un œuf de pigeon. Différents physiciens citent le cas de grêlons qui pesaient de 102 à 130 grammes; on prétend qu'il en est tombé à Constantinople, en 1831, qui pesaient 500 grammes; on a même parlé

de grêlons du poids de 2 kilogrammes. Mais il faut faire attention que ce sont très-probablement des grêlons agglutinés qu'il ne faut pas confondre avec le grêlon simple.

Il serait très-intéressant de connaître exactement la température des grêlons au moment de leur chute; M. Pouillet, qui est le seul observateur à notre connaissance qui y ait songé, a trouvé que cette température était comprise entre  $-\frac{1}{2}$  et  $-4^{\circ}$  au-dessous de  $0^{\circ}$ ; on peut donc affirmer que leur température est très-peu inférieure à celle de la glace fondante.

La grêle tombe à toutes les heures du jour et il n'est point exact qu'il n'en tombe point la nuit; mais il résulte des relevés faits par M. Kaemtz, sur les grêles tombées en Allemagne et en Suisse, que c'est un peu après midi et vers le moment de la plus forte chaleur du jour, que la grêle tombe le plus fréquemment, particulièrement au printemps et en été. C'est en effet en été, du moins dans l'intérieur de l'Europe, que tombe la plus grande partie, la moitié au moins du nombre total des grêles. En Angleterre, au contraire, le nombre des grêles d'été est très-petit; en France, c'est au printemps que le grésil, connu sous le nom de *giboulées*, est très-fréquent; mais les grêles proprement dites y sont comme dans le reste de l'Europe centrale, plus fréquentes en été.

L'influence des localités sur la fréquence de la chute de la grêle paraît incontestable, cependant on n'a encore à cet égard que des notions vagues. Plusieurs physiciens, et entre autres M. de Buch, sont disposés à croire que la grêle n'est pas aussi commune dans les régions élevées que dans les basses. Cependant M. de Saussure, pendant son séjour de treize jours, sur le sol du Géant, à la hauteur de 3,428 mètres, fut frappé de la fréquence de la grêle et du grésil, qu'il observa onze fois. On trouve beaucoup de grêlons sous la neige qui recouvre la cime du Mont Blanc. Ces faits et d'autres encore nous prouvent qu'il tombe souvent sur le sommet des Alpes, sinon toujours de la grêle proprement dite, du moins du grésil qui se transforme dans sa chute quelquefois en grêle et souvent en pluie, suivant la température. M. de Charpentier, d'après de nombreuses observations faites à Bex, est tout à fait disposé à regarder les larges

gouttes de pluie qui tombent pendant les orages comme des grêlons fondus.

Il paraît qu'il en est de même dans les régions tropicales, et que la rareté des grêles dans les plaines tient à ce que les grêlons fondent aussi dans leur chute, car la grêle devient plus commune à 5 ou 600 mètres de hauteur, suivant les observations de M. de Humboldt et de quelques autres voyageurs. Il tomba, le 17 août 1830, une grêle tellement abondante à Mexico, que dans les rues de la ville les chevaux en avaient à mi-jambe.

Indépendamment de la hauteur absolue et de la latitude, il résulte de bien des observations que diverses circonstances locales, telles que la configuration du sol, influent sur la fréquence des chutes de grêle; ainsi certaines contrées sont souvent ravagées par la grêle, tandis que d'autres très-voisines ne le sont que très-rarement. En Suisse, on a observé que les vallées qui vont de l'est à l'ouest, telles que le Valais et le canton de Glaris, restent un très-grand nombre d'années sans être atteintes par le fléau. Suivant M. Despine, qui a fait un relevé très-exact de toutes les grêles tombées pendant l'année 1840 dans les États du roi de Sardaigne, la direction de la grêle est subordonnée dans chaque localité aux chaînes de montagnes qui les dominent; mais toutes les fois qu'elle a frappé le même jour plusieurs provinces souvent très-éloignées et situées sur les deux versants des Alpes et des Apennins, elle a constamment suivi une ou plusieurs lignes dirigées du sud-ouest au nord-est. En général, la grêle est surtout commune à l'ouverture des vallées, là où elles se confondent avec le pays appelé la plaine, par opposition avec les hautes Alpes. Ainsi Borgofranco, au débouché de la vallée d'Aoste, est dévasté par la grêle presque tous les ans, et de Saussure avait remarqué déjà que les contrées situées à quelque distance des hautes montagnes sont affligées par ce fléau plus souvent que celles qui sont placées au pied même des Alpes ou à une grande distance des montagnes. Il est évident que le réchauffement inégal des différentes parties d'une vallée et les courants d'air qui en résultent, ont ainsi que la direction des vents, soit locale, soit générale, une grande influence sur la fréquence des chutes de grêle; aussi

cette fréquence est-elle beaucoup plus grande dans les pays de vallées profondes où des différences de température considérables peuvent s'établir, et beaucoup moindre dans les pays de plaine; la grêle est, à ce qu'il paraît, plus rare en pleine mer où des courants d'air continuels rétablissent l'équilibre de température dès qu'il est rompu.

