

ANNALES SCIENTIFIQUES DE L'É.N.S.

SONREL

Étude sur les mouvements généraux de l'atmosphère

Annales scientifiques de l'É.N.S. 1^{re} série, tome 4 (1867), p. 255-346

http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1867_1_4__255_0

© Gauthier-Villars (Éditions scientifiques et médicales Elsevier), 1867, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales scientifiques de l'É.N.S. » (<http://www.elsevier.com/locate/ansens>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

ÉTUDE

SUR LES

MOUVEMENTS GÉNÉRAUX DE L'ATMOSPHÈRE,

PAR M. SONREL,
DOCTEUR ÈS SCIENCES.

HISTORIQUE.

La Météorologie est très-ancienne, mais sa constitution comme science distincte est d'origine toute récente. Halley le premier expliqua les calmes équatoriaux. Le soleil échauffant la terre à l'équateur plus qu'en tout autre point, l'air doit être appelé des deux hémisphères vers la zone équatoriale, d'où il s'élève par sa légèreté dans les hautes régions de l'atmosphère. Cette origine des alizés est encore admise par la plupart des météorologistes actuels. Halley et quelque savants du XVIII^e siècle firent faire de notables progrès aux diverses parties de la Physique qui touchaient la Météorologie.

La notion du transport général de l'air, et avec lui des accidents météorologiques, avait déjà pris assez de consistance pour que Lavoisier s'unit à Borda afin d'organiser à la surface de la France un réseau d'observateurs chargés de suivre la marche progressive des orages et des tempêtes sur notre pays.

La tourmente révolutionnaire détourna les esprits de ces études. Mais, pendant notre siècle, la navigation et le commerce maritime prenant chaque jour plus d'extension, on commença à se préoccuper de la durée des traversées et des moyens de la diminuer.

Un savant marin des États-Unis, devenu depuis directeur de l'Observatoire naval de Washington, Maury, pensa que l'étude des vents sur

les divers points de l'Océan permettrait de tracer sur les cartes marines les routes offrant le plus de chances favorables à une navigation rapide et d'abrèger ainsi la durée des traversées. Maury était du reste convaincu qu'une harmonie parfaite règle tous les phénomènes naturels, et que des lois simples président aux effets les plus complexes.

« Le but des recherches météorologiques (*Sailing directions*, traduction de M. Ch. Ploix), dit-il, n'est pas seulement d'expliquer la production des phénomènes atmosphériques, mais de les prévoir et, par conséquent, de déterminer les lois générales des mouvements de l'atmosphère et des variations qui surviennent dans ses principaux caractères. Comme tous les phénomènes naturels, ceux-ci ne se produisent évidemment qu'en vertu de lois immuables, et toujours de la même manière dans les mêmes circonstances. Ces circonstances sont-elles assez nombreuses, assez variables dans leur intensité et leur combinaison pour qu'il soit impossible de découvrir, dans la marche des événements qui en dépendent, aucune régularité? Nous ne le pensons pas. »

Armé de cette conviction, Maury se mit à dépouiller tous les journaux de bord qu'il put recueillir pour la traversée d'Europe en Australie, et il démontra qu'il y avait tout intérêt à faire le voyage d'aller en doublant le cap de Bonne-Espérance, tandis qu'on devait revenir par le cap Horn. Ce résultat aussi nouveau qu'inattendu devait frapper les marins qui fréquentaient ces parages : quelques-uns essayèrent de suivre la nouvelle route ouverte, et la durée de leur traversée fut diminuée presque de moitié.

Les avantages immenses qui devaient résulter, pour le commerce, d'études s'annonçant par un premier résultat si important engagèrent les puissances maritimes de l'Europe à se réunir dans une conférence internationale provoquée par Maury, et où l'on devait décider de la meilleure direction à donner aux observations à la mer en même temps qu'on les rendrait autant que possible uniformes, de manière à les faire concourir à un même but. Cette conférence fut tenue à Bruxelles en 1852. Elle eut pour résultat immédiat la création (*) en Angleterre, en

(*) A la suite de la conférence de Bruxelles, un Rapport sur les travaux exécutés fut soumis au gouvernement anglais, qui vota une somme annuelle de 80 000 francs, à laquelle l'Amirauté ajouta 25 000 francs pour la formation d'un Bureau spécial annexé au *Board of trade*;

Hollande, en Prusse, en Russie et en Autriche, des observatoires météorologiques centraux destinés à centraliser les observations faites, soit sur la mer, soit sur les continents. Peu d'années après, Maury publiait ses instructions nautiques et une théorie de mouvements généraux de l'air et des mers sur tout le globe.

La cause de cette circulation est, suivant Maury, l'inégale distribution de la chaleur solaire aux différents points du globe. Tout échauffement d'un lieu y produit un courant ascendant de l'air qui afflue des parties voisines pour remplir le vide; tout refroidissement produit l'effet inverse. Le nombre des courants doit donc être et est illimité, puisque toute cause, si minime qu'elle soit, telle que la présence d'un nuage sur l'horizon, donne naissance à des courants locaux. Mais un fait général domine les autres : l'équateur est la zone la plus fortement échauffée par le soleil; il est aussi le siège d'un courant ascendant d'air. Parvenu à une grande hauteur dans l'atmosphère, cet air se déverse vers les pôles en deux nappes destinées à remplacer le gaz qui, à la surface de la terre, afflue de part et d'autre vers l'équateur. A une certaine distance le courant supérieur, s'abaissant graduellement vers la terre, finit par la rencontrer; la ligne suivant laquelle il y descend est dans le voisinage des tropiques; c'est la ligne des calmes du tropique, ou brisés variables, ainsi expliquées par Maury. Au delà de ces régions, le courant supérieur abaissé à la surface continue sa route vers le pôle, d'où il revient en luttant souvent contre l'air parti de l'équateur, ou bien d'autres fois à l'état de courant supérieur (au moins sur les océans). Tel est le système général de la circulation atmosphé-

ce Bureau, tout à fait distinct, reçut le nom de *Winds and Currents bureau*. La direction en fut confiée à l'amiral Fitz-Roy. A sa mort, en 1865, M. Babington lui succéda.

