

outre les courants que nous venons de signaler à la surface de la Terre, des *contre-alizés supérieurs*, allant de l'équateur vers les pôles. Ces courants, arrivant au-dessus des régions tempérées avec une vitesse de rotation plus grande que celle de ces régions, doivent produire, dans les parties supérieures de l'atmosphère, un vent de *sud-ouest* pour l'hémisphère boréal, un vent de *nord-ouest* pour l'hémisphère austral. — Ces contre-alizés, qui règnent au-dessus des alizés inférieurs, ont pu en effet être constatés, soit par la direction dans laquelle ils transportent des nuages élevés et les cendres de certains volcans, soit par l'observation directe du vent qui règne au sommet des montagnes élevées, sur le pic de Ténériffe, par exemple.

918. Influence des contre-alizés et du Gulf-stream sur la température de l'Europe. — Les contre-alizés dont il vient d'être question, et qui s'observent dans la partie boréale de l'océan Atlantique, ont une influence considérable sur le climat de l'Europe occidentale. Ces courants équatoriaux, de direction sud-ouest, après avoir régné dans les régions supérieures, viennent, en s'abaissant, atteindre la surface du globe à des distances variables de leur point de départ : c'est à eux qu'on doit attribuer la prédominance du vent de sud-ouest dans l'Europe occidentale, notamment en Angleterre, dans les Pays-Bas, et en France à partir de la région méditerranéenne. — Ces vents du sud-ouest n'atteignent notre continent qu'après avoir passé au-dessus d'une partie de l'océan Atlantique qui est traversée par le *Gulf-stream*, ce grand courant d'eau tiède qui est indiqué sur toutes les cartes, et qui, partant du golfe du Mexique, vient, avec une direction sud-ouest, atteindre l'Europe occidentale et se faire sentir le long des côtes de Norvège jusqu'au delà du cap Nord (*). On comprend donc que ces vents empruntent à la surface de la mer sa température et son humidité, et ramènent, sur les régions qu'ils traversent, la pluie et une température modérée.

C'est à ce courant d'eau tiède (le *Gulf-stream*) et à ce courant d'air tempéré et humide (le *courant équatorial* du sud-ouest) que nos pays doivent le climat exceptionnellement doux dont ils jouissent; c'est dans cette circonstance météorologique qu'il faut chercher la cause principale de la richesse de ces régions privilégiées, et de la supériorité des races qui les habitent.

919. Vitesse des vents. — Pour déterminer la vitesse des vents qui soufflent à la surface de la Terre, on emploie de petits moulinets, ou *anémomètres*, à ailettes très mobiles, dont on évalue le nombre de tours au moyen d'appareils compteurs disposés comme celui de la

(*) Le mécanisme de la formation de ce courant est le même que celui des vents alizés, et des contre-alizés. Le *Gulf-stream* représente, dans l'océan Atlantique, le courant supérieur qui ramène, dans l'atmosphère, l'air chaud de l'équateur vers les pôles, et précisément avec la même direction sud-ouest.

sirène (420). Parfois aussi, on mesure le temps que mettent des poussières légères à franchir des distances connues. — Pour déterminer approximativement la vitesse des vents élevés, on mesure la vitesse de translation de l'ombre formée par les nuages sur le sol (*).

Voici quelques nombres, extraits des tableaux construits par les météorologistes :

	VITESSE DES VENTS	
	PAR SECONDE.	PAR HEURE.
Vent seulement sensible.	1 ^m	3 ^{km} , 6
Vent modéré.	2	7 2
Vent frais (qui tend les voiles).	6	21 6
Bon frais (bon pour la marche des navires).	9	32 4
Vent impétueux.	20	72 0
Grande tempête.	27	97 2
Ouragan	56	129 6
Ouragan renversant les édifices.	46	165 6

920. Trombes — Cyclones. — Le mouvement de l'air, dans une direction donnée, se produit rarement avec une vitesse égale pour tous les points de la masse; il en résulte, comme dans les cours d'eau, des tourbillons animés de vitesses de rotation plus ou moins grandes, et se transportant en même temps dans le sens du courant général. Ces tourbillons affectent la forme d'entonnoirs, dont la pointe est dirigée vers le sol.