Quoique le plus souvent les orages de grêle soient très-limités, il est des cas cependant où ils s'étendent très au loin, mais même dans ces cas exceptionnels c'est en longueur et non jamais en largeur que l'averse de grêle a ses plus grandes dimensions. L'un des cas les plus remarquables est celui du fameux orage de grêle qui traversa la France et la Hollande le 13 juillet 1788; il se propagea simultanément sur deux bandes à peu près parallèles dirigées toutes les deux du sud-ouest au nord-est. La première, plus étroite, avait pour largeur moyenne deux lieues et quart; la seconde, pour largeur moyenne trois lieues; elles étaient séparées par une bande qui ne reçut qu'une pluie abondante et dont la largeur moyenne était de cinq lieues et un quart. Il y avait aussi beaucoup de pluie à l'occident de la bande occidentale et à l'orient de la bande orientale. Sur une longueur de plus de cent lieues pour chaque bande, il n'y eut aucune interruption dans l'orage, et même il paraît qu'il couvrit encore plus de cinquante lieues au sud-ouest et de cinquante lieues au nord-est, ce qui donne à chaque bande une longueur totale de deux cents lieues, soit d'environ 1,000 kilomètres. Dans cette immense étendue, tous les points ne furent pas frappés à la fois, mais on reconnut que l'orage avait eu une marche très-rapide depuis les Pyrénées où il avait pris naissance, jusque dans la Baltique où l'on en perdit la trace; sa vitesse était de seize lieues et demie à l'heure environ. Dans chaque lieu la grêle ne tomba que sept à huit minutes; les grêlons différaient en forme et en dimension<sup>1</sup>.

On voit par cet exemple que si les orages de grêle sont

<sup>1</sup> Les ravages que causa cet orage furent considérables, comme on le conçoit; il y eut en France 1039 paroisses dévastées, et le dommage qu'elles éprouvèrent fut évalué à 24,690,000 francs.

plus rares dans les pays de plaine, ils y sont en général bien plus étendus que dans les pays de montagne où les grêles, plus fréquentes il est vrai, sont beaucoup plus locales. Ainsi l'un des plus forts orages de grêle bien observés est celui du 23 août 1850, dans lequel, d'après des renseignements recueillis avec beaucoup de soin par M. Blanchet, la colonne de grêle, partie du sommet du Jura vers trois heures de l'après-midi, arriva à Fribourg à quatre heures et demie, après avoir parcouru dix-huit lieues dans une heure et demie, en se dirigeant du sud-ouest au nord-est. D'après M. Blanchet, la grêle, dans le canton de Vaud, ne se forme jamais du côté de l'est; elle vient ordinairement de l'ouest, et elle descend en général d'une sommité située entre deux vallées.

Ajoutons encore aux phénomènes qui caractérisent la chute de la grêle, un bruit particulier qui la précède, qui n'est ni celui du vent ni celui du tonnerre, mais qui est un bruissement semblable à celui qui résulterait ou du choc des grêlons les uns contre les autres ou de l'émission d'une forte charge d'électricité sous forme d'aigrette<sup>1</sup>. Ce bruit, joint à l'entassement des nuages et à la présence parmi ces nuages accumulés et d'une couleur foncée, de quelques nuées blanchâtres, sont des précurseurs infaillibles de la chute de la grêle, le tout nécessairement accompagné d'éclairs et de tonnerre, car les orages de grêle sont caractérisés par la rencontre habituelle de tous les éléments ordinaires des orages, indépendamment de ceux que nous venons de signaler et qui leur sont propres. Remarquons cependant que le tonnerre, qui se faisait entendre avant le bruit dont nous venons de parler, s'amointrit, et cesse même le plus souvent quand ce bruit commence, ce qui semblerait bien prouver que le bruissement est dû à l'émission de l'électricité.