En 1854 fut fondé en Hollande l'Institut météorologique d'Utrecht, sous la direction de M. Buys-Ballot. Cet établissement s'est rendu célèbre par de nombreux travaux, qui y furent exécutés par MM. Janssen, Vangough et Andrau.

M. Dove fut chargé, en Prusse, de diriger un établissement du même genre.

L'Autriche confia à M. Jelineck la *Central-Anstalt für die Meteorologie*, fondé aussi pour étudier surtout le climat de l'Europe centrale.

Enfin M. Kupffer, mort il y a peu de temps, fut le premier directeur d'un Observatoire physique central fondé à Pétersbourg et ayant un grand nombre de succursales importantes dans la Russie d'Europe et la Sibérie. M. Kaemtz, si connu par ses travaux de Météorologie, et ancien directeur de l'Observatoire physique de Dorpat, lui a succédé.

rique exposé par Maury ; le foyer de cette immense machine est l'équateur et l'agent actif est la chaleur solaire.

Il montre les mers soumises à la même influence de température et circulant à peu près parallèlement à l'air, autant du moins que le permet la forme des continents.

Maury fait voir aussi comment les alizés ne peuvent pas être dirigés du N. au S., mais s'inclinent vers l'O. ; pourquoi les courants de retour, au lieu d'aller du S. au N., s'inclinent de plus en plus vers l'E. à mesure qu'ils s'approchent des pôles. Son explication, basée sur le mouvement de rotation du sphéroïde terrestre autour de son axe, apprend pourquoi, au N. des calmes équatoriaux, on observe les alizés de N.-E., et au S., ceux de S.-E. ; puis les calmes des tropiques ; enfin en dehors des tropiques des vents des régions O.

Les moussons de la mer des Indes, du voisinage de la côte d'Afrique et de celle du Pérou sont des conséquences de l'inégal échauffement de la mer et de la terre aux différentes époques de l'année.

M. Dove, directeur de l'Observatoire physique central de Prusse, poursuivant dans leurs conséquences les idées de Maury, chercha à en déduire une loi de rotation des vents. Pour lui, il n'y a en réalité que deux vents : les vents du N. et ceux du S. ; ce sont les correspondants des courants polaires et équatoriaux ; les autres vents ne sont que des modifications de ces deux directions principales. A mesure qu'une molécule d'air se dirigeant du pôle vers l'équateur s'avance vers le S., elle paraît de plus en plus venir de l'E. ; un vent d'E. peut donc être le résultat d'un déplacement de l'air du N. vers le S., dans le cas où l'origine du mouvement est très-éloignée ; l'est-elle moins, le vent sera du N.-E. Un courant équatorial s'incline de plus en plus vers l'E. à mesure qu'il s'approche du pôle ; la direction du vent auquel il donne naissance varie donc du S. au S.-O., et à l'O. lorsque l'origine du mouvement est de plus en plus éloignée. La combinaison de ces courants donne lieu aux autres vents. Or, de quelque manière qu'ils se succèdent, le vent tourne dans le sens direct, c'est-à-dire dans le même sens que les aiguilles d'une montre. Cette loi reçut le nom de *loi de giration* (*Drehungs-Gesetz*). L'auteur montre comment il faut la modifier pour un point situé dans l'hémisphère austral, où la girouette doit tourner dans le sens inverse.

La loi de Dove, exigeant l'admission de la lutte constante entre les courants polaires et les courants équatoriaux à notre latitude pour expliquer la variabilité des vents, ne pouvait satisfaire complètement aux faits, et en tout cas elle n'indiquait pas la manière dont s'opérait la succession des courants.

La théorie de Maury a donné lieu à de graves objections, particulièrement en ce qui touche l'entre-croisement des alizés et des contre-alizés dans les zones équatoriales et tropicales. Ces objections sont très-fondées; mais M. Bourgois, d'une part, et, de l'autre, M. Marié-Davy, ont montré que la théorie de Maury peut être dégagée des erreurs qu'elle renferme et rester vraie dans ses bases essentielles. La théorie de Maury sur le transport général de l'atmosphère dans la zone tempérée et dans la zone arctique était déjà vérifiée par la progression connue de certains phénomènes, tels que les cyclones et les coups de vent.

M. Quételet, directeur de l'Observatoire de Bruxelles, entreprit, par une méthode nouvelle, l'étude de ce mouvement pour l'Europe et le continent asiatique. Il remarqua que la pression barométrique ne passait pas par son maximum en même temps en tous les points d'une vaste région, mais que tous ceux où le maximum se produisait au même instant se trouvaient sur des lignes continues se déplaçant régulièrement dans une direction déterminée. La même chose ayant lieu pour le minimum barométrique, on peut tracer à la surface de la terre les lignes de maxima barométriques simultanées et de même les lignes de minima. L'espace compris entre deux lignes de maxima successives est ce que l'auteur appelle une onde atmosphérique. Dans un mémoire publié en 1857, il donne les résultats de son étude et l'appuie sur plusieurs cartes.

« 1° L'atmosphère est généralement traversée par plusieurs systèmes d'ondes différents. Ces ondes interfèrent et produisent pour chaque lieu de la terre un état spécial de pression.

» 2° Au milieu de tous les mouvements particuliers, il se prononce un système d'ondes qui semble rester à peu près constant pour chaque climat.

» 3° Les ondes atmosphériques, tant en Europe qu'en Asie, se propagent du N. au S., sans avoir toutefois la même vitesse; elles mar-

chent plus rapidement dans le système asiatique et dans le système de l'Europe centrale qu'en Russie ou dans les montagnes de l'Oural.

» 4° Les ondes atmosphériques semblent se propager avec moins d'obstacles à la surface des mers qu'à l'intérieur des terres. En général les aspérités du globe, et particulièrement les chaînes de montagnes, diminuent leur vitesse et modifient aussi leur intensité.

» 5° L'inégalité de vitesse sur le continent, d'une part, et dans le voisinage de la mer, d'autre part, explique les inflexions qu'éprouve dans toute son étendue la ligne qui figure la marche générale de l'onde dans notre hémisphère. Cette ligne se replie de manière à être poussée en avant dans le sens de la plus grande vitesse ; ainsi, l'onde pénètre presque en même temps sur le continent européen par les différentes côtes de la mer du Nord, de l'Océan et de la Méditerranée ; d'une autre part elle vient aboutir presque en même temps le long de la chaîne de l'Oural et des Alpes Tyroliennes.