Dans certains cas, le phénomène, qui prend toujours naissance dans les hautes régions de l'atmosphère, est tout à fait local : c'est le phénomène particulier auquel on a donné le nom de *trombe*. On voit alors descendre des nuages une protubérance de matière nimbeuse, qui s'allonge en une sorte de colonne, et vient atteindre la mer ou le sol. Le diamètre de cette colonne peut se réduire parfois à quelques mètres; d'autres fois, il acquiert plusieurs centaines de mètres. — La vitesse de rotation des couches d'air peut atteindre ou dépasser les plus grandes vitesses de translation du vent ordinaire. C'est ce que démontrent les effets formidables qui signalent parfois le passage des trombes, brisant ou arrachant les plus gros arbres, renversant les édifices ou enlevant les toitures, etc. (**).

Les *cyclones*, les *typhons*, les *tempêtes*, les *ouragans* (***) , sont égale-

(*) Les voyages acrostatiques ont permis d'avoir des indications exactes sur la vitesse des vents dans les hautes régions. Le résultat le plus général est que cette vitesse est toujours bien plus considérable que celle du vent qu'on observe, au même instant, à la surface de la Terre; la différence est due évidemment aux obstacles que rencontre le mouvement de l'air à la surface du sol. C'est pour la même cause que la vitesse du vent est plus grande, en général, à la surface de la mer que sur les continents.

(**) Les *tornados* des régions tropicales, dont la puissance de destruction est terrible, ne sont que des trombes de très grand diamètre.

(***) Ces dénominations assez peu précises ont été données, dans les divers pays, à des phénomènes à peu près identiques. — Le mot *typhon* s'applique plus spécialement aux cyclones de la mer des Indes. — Le nom scientifique qu'on doit donner à ces phénomènes est celui de *cyclones* (de *κύκλος*, cercle).

ment dus à la rotation rapide d'une masse d'air autour d'un axe vertical; mais alors le phénomène affecte des dimensions tout autres. Ce n'est qu'en réunissant des observations faites sur un certain nombre de points, souvent très éloignés, qu'on a pu arriver à constater le mouvement de rotation de ces masses d'air, qui ont parfois plus de cent lieues de diamètre.

921. Lois des tempêtes. — Les travaux des météorologistes anglais et américains ont conduit à des lois remarquables, sur la constitution et la marche des tempêtes à la surface des grands océans :

1° Les tempêtes résultent d'un *mouvement circulaire* de l'air, autour d'un centre qui se déplace lui-même plus ou moins rapidement : ce sont donc des *cyclones*.

2° Dans l'hémisphère boréal, le mouvement de *translation* des cyclones a lieu suivant des lignes courbes dont la concavité est tournée vers l'est et dont la direction générale est de S.-O. à N.-E., c'est-à-dire la direction des contre-alizés. — Dans l'hémisphère austral, ces courbes de translation présentent une disposition symétrique de la précédente par rapport à l'équateur.

3° Le sens de la *rotation* de l'air autour du centre est toujours de l'E. à l'O. en passant par le N., ou *en sens contraire du mouvement des aiguilles d'une montre*, pour notre hémisphère. — Dans l'hémisphère austral, le sens est inverse, c'est-à-dire que la rotation s'effectue dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre.

Au centre du cyclone, le baromètre est très bas, et l'air est relativement calme; à une certaine distance du centre, la vitesse de rotation de l'air peut devenir redoutable. — D'autre part, la rotation étant accompagnée d'un mouvement de translation de toute la masse, on conçoit que la vitesse absolue du vent ne doit pas être la même des deux côtés d'un observateur placé au centre et regardant dans la direction où le cyclone se transporte. A *droite*, elle est la somme de la vitesse de rotation et de la vitesse de translation; c'est ce côté que les marins appellent le *demi-cercle dangereux*. A *gauche*, elle n'est que la différence entre les deux vitesses; c'est ce qu'on nomme le *demi-cercle maniable*.