Après avoir analysé comme nous venons de le faire toutes les circonstances qui précèdent et qui accompagnent la chute de la grêle, et indiqué même quelques-unes des conditions essentielles pour la production de ce phénomène météorologi-

<sup>1</sup> On a comparé ce bruit à celui d'un troupeau de moutons qui galopent sur un terrain rocailleux.

que, essayons d'en rechercher la cause, soit celle qui détermine sa formation, soit celle qui influe sur la direction qu'elle suit dans sa chute.

La première théorie un peu satisfaisante qui ait été proposée est celle de Volta; l'illustre physicien explique la production du froid nécessaire pour la formation du noyau du grêlon par l'évaporation de l'eau de la surface supérieure d'un nuage très-dense, évaporation favorisée par la sécheresse de l'air des régions supérieures de l'atmosphère, par l'état électrique du nuage et par les rayons solaires qui frappent la surface du nuage. Mais, sauf l'influence de la première cause, qui à elle seule est loin de suffire pour expliquer le froid produit, celle des deux autres est très-contestable. En particulier comment concevoir, ainsi que Bellani l'a fait remarquer le premier, que les rayons solaires, en produisant une évaporation plus rapide, augmentent l'abaissement de la température? car s'ils favorisent l'évaporation, c'est parce qu'ils réchauffent l'eau; il faut, pour qu'elle produise du froid, que l'évaporation soit déterminée par d'autres causes que par la chaleur. Puis, si l'action des rayons solaires est nécessaire pour la formation du grêlon, comment expliquer les grêles qui tombent de nuit ou de grand matin? Les noyaux des grêlons une fois formés, Volta suppose que deux nuages chargés d'électricité contraire sont disposés l'un au-dessus de l'autre et que les grêlons très-froids, mais encore très-petits, tombent sur le nuage inférieur, où pénétrant jusqu'à une certaine profondeur, ils se couvrent d'une couche de glace, puis, s'électrisant de l'électricité même du nuage, sont repoussés par lui et attirés en même temps par le nuage supérieur; remontant alors contre leur propre poids, ils arrivent au nuage supérieur où ils éprouvent deux effets analogues; retombant encore de nouveau dans le nuage inférieur, ils sont de nouveau repoussés dans le supérieur, faisant ainsi un grand nombre de fois *la navette* comme dans l'expérience des boules de sureau, qui prennent un mouvement rapide de va-et-vient entre deux disques de métal doués d'électricités contraires. Bientôt les grêlons devenant trop gros et les nuages perdant leur électricité, la cause qui maintient la grêle

suspendue au milieu des nuages est insuffisante, et on voit celle-ci tomber instantanément presque en masse. Mais comment admettre que deux corps ayant aussi peu de densité que deux nuages puissent servir de supports à des boules oscillantes aussi pesantes que les grêlons, une fois surtout qu'il est reconnu que la danse électrique des boules de sureau ne peut plus avoir lieu quand on remplace le disque de métal inférieur par une nappe d'eau? Comment se pourrait-il que la puissance électrique d'un nuage fût capable de soulever des masses de glace pesant quelquefois jusqu'à 200 et 300 grammes? Ne serait-il pas bien plus naturel de supposer, dans ce cas, que les deux nuages se porteraient l'un vers l'autre ou qu'une décharge électrique aurait lieu entre eux? D'ailleurs le mouvement oscillatoire hypothétique de Volta n'a jamais été aperçu par les observateurs qui se sont trouvés au milieu des nuages de grêle.

M. Peltier estime que l'influence électrique qui, suivant lui, favorise considérablement l'évaporation, suffit pour expliquer le froid nécessaire à la formation du grêlon; il admet que lorsque deux nuages chargés d'électricité différente sont en présence et qu'ils sont tenus à distance par leur légèreté spécifique, il s'établit un rayonnement électrique entre eux, rayonnement ou transmission d'électricité qui, ne pouvant s'opérer sans transport de matière, entraîne les molécules d'eau en les faisant repasser à l'état de vapeur. Cette nouvelle évaporation, produite par la puissante action électrique des deux nuages en présence, prend à l'eau de la surface de chaque nuage la chaleur qui la maintient à l'état liquide, de sorte que les portions en regard des deux nuages sont converties en flocons neigeux qui se recouvrent par le jeu de navette de couches d'eau, dont une partie, en se vaporisant par l'effet de l'électricité qui en sort, fait congeler la portion qui reste. Comme on le voit, la théorie de M. Peltier se rapproche beaucoup de celle de Volta, sauf en ce qui concerne la cause du froid, qui, suivant M. Peltier, réside uniquement dans l'évaporation produite par l'émission de l'électricité; mais, malgré quelques expériences qui montrent en effet qu'un liquide s'évapore plus

vite quand il rayonne de l'électricité et que même sa température s'abaisse, il nous semble impossible d'expliquer par cette cause, qui est plus mécanique que physique, l'abaissement énorme de température qui est nécessaire pour la congélation de l'eau qui forme les grêlons.