» 6° La vitesse avec laquelle les ondes barométriques se propagent est très-variable ; elle peut être estimée moyennement de 6 à 10 lieues de France par heure ; elle est un peu plus grande dans l'Europe centrale et moindre en Russie. Au reste, cette vitesse varie d'un onde à l'autre ; elle varie même pour les différentes parties d'une même onde. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, elle est plus grande vers les côtes et dans tous les endroits où la propagation du mouvement paraît plus libre. Au contraire, dans le voisinage des montagnes et des plateaux, cette vitesse diminue notablement ; dans l'Oural, elle se réduit parfois à moins de 2 lieues par heure.

» 7° Les directions des vents n'ont pas de rapports apparents avec les directions des ondes barométriques. Ce fait important semble favorable à l'hypothèse de courants compensateurs marchant dans le bas de l'atmosphère et dans des directions opposées à celles des courants qui vont des pôles vers l'équateur. Remarquons, du reste, que l'air peut aussi se condenser par des pressions latérales sans qu'il y ait des affluents d'air nouveau, et par suite des vents sensibles dans la direction de ces pressions. Au contraire, les vents dominants peuvent fort bien subsister sans altération pendant que les masses d'air qu'ils déplacent changent sensiblement de densité !

» Il doit en être de certaines ondes barométriques comme des ondes

sonores, qui se transmettent dans toutes les directions malgré l'obstacle des vents, lesquels peuvent, à la vérité, en modifier l'intensité et la vitesse. »

L'étude faite à l'Observatoire, en 1854, sur la grande tempête, dite de Balaklava, a été entreprise en partant des mêmes idées.

M. Quételet avait ainsi trouvé les courants de retour de l'air des pôles vers l'équateur; les irrégularités qu'il remarque tiennent à ce qu'il néglige complètement une condition très-importante, la densité plus ou moins grande de l'air en tous les points d'une même ligne maxima ou minima, et à ce qu'il ne voit pas les relations possibles entre la direction du vent et celle du courant général. Nous verrons plus loin comment on peut aujourd'hui interpréter ses résultats avec la plus grande simplicité.

La Météorologie étant ainsi lancée dans sa véritable voie par les travaux des modernes, on chercha à l'appliquer à la prévision des tempêtes. De semblables essais avaient été faits depuis longtemps; on avait même fondé sur le retour plus ou moins régulier des phénomènes observés en un lieu des prédictions du temps faites de longues années d'avance. Aucun principe certain n'ayant présidé à ces travaux, destinés le plus souvent à spéculer sur la curiosité publique, aucun résultat sérieux n'en était sorti.

A la fin du siècle dernier, le transport des météores, tels que les orages, les ouragans, etc., d'un lieu dans un autre, avait été reconnu ou du moins deviné suffisamment pour qu'on crût pouvoir se servir du télégraphe à signaux, nouvellement imaginé, pour annoncer l'arrivée des mauvais temps. Lavoisier avait déjà établi sur la France un grand nombre d'observatoires météorologiques munis des instruments nécessaires à l'observation des accidents atmosphériques. Malheureusement la mort arrêta ses travaux.

Cette idée, reprise par Piddington et par les Américains, fut remise à l'ordre du jour en France par M. le directeur de l'Observatoire; mais c'est en Angleterre qu'elle entra pour la première fois dans la pratique. En 1861 l'amiral Fitz-Roy entreprit de signaler les coups de vent un jour ou deux à l'avance. Son idée mère était que le courant équatorial, dans lequel nous sommes pendant la plus grande partie de l'année, éprouve des résistances variables de la part des courants polaires luttant

contre lui. La rencontre des deux courants de sens inverse engendre des tourbillons ou remous plus ou moins rapides suivant la vitesse et l'intensité des courants.

L'air arrivant de l'océan Atlantique sur les Iles-Britanniques ou une terre quelconque entrecoupée de chaînes de montagnes, des remous prennent naissance sous l'influence de ces obstacles, et il en résulte des tourbillons locaux, dont M. Fitz-Roy figure l'étendue et l'origine sur l'une des cartes de son *Weather-Book*.

Plusieurs causes amènent des coups de vent ; ce sont des refroidissements ou des échauffements subits en certains points.

Enfin il était connu depuis plusieurs années déjà que les tempêtes des tropiques, tornados, trombes, cyclones, harmattan, etc., ont un caractère commun de tourbillons parcourant souvent de grands espaces avant de perdre leur violence. Reid, Redfield et Piddington avaient déjà suivi plusieurs de ces météores à la surface de l'océan Atlantique et de l'océan Pacifique ; ils avaient tracé sur des cartes les trajectoires des centres des tourbillons et la zone de plus en plus large sur laquelle ils exerçaient leur action. On savait que, sur l'Atlantique, on les voit d'abord près de la zone des calmes, dont ils s'éloignent lentement en se dirigeant vers l'O. pour suivre une trajectoire parabolique ayant son sommet près du golfe du Mexique. Quand ils parviennent dans la région des courants de retour, ils sont entraînés vers le N.-E., leur trajectoire s'incline de plus en plus vers l'E., et on les suit plus ou moins loin suivant l'intensité du mouvement initial et les circonstances atmosphériques plus ou moins favorables à l'entretien du mouvement rotatoire. Plusieurs de ces météores ont pu être suivis à travers l'Europe jusqu'à la Russie et la mer Caspienne.

La théorie des tourbillons a occupé un grand nombre de météorologistes ; presque tous ont apporté leur pierre à cet important travail. Redfield avait déjà expliqué pourquoi le baromètre atteint sa hauteur minima en un point central ; il attribuait cette dépression à la force centrifuge, qui, dans les mouvements rotatoires, se développe d'autant plus que le mouvement est plus rapide. Le lieutenant-colonel W. Reid, dans un ouvrage intitulé : *The progress of the law of the storms, etc.* (1 vol. in-8 publié à Londres en 1849), appuie par de nombreux exemples la théorie de Redfield.