Lorsqu'un navire se sent atteint par un cyclone, ce dont il est averti par la baisse rapide du baromètre, il doit immédiatement manœuvrer pour s'éloigner du centre, qui se trouve toujours, pour notre hémisphère, à *sa droite*, lorsqu'il fait face au vent. La règle inverse doit être appliquée dans l'hémisphère austral.

922. Service météorologique international. — Un service de correspondance télégraphique, pour l'échange quotidien des observations météorologiques, est établi aujourd'hui sur toute l'Europe : il a déjà permis d'arriver à des résultats importants, soit au point de vue de la science pure, soit au point de vue des services à rendre à la marine et à l'agriculture. — Voici, d'une manière sommaire, l'organisation

de ce *Service météorologique international*, pour ce qui concerne la France (*).

Le Bureau central météorologique, établi à Paris, reçoit, tous les matins, des stations météorologiques organisées en Europe, les observations faites à sept heures du matin en été et à huit heures en hiver, et comprenant : 1° la hauteur du baromètre ramenée à 0° (247) et *rapportée au niveau de la mer* (**); 2° la température à l'heure indiquée; 3° la direction et la force du vent; 4° l'état du ciel et de la mer; 5° la quantité de pluie tombée la veille. — Ces observations sont reportées, au fur et à mesure de leur réception, sur une carte de l'Europe, à l'aide de signes conventionnels.

La distribution des températures est représentée, d'une manière graphique, par le tracé de *lignes isothermes*. — La répartition des pressions est figurée par des *lignes isobares* (lignes d'égalité de pression), tracées de 5 en 5 millimètres de mercure.

A l'aide de ces renseignements, le Bureau central établit la *situation générale* : cette situation est résumée en quelques phrases, que l'on place au dessous de la carte des isobares, et qui sont reproduites dans la plupart des journaux quotidiens. — Le Bureau compose enfin des *avis spéciaux*, sur le temps probable de la journée; ces avis sont transmis par le télégraphe, les uns aux divers ports de la Manche, de l'Océan et de la Méditerranée; les autres dans les diverses régions de la France, aux localités qui ont un abonnement à cet effet avec le télégraphe. Les mêmes localités sont munies d'un baromètre métallique (150) qui est exposé aux regards du public (***). C'est au-dessous de ce baromètre qu'on affiche chaque jour la dépêche dont il vient d'être question. On trouve ainsi réunis tous les renseignements qui peuvent servir à asseoir une opinion sur le temps probable de la journée.

923. Bourrasques ou dépressions. — La construction quotidienne des cartes de lignes isobares a mis en évidence des lois importantes, que des observations isolées eussent été incapables de faire connaître. La principale est la *loi des tempêtes*, que nous avons indiquée plus haut (921), et qu'on peut encore énoncer comme il suit :

Le vent souffle généralement en tournant autour du point où le

(*) L'établissement de ce service en France remonte à l'année 1858; il est dû à l'initiative de Le Verrier, alors directeur de l'Observatoire de Paris.

(**) On connaît la hauteur de chaque station au-dessus de la mer, et l'on a calculé une fois pour toutes (151) la quantité dont il faut augmenter la hauteur lue à ce niveau, pour avoir celle que l'on observerait si l'instrument était descendu verticalement jusqu'au niveau de la mer.

(***) Cet instrument ne donne pas la *vraie hauteur* du baromètre du lieu. Il est réglé de telle sorte qu'il indique la hauteur barométrique rapportée *au niveau de la mer*; de cette façon, sa hauteur concorde avec les indications de la dépêche et de la carte qui est affichée dans certaines stations. Il ne faut donc pas comparer un baromètre du lieu avec le baromètre officiel : on trouverait, selon l'altitude du lieu, des écarts plus ou moins considérables, pouvant s'élever à plusieurs centimètres.

baromètre est le plus bas : pour nos latitudes, la rotation a toujours lieu en sens contraire du mouvement des aiguilles d'une montre. La force du vent est d'autant plus grande, que la dépression du baromètre est plus considérable dans le point central.