Essayons maintenant de nous rendre compte, sans recourir à des hypothèses du genre de celles de Volta et de Peltier, de la formation de la grêle. Remarquons d'abord que, dès le matin des jours de grêle, le ciel a un aspect particulier; le bleu n'est pas aussi foncé qu'il l'est pendant un jour parfaitement serein, et on y remarque des *cirrus* filamenteux plus ou moins développés, ce qui indique la présence, dans le haut de l'atmosphère, de petites particules glacées; présence confirmée par l'apparition fréquente de couronnes et de parhélies. Cette diminution de transparence dans l'atmosphère explique la chaleur accablante qui d'ordinaire précède la chute de la grêle, la chaleur rayonnante de la terre étant réfléchiée vers le sol au lieu de gagner les régions supérieures de l'atmosphère qui, par conséquent, n'en sont que plus froides. Le sol, sous l'influence de ces circonstances, s'échauffe fortement ainsi que les couches d'air qui sont en contact avec lui; mais cette température décroît rapidement avec la hauteur, parce que les couches d'air ne se mélangent pas; et quand même une chaleur brûlante règne dans le bas, à 2,500 ou 3,000 mètres le thermomètre est au-dessous de 0. Il se produit alors un courant ascendant très-énergique, et quand même l'air ne serait pas très-humide, cependant les couches supérieures de l'atmosphère sont saturées rapidement; il se forme des nuages inférieurs aux *cirrus*, qu'il ne faut pas confondre avec eux, et qui sont des *cumulus*. On voit à la fois la couche supérieure des *cirrus* devenir plus dense et les *cumulus* s'accroître avec une rapidité extraordinaire; le vent, qui souffle dans des directions opposées, contribue beaucoup à ce double effet. Les nuages se dissipent quelquefois sans se résoudre en pluie ou en grêle; mais le plus souvent, au contraire, ils continuent à s'accroître par l'effet de courants d'air froid, qui en descendant déterminent des précipitations de vapeur aqueuse accompagnées d'un grand déga-

gement d'électricité. Nous voyons ainsi comment se forment deux couches de nuages superposées, mais distinctes, condition indispensable, suivant tous les physiiciens, à la formation de la grêle. La couche la plus élevée, formée des *cirrus* accumulés par les vents, doit être toujours nécessairement chargée d'électricité positive, tandis que la couche inférieure, provenant essentiellement des vapeurs qui s'élèvent de la surface du sol, doit être en général négative<sup>1</sup>. Les particules glacées, soit les flocons de neige de la couche des *cirrus* fortement rapprochés les uns des autres sous l'impulsion des vents, soit supérieurs, soit inférieurs, qui les poussent en tous sens en formant des tourbillons, prennent la forme de grains de grésil. Ces grains poussés par leur poids et attirés vers les nuages inférieurs, soit les *cumulus*, y trouvent une prodigieuse quantité d'eau suspendue dans l'espace; ils la condensent à leur surface en traversant cette couche toujours très-épaisse, et si la température des régions supérieures est encore assez élevée, ils se fondent pendant leur chute et donnent naissance à ces larges gouttes de pluie qui précèdent souvent les orages et qui tombent par petites averses comme la grêle; ce n'est que de la grêle fondue. On voit, en effet, très-souvent tomber du grésil ou de la neige sur les hautes montagnes pendant qu'à leur pied il tombe de la pluie qui n'est évidemment que cette neige ou ce grésil fondu. Mais si les grains de grésil sont très-froids et un peu volumineux, si en même temps la température des nuages qu'ils traversent est assez basse (et elle l'est d'autant plus que ces nuages étant plus épais la température est plus élevée près du sol), alors l'eau qui se condense autour de leur surface, étant très-froide, se trouve à une température qui peut être facilement au-dessous de 0°. Remarquons, en effet, que l'eau est déjà dans les nuages à l'état liquide, qu'elle n'a donc point de chaleur de vaporisation à perdre comme si elle était à l'état de vapeur. Cette eau, quoique au-dessous