M. Keller, dans un ouvrage sur la théorie des tempêtes tournantes, explique leur formation de la manière suivante :

« Les ouragans prennent naissance à la rencontre des moussons opposées dirigées vers le maximum thermal. Les vents variables qu'on observe au maximum thermal résultent du mouvement giratoire inverse imprimé par les courants N. et S. aspirés par le mouvement ascendant de l'air. Le lieu d'ascension de l'air se déplace avec la déclinaison du soleil. Quand le déplacement s'opère sans entraves, le mouvement giratoire imprimé à l'air de la région des calmes est représenté par des vents variables de faible intensité; mais si, par suite de l'inégale distribution des terres et des mers, ou par d'autres causes, le point d'appel des moussons opposées persiste dans une certaine position au delà du temps assigné par le déplacement du soleil, plus cette persistance sera longue, plus le changement de position sera brusque et considérable quand les forces régulières l'emporteront sur les forces perturbatrices; et, la détente des forces régulières n'ayant pu s'opérer progressivement par le mouvement giratoire de faible intensité des vents variables, cette détente s'opérera brusquement, la masse d'air retardée se précipitera avec impétuosité vers son nouveau point d'appel, et le couple résultant de la déviation des moussons opposées fera tourbillonner avec furie la masse d'air intermédiaire.

» Au N. de l'équateur, chaque tranche atmosphérique sera donc mise en mouvement par un couple de deux forces, dont l'une, au S., est dirigée vers le N.-E.; l'autre, au N., est dirigée vers le S.-O. Il en résulte un mouvement de rotation dans le sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre; ce sera l'inverse dans l'hémisphère S. »

Le même auteur attribue le mouvement de translation à ce que le tourbillon est entraîné par les courants généraux. La résultante de la poussée exercée sur lui par les alizés de S.-E. et par ceux de N.-E. l'entraînerait vers l'O. jusqu'à la limite septentrionale des alizés de N.-E.; au delà de cette région les courants de S.-O. le poussent vers nos parages.

Le circuit complet du vent autour d'un centre qui se déplace est facile à constater dans les régions équatoriales quand les observations sont assez nombreuses. Le mouvement de translation du météore est faible comparativement à son mouvement de rotation. Dans nos climats

il n'en est pas toujours ainsi. M. Andrau, de la marine hollandaise, a reconnu, en effet, en suivant les tourbillons de l'Atlantique N. depuis leur formation, que, lorsqu'ils dépassent les régions tropicales, leur caractère rotatoire devient de plus en plus difficile à reconnaître. On voit plus longtemps se conserver la partie qui regarde l'équateur, et elle se restreint successivement aux portions les plus méridionales, jusqu'à la disparition complète de l'ouragan. Il a donné dans un mémoire (*De Wet der Stormen, etc.*), publié en 1862, une explication ingénieuse de ce fait curieux. Le tourbillon peut être considéré comme un disque animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe à peu près vertical à son origine. La rapidité du mouvement de rotation maintient l'axe parallèle à lui-même, en sorte qu'il s'incline par rapport à la surface de la terre à mesure qu'il s'éloigne de la zone torride. Si donc le cyclone s'est formé à l'équateur, son axe sera, dans tout son parcours, à peu près perpendiculaire à l'axe de la terre. Il en résulte que la partie septentrionale du disque s'élève au-dessus de la surface de la terre, où, par suite, son action est insensible; la partie méridionale seule rencontre la terre et y donne de grands vents. M. Andrau conclut de là que les violentes tempêtes de nos climats proviennent de cyclones dont une partie n'exerce son action que dans les hautes régions de l'atmosphère. Il explique à l'aide de la même théorie la rareté des vents forts d'E. et la rotation du vent de S.-O. à N.-O. pendant la plupart de nos tempêtes.

L'extension considérable que continuait à prendre l'étude des océans, grâce surtout aux travaux des Américains et des Hollandais, et l'étude des continents par le savant prussien Dove, montrèrent qu'en dehors des zones tropicales et équatoriales on trouvait des parages fréquentés de préférence par les tempêtes, et que généralement elles y étaient accompagnées de variations considérables du baromètre. Le cap Horn, le cap de Bonne-Espérance ou cap des Tempêtes, les parages occidentaux de l'océan Atlantique N. sont sous ce point de vue connus depuis longtemps des marins. M. Andrau a discuté tous les documents qu'il a pu recueillir relativement aux tempêtes du cap de Bonne-Espérance, et il a dressé des cartes permettant de suivre ces météores. Il a étudié leurs caractères et leur mouvement de translation de l'O. vers l'E. Il les ramène à deux types principaux. Tantôt ils se présenteraient en

forme ovale allongée avec une pointe vers l'E., tantôt ils seraient à peu près circulaires, mais présentant toujours une pointe vers l'E., c'est-à-dire du côté vers lequel s'opère la translation. La zone tempétueuse est parfaitement limitée ; c'est à son centre que le vent est le plus violent, et il diminue de force à mesure qu'on s'éloigne de ce point.

Dans plusieurs tempêtes, la diminution était assez rapide pour que, leur centre passant près de la côte, cette dernière ne ressentit que des brises peu intenses. Ce ne sont pas, dit l'auteur, des ouragans rotatoires comme ceux de l'océan Indien ou des Antilles ; le vent s'éloignant, dans la partie postérieure du météore, d'une ligne médiane, converge de nouveau vers cette ligne à la partie antérieure. La ligne médiane, qui est aussi la trajectoire du centre de la tempête, est appelée par les Hollandais l'axe de la tempête.

La trajectoire du centre occupe des positions différentes ; son éloignement de la côte d'Afrique est probablement en relation avec les saisons, mais elle est toujours contenue entre certaines limites ; les caractères de la tempête restent les mêmes et sa vitesse de translation reste à peu près constante.

M. Andrau voit la cause de ces phénomènes dans le conflit de deux courants d'air superposés ; celui de N.-O., qui vient de l'équateur dans les régions supérieures de l'atmosphère, rencontre en s'abaissant sur la terre l'alizé de S.-E. Il résulterait de leur lutte un tourbillon à axe presque horizontal, ce qui établirait une différence entre les tempêtes du cap et les cyclones.

Un marin français, M. Bridet, qui a soigneusement étudié la météorologie de ces régions (*), voit dans les ouragans du cap la continuation des tempêtes de l'océan Indien entraînées par les courants atmosphériques généraux jusqu'à cette latitude.