Nous reproduisons (fig. 675), à titre d'exemple, la carte des lignes

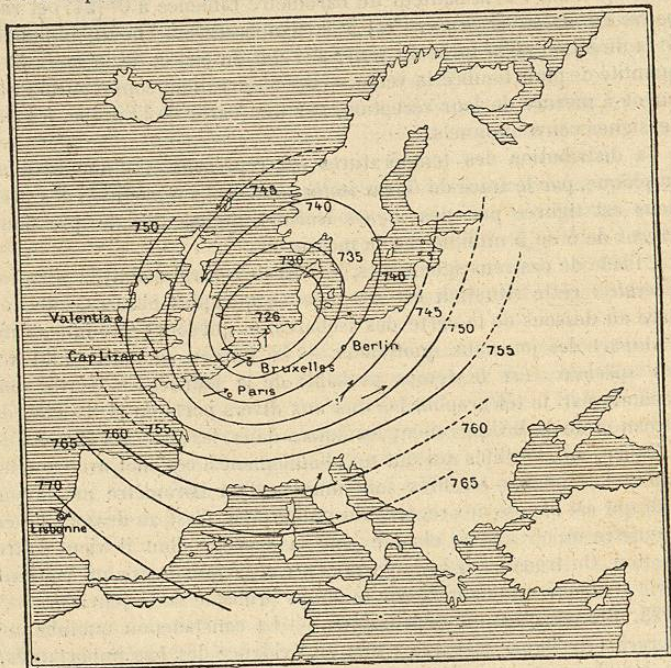


Fig. 675. — Diagramme de la tempête du 9 décembre 1874.

isobares pour le 9 décembre 1874, carte qui montre, d'une manière frappante, les diverses particularités du phénomène.

Ces mouvements tournants, dont l'ensemble constitue ce qu'on a désigné d'abord sous le nom de *bourrasques* et ce qu'on désigne aujourd'hui sous le nom de *dépansions*, se forment toujours sur l'océan Atlantique et se dirigent vers la région de l'Est. Elles abordent l'Europe à des hauteurs diverses, depuis les côtes du Portugal jusqu'au nord de l'Écosse, mais le plus souvent par l'Irlande (à Valentia). La direction suivant laquelle se déplace le point central peut varier du N.-E. au S.-E.; cette marche est connue par la comparaison des cartes des lignes isobares pour deux jours consécutifs. On peut alors annoncer, à coup sûr, l'arrivée d'une tempête à tel ou tel port de mer. C'est ainsi que la

bourrasque figurée sur la carte ci-jointe a attaqué l'Irlande le 8 décembre, et que, le lendemain, son centre se trouvait dans la mer du Nord, marchant exactement vers l'est.

On peut dire que le régime météorologique ordinaire de presque toute l'Europe se résume dans le passage d'une série à peu près continue de dépressions successives, venant de l'océan Atlantique, se déformant plus ou moins en chemin, mais se dirigeant généralement vers l'est (*). — Cette loi générale est un des éléments qui ont rendu possible la *prévision du temps*, au moins à courte échéance.

III. — OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES.

924. Variations barométriques. — On doit distinguer, dans les mouvements de la colonne barométrique, les variations *régulières* et les variations *accidentelles*.

Dans les contrées tropicales, où les variations accidentelles sont rares, les variations barométriques *régulières* se manifestent avec une grande netteté. Chaque jour, la hauteur barométrique présente deux maxima, qui ont lieu vers dix heures du matin et dix heures du soir, et deux minima, vers quatre heures du matin et quatre heures du soir. La différence de hauteur, de dix heures du matin à quatre heures du soir (grande période), atteint 2^{mm},5.

Dans nos contrées, les variations *accidentelles* rendent plus difficile la constatation des variations *régulières*. Mais, si l'on compare entre elles les moyennes calculées chacune pour une même heure du jour, par des observations continuées pendant quelques semaines (surtout en été, où les variations accidentelles sont moindres), c'est-à-dire si l'on prend la moyenne des observations faites à midi, puis celle des observations faites à une heure, et ainsi de suite, on voit apparaître les variations *régulières*. — On reconnaît alors que les maxima et les minima ont lieu à peu près aux mêmes heures que dans les régions tropicales; ces heures changent seulement un peu avec les saisons. — Quant à la valeur absolue de la variation (grande période), elle diminue à mesure que la latitude augmente. A Paris, sa valeur moyenne est de 0^{mm},8.