<sup>1</sup> Ce principe, établi par les observations de M. Peltier, est une conséquence, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, du mode de production de l'électricité atmosphérique.

de 0°, ne se gèle pas toujours immédiatement; car on sait que l'eau peut se refroidir jusqu'à 10 et même 20° au-dessous de 0° sans devenir solide; mais il suffit de la moindre action mécanique pour déterminer sa congélation; ainsi d'autres grains de grésil qui y pénètrent, l'électricité qui en rayonne, peuvent facilement, en produisant un ébranlement dans l'enveloppe d'eau qui entoure le grain de grésil, la solidifier brusquement. C'est probablement ce qui se passe dans les grêlons qu'on trouve formés tout d'une pièce et contenant des particules neigeuses outre le noyau central; dans le cas où il existe des parties concentriques, il est probable que l'eau s'est congelée à mesure qu'elle se condensait. L'électricité négative du nuage inférieur, en provoquant le rayonnement de la positive de l'eau très-froide condensée autour du noyau, est une des causes les plus actives de sa congélation, laquelle est accompagnée d'un bruissement particulier qu'on remarque dans les orages de grêle, et qui provient de l'émission de l'électricité. Nous avons une preuve de la faculté qu'a l'eau de rester à l'état liquide, même à une température très-inférieure à 0°, quand elle est suspendue dans l'atmosphère, dans le fait observé par M. Boisgiraud de larges gouttes de pluie qui, en tombant sur un sol dont la température était notablement au-dessus de 0°, se changeaient immédiatement en glace par l'effet de leur contact avec un corps solide. Les mêmes gouttes de pluie auraient dû former de la grêle si, par une circonstance exceptionnelle, elles ne s'étaient pas trouvées en dehors des conditions ordinaires qui déterminent cette formation<sup>1</sup>.

M. Lecoq, qui s'est trouvé assister sur le Puy-de-Dôme à la formation d'un orage de grêle, en a décrit minutieusement les détails qui se trouvent parfaitement en accord avec la théorie que nous venons de donner. Ainsi il a constaté la présence de deux couches de nuages superposées et celle de deux vents opposés poussant les nuages les uns vers les autres; il a bien

<sup>1</sup> Il est probable que dans ce cas, l'eau condensée autour du grain central de grésil appartenait à un nuage négatif, et que se trouvant dans une atmosphère négative, elle n'avait pas rayonné son électricité.

remarqué que les grêlons ne vont point d'un nuage à l'autre; ils sont animés, au contraire, d'une vitesse horizontale très-grande, étant poussés par un vent très-froid; ils ne se choquent nullement pendant leur transport horizontal, de sorte qu'on ne peut attribuer à leur choc le bruit qui précède leur chute; ils possèdent également un mouvement de rotation très-rapide; enfin on les voit se repousser fortement et offrir ce tourbillonnement qu'on aperçoit de la surface de la terre et qui chasse dans tous les sens les grêlons que le vent finit par réunir en leur imprimant sa propre direction. Toutes ces circonstances s'expliquent parfaitement en admettant que l'électricité que renfermait l'eau qui en se condensant forme le grêlon, en sort en partie en déterminant sa congélation et en lui imprimant un mouvement de rotation, tandis qu'une autre partie de l'électricité reste dans le grêlon, ce qui le rend électrique.

Pour se rendre compte des causes qui font que la chute de la grêle a lieu dans certaines localités plutôt que dans d'autres, il faudrait analyser toutes les circonstances variables d'un endroit à un autre, qui déterminent soit des courants d'air ascendants ou descendants, soit des vents ayant une direction particulière. Il se forme même dans quelques vallées, par l'effet du réchauffement des faces latérales des montagnes frappées par les rayons solaires, des appels d'air froid qui amènent souvent avec eux les nuages chargés d'un grésil qui, en traversant les épais nuages qui le séparent du sol, se convertit en grêle ou en grosse pluie si la température est trop peu basse. M. Blanchet affirme que les choses se passent ainsi dans la vallée du Léman, et il appuie son assertion sur l'observation qu'il a faite des courants d'air et des vents qui règnent un peu avant et pendant la chute de la grêle. Il est possible qu'indépendamment de la direction des vents, la nature du sol puisse influencer sur la chute de la grêle comme sur la présence des orages; si en effet le sol se trouve, par une cause quelconque, chargé d'une électricité contraire à celle des nuages, il attirera ces nuages et par conséquent avec eux la pluie ou la grêle qu'ils renferment. Ce n'est donc que par des observations suivies et bien