L'examen rapide des travaux exécutés sur les tempêtes montre donc qu'on en reconnaissait de deux sortes : 1^o celles qu'on désigne plus vulgairement sous le nom de *coups de vent* ou de *tempêtes* : leur caractère est d'être accompagnées d'un mouvement de l'air dans une direction à peu près constante ; 2^o celles qu'on désigne sous le nom de

(*) *Tempêtes de l'océan Indien.*

tourbillons, et dans lesquelles l'air tourne autour d'un axe vertical ou d'un axe incliné même jusqu'à être presque parallèle à la surface terrestre.

Les tempêtes tournantes s'observent surtout dans l'océan Atlantique N., l'océan Indien et les mers de la Chine; quelques-uns de ces météores sont entraînés jusque dans les régions tempérées; leur vitesse de translation augmente alors en même temps que leur vitesse de rotation diminue.

Mais, en général, les coups de vent des zones extérieures aux tropiques sont dus à d'autres causes qu'à une rotation. Les tempêtes, beaucoup plus fréquentes que dans les zones tropicales, paraissent prendre naissance dans les régions où les courants océaniques de températures très-différentes se rencontrent, comme cela arrive au cap Horn, au cap de Bonne-Espérance et le long du Gulf-Stream, courant chaud de l'Atlantique N.

Rien de général n'existe donc relativement à la théorie des tempêtes. Dans un livre publié en 1863 par M. Charles Ploix, ingénieur-hydrographe de la marine (*), et où l'auteur donne le résumé des travaux les plus récents relativement à cette question, nous trouvons : « Dans les zones tempérées, désignées quelquefois sous le nom de *zones des vents variables*, les tempêtes sont généralement de simples coups de vent, c'est-à-dire que la brise souffle à peu près de la même direction.

» Dans les zones tropicales, les coups de vent soufflent presque toujours de la partie de l'O.; cependant, dans l'Atlantique N., où la circulation atmosphérique est moins régulière à cause des grandes surfaces continentales, on observe un certain nombre de coups de vent d'E.

» Ces coups de vent des régions tempérées sont le résultat de la lutte des courants polaires et des courants équatoriaux. Un baromètre très-haut ou très-bas, relativement à sa moyenne hauteur dans le lieu où l'on se trouve, est généralement l'indice précurseur d'une perturbation

(*) *Vents et courants. Routes générales.* Extrait des *Sailing directions* de Maury et des travaux les plus récents, par M. Charles Ploix, ingénieur-hydrographe de la marine, publié sous le ministère de S. Exc. le comte de Chasseloup-Laubat, Sénateur, Ministre secrétaire d'État de la Marine et des Colonies. (Voir p. 88 et 89.)

atmosphérique. La baisse du baromètre indique que l'air a été entraîné vers les régions supérieures ou de tout autre côté, de manière qu'il s'est produit un vide relatif. Lorsque les masses d'air des zones voisines afflueront pour remplir ce vide, elles afflueront avec d'autant plus de force que la différence de pression sera plus grande. La hausse du baromètre peut indiquer que des courants d'air opposés viennent se heurter l'un contre l'autre, accumulant au même point des masses d'air considérables ; il arrivera un moment où l'un des deux courants se détournera pour laisser à l'autre le champ libre ; celui-ci sévira avec d'autant plus de violence qu'il aura été retardé plus longtemps.

» Dans les régions dont nous parlons, on peut dire que tous les coups de vent, d'une manière générale, sont précédés ou accompagnés d'indications barométriques extraordinaires. Et cela est vrai de l'hémisphère S comme de l'hémisphère N. Cependant un certain nombre de marins affirment que dans quelques parages, au cap Horn, par exemple, le baromètre ne peut servir à prévoir le temps, et qu'il ne faut compter en aucune façon sur ses indications. D'autres, au contraire, croient avoir remarqué que là, comme dans les autres zones, les mouvements barométriques annoncent les mêmes phénomènes. »

C'est alors que fut créé le service météorologique international dont le centre est à l'Observatoire de Paris. La construction des cartes synoptiques de l'état atmosphérique de l'Europe, pour tous les jours de l'année, à 8 heures du matin, permit à M. Marié-Davy, chargé par M. le Directeur de l'Observatoire impérial d'organiser la partie scientifique de ce service, de découvrir une loi générale de toutes les bourrasques. Il vit que, dans les zones tempérées comme près de l'équateur, elles ont toujours le même caractère de tempêtes rotatoires ; que toujours une dépression barométrique ayant un minimum central coexiste avec le météore ; que la translation des centres se fait sur notre continent avec une vitesse uniforme et suivant des routes à peu près constantes, variables seulement avec les saisons. Le même savant a reconnu que presque toujours les tempêtes ou bourrasques arrivent toutes formées sur nos côtes, et qu'elles les abordent, suivant les cas, à des latitudes différentes.

Des relations simples entre le passage des bourrasques dans notre voisinage, la hauteur du baromètre, la direction et la force du vent, l'état

du ciel et celui de la mer sur les côtes, ressortirent de ces études. Il devenait alors très-intéressant d'étendre à la surface de tout l'Atlantique N. le réseau météorologique établi sur l'Europe. Un service spécial fut créé à l'Observatoire de Paris pour étudier les bourrasques à la surface de l'Océan. Le concours empressé de la marine française et de plusieurs marines étrangères permettra de mener à bonne fin cette vaste entreprise. Les cartes synoptiques journalières pour une partie de l'année 1864 ont déjà pu être prolongées à l'O. jusqu'au Mexique, au N. jusqu'au cap Nord-Kyn, et au S. jusqu'à l'équateur.

Leur étude vérifia les vues de M. Marié-Davy; les bourrasques européennes se rattachent toutes à des mouvements tournants, et l'on peut les suivre toutes comme à la piste en examinant la série des cartes dressées sous sa direction à l'Observatoire impérial. Suivant les époques de l'année, elles se forment sur le bord septentrional du Gulf-Stream en des points variables de l'Océan, et elles sont entraînées vers le N., puis vers l'E. Toutes cependant ne prennent pas naissance dans ces parages. A certaines époques, et particulièrement dans la saison chaude, on en voit naître un peu au N. de la ligne des calmes du tropique N. et dans les parages des Açores près de la région où l'alizé du N.-E. remonte le plus haut vers le N. et atteint sa plus grande intensité.