Les variations accidentelles sont fréquentes dans l'Europe occidentale; elles sont plus grandes en hiver qu'en été. Elles peuvent atteindre 50 millimètres d'amplitude, dans les cas extrêmes, lors du passage des *grandes bourrasques* ou cyclones venant du sud.

(*) Le bassin de la Méditerranée échappe souvent à l'action de ces dépressions : aussi le régime climatique de cette région diffère-t-il essentiellement de celui du reste de l'Europe.

925. Relations des variations barométriques avec les variations de température et avec les météores aqueux. — Les variations de la température, et les fluctuations qu'elles déterminent dans l'atmosphère, sont les causes immédiates des oscillations du baromètre. — Si, en un lieu déterminé, une dilatation de l'air, due à un accroissement de température, donne lieu à un mouvement d'ascension, il se produit, par cela même, une diminution de pression dans le lieu considéré. — Pour une raison semblable, un vent chaud et humide, au moment où il se fait sentir en un point du globe, fait baisser le baromètre. Au contraire, un vent sec et froid fait monter le baromètre. — On comprend donc qu'il existe, dans chaque contrée, une relation entre les oscillations du baromètre d'une part, les variations de la température et de la direction des vents régnants de l'autre.

Ainsi, dans nos contrées, les vents humides et chauds du sud-ouest, qui déterminent un abaissement de la colonne barométrique, sont précisément ceux qui amènent le plus ordinairement la pluie. Au contraire, les vents secs et froids du nord-est, qui font monter le baromètre, amènent presque toujours le beau temps. — On en peut conclure que, *en général*, dans les contrées offrant une situation géographique analogue à la nôtre, un abaissement de la colonne barométrique est un indice probable de pluie, tandis qu'une ascension du sommet de la colonne est un présage de beau temps (*).

926. — Moyenne barométrique d'un lieu. — Influence de la position géographique. — En un lieu déterminé, la moyenne des hauteurs barométriques observées d'heure en heure, pendant une journée, constitue la *moyenne diurne*. — La moyenne de ces résultats, pour tous les jours d'un mois, donne la *moyenne mensuelle*; avec les moyennes des douze mois, on calcule la *moyenne de l'année*. — Enfin, si l'on combine de même les moyennes de plusieurs années consécutives, on obtient la *hauteur moyenne du baromètre dans ce lieu*.

La hauteur moyenne du baromètre dans un lieu dépend, d'une part de son *altitude*, c'est-à-dire de la hauteur de ce lieu au-dessus du niveau de la mer; d'autre part, de sa *latitude* géographique.

L'influence de l'*altitude*, établie déjà par les expériences de Pascal (117), ressort manifestement de la comparaison des trois moyennes barométriques suivantes, prises dans le voisinage de l'équateur :

Au niveau de la mer.	758 ^{mm}
A Quito (2908 mètres au-dessus du niveau de la mer).	554
A la métairie d'Antisana, près Quito (4101 mètres au-dessus du niveau de la mer).	470

(*) Il faudrait bien se garder de considérer cette règle comme absolue, et surtout de l'étendre à des contrées dont les conditions météorologiques sont différentes. Ainsi, sur la côte orientale de l'Amérique du Sud, à l'embouchure de la Plata, ce sont les vents du sud-est qui amènent la pluie, en même temps qu'ils déterminent, en

L'influence de la *latitude* se manifeste par les observations faites en différents lieux, et *réduites au niveau de la mer*. — A l'équateur, la hauteur moyenne est de 758 millimètres. A mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, la hauteur moyenne augmente à partir de la latitude de 40 degrés; elle atteint son maximum, savoir 762 à 764 millimètres, entre le 50° et le 40° degré. A partir de cette zone, elle diminue; vers le 50° degré (c'est-à-dire à peu près la latitude de Paris), elle n'est plus que de 760 millimètres. Enfin, dans les contrées les plus septentrionales, elle descend jusqu'à 756 millimètres environ.