Il ne se passe pas de jour sans qu'un mouvement tournant et souvent même plusieurs voyagent sur l'immense région soumise à ce nouveau genre d'études; généralement ils traversent l'Europe simultanément à diverses latitudes; les premiers, par exemple, visitant les côtes septentrionales de la Norvège et la Laponie, se dirigent vers l'Oural, pendant que les seconds passeront sur la France, l'Autriche et la vallée du Danube, ou, côtoyant le Portugal et le S. de l'Espagne, exercent leur action sur les côtes d'Afrique.

Entre ces trajectoires des mouvements tournants, remarquables par le mauvais temps, la force et la variation du vent, les fortes oscillations du baromètre, on voit des zones où l'air reste calme, ou agité seulement par de faibles brises, et où le beau temps règne presque sans interruption.

Les trajectoires des bourrasques s'abaissent-elles un peu vers le S. ou remontent-elles vers le N., les régions exposées précédemment aux

mauvais temps rentrent dans le calme, et les autres prennent leur place. Ce fait simple, mais d'une importance capitale à cause de ses conséquences, a permis d'assigner une cause générale aux variations brusques de nos climats, bien que les courants généraux y aient toujours la direction indiquée par Maury; elles peuvent être en effet le résultat de variations faibles en latitude des trajectoires des mouvements tournants.

Ces derniers, floteurs entraînés par les mouvements généraux, nous éclairent sur leur vraie direction. Ils ont montré à M. Marié-Davy qu'une circulation double existe à la surface de la terre; une première, verticale dans la zone chaude, consiste dans l'appel vers l'équateur de l'air des régions voisines, et dans son déversement vers les pôles par les régions supérieures de l'atmosphère; au delà d'une certaine latitude, ces courants supérieurs rencontrent la surface de la terre; ils circulent horizontalement à l'état de courants équatoriaux dans certaines régions, et, inclinant de plus en plus vers l'E., forment en d'autres pays des courants de retour ou polaires. Les déplacements de l'équateur thermique et les différences d'échauffement des continents et des mers aux diverses époques de l'année expliquent les variations observées dans cette double circulation. Enfin, M. Marié-Davy assigne aux bourrasques une cause unique, une condensation brusque produite dans un courant humide et chaud par sa rencontre avec un courant plus froid ou son passage sur des régions refroidies. Le mouvement de rotation de la terre donne naissance, comme on le conçoit aisément, à une différence de grandeur dans les vitesses de deux masses d'air venant du N. et du S. pour remplir le vide, et un mouvement tournant analogue aux tourbillons de nos rivières est la conséquence de ces deux faits. Il est ensuite entraîné par le courant général, et la combinaison des deux vitesses de translation et de rotation explique la présence des vents forts d'un seul côté du tourbillon, pendant qu'un calme relatif règne vers le centre et que de l'autre côté le vent est faible, nul, ou même de sens inverse à la rotation, si ce dernier mouvement est assez faible par rapport à la translation.

Or, à mesure que le tourbillon s'avance, il tend à entraîner l'air environnant, et, par suite, son cercle d'action augmente à mesure qu'il s'éloigne de son origine; la conséquence en est que la vitesse angulaire

de rotation diminue et que le tourbillon ne montre plus qu'une de ses moitiés.

Mais qu'on tienne compte de la vitesse de translation, et qu'on construise en chaque point le parallélogramme des vitesses sur la vitesse de rotation en ce point et la vitesse de translation prise en sens inverse, on retrouve le tourbillon complet, comme il s'en présente quelquefois et comme cela arrive presque toujours près de l'équateur, où la vitesse de rotation est grande et celle de translation faible.

Je ne m'étendrai pas plus longuement sur les théories de M. Marié-Davy. Il les a exposées dans un livre qui vient de paraître (*). Je me contenterai d'énoncer sa dernière loi, relative à la relation entre les orages et l'état général de l'atmosphère. Il a fait voir que les orages sont dans une dépendance immédiate des mouvements tournants ; qu'ils se produisent toujours dans le bord dangereux de ces météores lorsqu'ils se présentent dans des circonstances convenables, dont la principale est relative à l'état hygrométrique de l'air. Les vues de M. Marié-Davy, appuyées sur de nombreux exemples, avaient une telle importance relativement à l'agriculture, qu'un réseau d'observateurs fut improvisé sous l'impulsion de S. Exc. le Ministre de l'Instruction publique, M. Duruy, pour observer à la surface de toute la France les orages suivant un mode spécial indiqué dans des instructions faites par M. Marié-Davy, et qu'un service spécial fut fondé, en 1865, à l'Observatoire impérial, pour centraliser ces documents et construire les cartes synoptiques des orages de la France. La relation indiquée précédemment ressortit depuis lors avec évidence de cet atlas des orages, aujourd'hui publié. M. Fron, chargé de sa construction, a reconnu en même temps plusieurs faits nouveaux et importants qu'il a développés dans un travail récent.

(*) *Les Mouvements de l'atmosphère et des mers, considérés au point de vue de la prévision du temps*, par H. MARIÉ-DAVY, docteur en médecine, docteur ès sciences, agrégé de l'Université, astronome, chef de la division de météorologie à l'Observatoire impérial de Paris. Grand in-8; 1866.

CHAPITRE I.

LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE. — TRAVAUX FAITS SUR CETTE RÉGION. —
SA DESCRIPTION GÉNÉRALE.

La région méditerranéenne étudiée dans ce travail a été depuis les Grecs le centre de la civilisation du monde. Elle est cependant loin d'être aussi bien connue que la plupart des autres mers. Un grand nombre de mémoires ou même de grands ouvrages ont été écrits sur ce sujet. Dans tous, les auteurs s'occupent de points particuliers de cette région pour un objet presque toujours spécial ; ils ne se sont surtout pas attachés à trouver les lois générales des faits qu'ils observaient et à en définir les causes.

Les écrits d'Aristote nous ont transmis les connaissances des Grecs sur les climats et surtout sur le leur. Ils avaient reconnu dans les vents qui règnent sur l'Archipel une certaine régularité. Ainsi, après le solstice d'été, le vent souffle pendant quelque temps de N., souvent avec beaucoup de force et de persistance. Puis le S. domine pendant longtemps, et ne cède que par intervalles la place au N. en hiver. Les vents de N. de l'été s'appelaient les *étésiens*, les autres de S., les *ornithies*.

Les rares documents qu'on trouve épars dans les œuvres des écrivains postérieurs n'ont généralement pas un caractère scientifique, et sont mélangés de beaucoup d'erreurs. Il faut venir jusqu'à ce siècle, époque du réveil de la Météorologie, pour trouver des observations suivies et des mémoires sérieux sur cette partie du monde.

Les côtes de la Provence et du Languedoc sont, avec l'Italie, les régions les mieux connues depuis les travaux de Toaldo, de Gasparin et de tant d'autres observateurs qui ont suivi leur exemple. Réunis et discutés avec une grande habileté, les documents qui en résultent ont donné naissance au *Tableau du climat de l'Italie* du Danois Schouw (*).

MM. Bérard, de Tesson, Lieusson, le premier officier de la marine française, les deux autres ingénieurs hydrographes de la marine, ont

(*) Publié à Copenhague, chez Gyldendal, en 1839.

mis à profit des missions dont les avait chargés le gouvernement pour ajouter à des reconnaissances des côtes de l'Algérie l'étude du climat de notre colonie.

Il suffira de rappeler les grands travaux de M. Aimé, membre de la Commission scientifique de l'Algérie, les mémoires pleins d'intérêt de MM. Renou, Paul Marès, Fournel, Fournet, etc., qui tous ont étudié cette contrée et l'ont parcourue dans plusieurs directions.

L'amiral Smyth, de la marine anglaise, a étudié complètement la géographie physique de la Méditerranée et les ressources qu'un voyageur doit attendre dans chacune de ses parties; plusieurs chapitres sont consacrés à la Météorologie.

Bœttger a publié un travail du même genre enrichi de tous les documents qu'il a rencontrés dans les œuvres de ses prédécesseurs.

M. le docteur Schnepf a fait paraître dernièrement un ouvrage fort curieux : *Climats de l'Afrique septentrionale, de l'Italie et du midi de la France* (1).

Enfin nous ne pouvons passer sous silence les noms de MM. de Pietra-Santa, Lubanski, Raulin, Viquesnel, le général Daumas, Francesco de Bosis, Giacinto Namias, Antonio Berti, Secchi, de la Marmora, Vaillant, Julius Barasch, Aucour, Robin, etc., à qui nous devons des séries d'observations ou des écrits sur des points spéciaux du même sujet.

Nous avons désiré seulement dans ce mémoire relier le système des vents sur la Méditerranée à la circulation générale, et montrer comment les mouvements de l'atmosphère, en apparence si complexes à la surface de cette mer intérieure, sont soumis à des règles fixes et peuvent se déduire des conditions climatiques des contrées voisines.

La Méditerranée ne se termine point pour le météorologiste aux rivages de la mer; nous désignons sous ce nom le bassin dont les bords sont les Alpes et les Karpathes au N.; les Pyrénées, les sierras espagnoles et les montagnes du Maroc à l'O.; l'Atlas et les monts de la Tunisie au S.; le Liban et les plateaux de l'Anatolie à l'E. La mer Noire, bien que séparée par les Balkans et l'Asie Mineure de la Méditerranée proprement dite, se rattache par les phénomènes qu'elle pré-

(1) Paris, chez Lainé, rue des Saints-Pères, 19, et chez Leclerc, rue de l'École-de-Médecine, 14.

sente au bassin que nous venons de circonscrire; sa partie septentrionale, resserrée entre le Caucase et les Karpathes, limitera pour nous au N.-E. le bassin méditerranéen.

Les bords du bassin, échancrés profondément en plusieurs points, y laissent un plus libre passage à l'air; c'est ce qu'on observe entre les Pyrénées et les Alpes, entre les Karpathes et le Caucase, les plateaux espagnols et les montagnes du Maroc, les montagnes tunisiennes et le Liban. Cette particularité nous servira à expliquer plusieurs faits remarquables depuis longtemps.

L'Europe, qui borne la Méditerranée au N., la zone des déserts de l'Asie et de l'Afrique qui la termine à l'E. et au S., le voisinage de l'océan Atlantique à l'O., achèvent de donner au climat dont nous voulons analyser les causes son cachet spécial.

On sait que les eaux de l'océan Atlantique sont animées vers le N. et l'E., à partir du golfe du Mexique, d'un mouvement qui se continue à une faible distance des côtes des États-Unis pour aborder l'Europe, où le courant célèbre sous le nom de Gulf-Stream répand ses eaux dans diverses directions. L'une de ses branches descend vers le S. en longeant les côtes du Portugal; une seconde, sous le nom de courant de Rennel, fait le tour du golfe de Gascogne, pour se mêler à une troisième qui pénètre entre l'Irlande et l'Angleterre; une dernière passant entre l'Islande, les Iles-Britanniques et la Norvège, parvient dans les régions glaciales. Les côtes occidentales de l'Europe sont donc toutes soumises à l'action de cet immense courant. Sa chaleur, qu'il n'a pas encore perdue, tempère les hivers de l'Europe occidentale.

Un courant atmosphérique l'accompagne et pénètre sur le continent, où il entraîne de grandes quantités de vapeur d'eau. Leur présence modère en été l'effet du soleil et diminue en hiver le rayonnement considérable qui rend cette saison si rigoureuse en Sibérie et sur les hauts plateaux de l'Asie.

Le courant aérien rencontre des montagnes généralement élevées qui, sans lui interdire complètement l'entrée du bassin méditerranéen, la rendent beaucoup moins facile et ne la permettent parfois que par les brèches dont nous avons parlé.

Le courant occidental règne presque sans partage sur le N.-O. de l'Europe; mais souvent, en été surtout, il cède la place à des vents

de N., entre les Açores et l'Espagne. Ces vents, dont la direction incline plus ou moins à l'E., ne sont que les alizés prolongés vers le N. Ils envahissent par intervalles le continent, et on les a vus souffler pendant d'assez longues périodes de la Baltique à l'Océan.

Les déserts de l'E. et du S. exercent une influence remarquable sur le déplacement de ces fleuves aériens, surtout dans le voisinage de la Méditerranée. Leur échauffement extrême en été produit un appel d'air considérable des régions voisines, et les courants d'O., après avoir pénétré sur l'Europe, s'infléchissent vers le S.-E. où les attirent les déserts de Gobi, de la Perse et de l'Arabie. Le Sahara attire de même vers lui, à travers le grand canal laissé entre l'Atlas et le Liban, l'air des contrées plus septentrionales, tandis que l'Atlas neutralise beaucoup ce grand mouvement.