IV. — MÉTÉORES AQUEUX.

927. Variations dans l'état hygrométrique de l'air. — Nous avons montré (517) 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, fournis par l'expérience. — 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, parce que ce moment est celui du minimum de température (905). — 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 que la température est 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 de vapeur d'eau est beaucoup moindre en hiver qu'en été.

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 une fraction de saturation de 0,50.

928. 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 et 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

raison de leur basse température, une ascension de la colonne barométrique; dans cette contrée, la relation entre l'état du ciel et la hauteur du baromètre est donc inverse de ce qu'elle est chez nous.

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 1 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 favorise, en général, la formation de la rosée, en renouvelant lentement les couches d'air, qui apportent successivement la vapeur qu'elles contiennent. — Un vent fort rend impossible tout dépôt de rosée : l'air, rapidement renouvelé, réchauffe le sol par son contact, sans se refroidir d'une manière sensible. — 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.

929. 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

(928), 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 : 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.

930. Givre ou frimas. — Le brouillard possède la propriété, signalée sans explication par de Saussure en 1783, 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 (259). 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 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 devenir assez considérable pour faire rompre les branches des arbres ou les fils des télégraphes.

931. 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. Elles demeurent soutenues dans l'atmosphère, par les courants d'air chaud provenant du sol. — Quand ces amas de gouttelettes occupent des régions plus élevées de l'atmosphère, ils constituent les *nuages*.

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

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 la hauteur. De 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 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. — 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.

C'est par des considérations de ce genre qu'on s'explique comment les vents d'ouest, en France, amènent généralement la pluie. Ces vents 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 froides : l'air humide qu'ils entraînent atteint ainsi bientôt son point de saturation, et il se produit une condensation progressive.

932. Principales espèces de nuages. — Les formes des nuages,



Fig. 674. — 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. 674) 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 de 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 (*).

On donne le nom de *cumulus*, à ces gros nuages qui présentent la

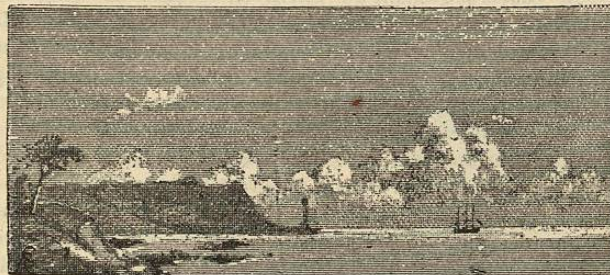


Fig. 675. — Cumulus.

forme de masses blanches, à contours arrondis (fig. 675), et qui couvrent souvent une partie du ciel sans amener le mauvais temps (**). —



Fig. 676. — Nimbus.

Ils sont situés à des hauteurs qui ne dépassent guère 2 à 5 kilomètres, 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. 676), qui interceptent la lumière du soleil, et qui prennent par-

(*) 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 (948). — 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*.

fois une étendue considérable. Ils sont généralement situés beaucoup plus bas que les précédents, et peuvent arriver à raser la surface du sol.

933. 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.

934. 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 677 représente quelques types. — Ce phénomène est assez



Fig. 677. — 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 au voisinage du sol, cette neige fond en chemin et arrive en pluie.

Le mécanisme de la formation de la *grêle*, en été, à embarrassé jusqu'ici presque tous les météorologistes; on peut cependant se l'expliquer en se reportant à ce que nous avons dit plus haut (933). Imaginons, d'une part, des cirrus très élevés, à 10 000 mètres, dont la température peut être, même en été, de -20° à -50° ; 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 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 peut alors se produire presque instantanément. — L'observation montre en effet que, lorsqu'on coupe un grêlon en travers (fig. 678), 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.

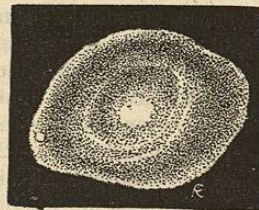


Fig. 678. — Coupe d'un grêlon.

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 électrisé, 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* (*).

(*) 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.