L'alizé, dévié à sa partie septentrionale vers l'Afrique, y prend une direction N., puis N.-N.-O., et devient cette mousson de N.-O. si redoutée à cause des orages et des coups de vent qui l'accompagnent.

Entre ces influences si diverses, la Méditerranée ne présente au premier abord rien de bien saillant. La circulation semble des plus accidentées à sa surface, et les faits généraux conclus jusqu'alors de son examen sont peu nombreux.

Nous avons déjà cité les *vents étésiens* et les *ornithies*, entre Constantinople et l'Égypte. Le *siroco*, vent du S., remarquable surtout par l'action physiologique qu'il exerce sur l'homme et sur les animaux, souffle fréquemment pendant une partie de l'année sur la moitié méridionale du bassin. L'Algérie et la Tunisie sont surtout soumises à son action. Le *simoun* présente les mêmes caractères que le *siroco* ; seulement, soufflant sur des sables, il les soulève et les entraîne avec lui comme un brouillard épais qui arrête les rayons du soleil. Le *siroco* souffle aussi sur les côtes de l'Andalousie et du royaume de Murcie. Ces bandes de terre, protégées contre les vents de N. par des chaînes de montagnes parallèles à la côte, ont un climat saharien. On ressent dans les îles italiennes, sur l'Italie et même jusque sur les golfes de Gênes et du Lion des vents analogues. Mais, dans les localités où ces vents sont marins, ils arrivent chargés d'humidité, et, tout en gardant leur chaleur, ils modifient leur effet physiologique. Ils deviennent alors le *siroco* humide et débilitant d'Italie et de Corse.

Le *mistral*, vent d'entre N.-O. et N.-E. de la vallée du Rhône et des côtes du Languedoc et de la Provence, est connu depuis longtemps pour sa violence et sa sécheresse. Les bourrasques violentes de N. qu'on rencontre dans le voisinage des Baléares, les coups de vent de N.-O. des côtes d'Algérie et les vents de S.-E. et de S. qui font échouer en hiver tant de navires sur les plages sablonneuses du golfe du Lion, sont décrits par les marins qui ont fréquenté ces parages.

Indiquer le lien qui existe entre ces faits et les expliquer, tel est le but de ce mémoire. Pour y arriver, nous étudierons la circulation à la surface du bassin méditerranéen pendant l'année météorologique 1865, et nous la comparerons à la circulation générale de l'Europe pendant le même temps. La relation entre les directions des vents et les mouvements généraux de l'atmosphère ressortira, nous l'espérons, de cette étude.

CHAPITRE II.

INFLUENCE DU PASSAGE DES BOURRASQUES SUR LES ROSES DES VENTS.

Le passage fréquent de bourrasques tournantes sur l'Europe complique les mouvements partiels de l'air. Quelques considérations nous semblent nécessaires pour mieux interpréter les roses des vents et dé mêler ce qui, dans ces roses, est dû aux bourrasques, aux courants généraux ou à des circonstances locales.

Supposons qu'un tourbillon dans lequel l'air tourne, comme on l'observe toujours dans l'hémisphère boréal, d'un mouvement rétrograde, c'est-à-dire en sens inverse des aiguilles d'une montre, ait son centre de rotation au point O (*fig. 1*) (on sait que ce centre coïncide avec le centre d'une dépression barométrique dans laquelle le vent est à peu près tangent aux courbes d'égale pression). Soit B ce point, situé non loin du centre de la rotation; l'air y est animé d'un mouvement de rotation; sa vitesse est perpendiculaire au rayon OB. Un observateur placé en B verra donc la girouette indiquer un vent de S.-O. S'il occupe successivement diverses positions sur la droite BB' per-

les cordes parallèles à AA' et situées dans le demi-cercle AQA' . Ces angles seront d'autant plus ouverts que la corde sera plus voisine de AA' , et le vent des régions O y diminuera de durée. Les limites sont d'une part en Q et E , où le vent reste de l'E. ou de l'O., et la droite AA' sur laquelle le vent change brusquement de direction du S. au N.

Les choses ne se passent pas tout à fait de la sorte dans la nature; les tourbillons se transportent à peu près de l'O. vers l'E. à travers l'Europe. Il y a donc une vitesse de translation à combiner avec la vitesse due à la rotation en chaque point. Les effets de cette combinaison sont en partie connus, et les marins savent que, dans tout tourbillon qui se déplace, il y a une moitié où le vent est fort et pousse le navire vers la ligne que le centre du mauvais temps va parcourir, tandis que, dans l'autre moitié, les vents sont moins forts et éloignent le navire du centre de rotation. De là l'expression connue de demi-cercle dangereux, pour désigner la première moitié, et celle de demi-cercle maniable, pour distinguer l'autre.

La Mécanique nous apprend que, si un disque est animé à la fois d'un mouvement de rotation autour d'un axe et d'un mouvement de translation suivant une droite perpendiculaire à cet axe, chacun de ses points est animé à un instant quelconque de la même vitesse que si, à cet instant, et pendant un temps très-court, le disque tournait autour d'un point convenablement déterminé, qui ne sera plus le même pendant l'instant suivant, et que, pour cette raison, l'on appelle centre instantané de rotation.

La position de ce point et sa variation sont faciles à déterminer dans le cas présent. Menons le diamètre NS ; en tous les points de cette ligne situés au-dessous du centre O , les vitesses de translation et de rotation s'ajoutent; elles se retranchent dans l'autre partie de cette droite. Or, la vitesse due à la rotation est proportionnelle à la distance au centre. Il y aura donc un point de la ligne OQ , prolongée s'il est nécessaire au delà du point Q , où la vitesse de translation sera égale à la vitesse de rotation et de sens inverse. C'est ce point qui sera immobile pendant un instant. Pendant l'instant suivant, un autre point lui succède, et la seule condition qu'il doit remplir est d'être à la même distance du point O que le premier. La même condition devant être satisfaite, quelle que soit la position du disque tournant, le lieu des centres instantanés

successifs de rotation est une circonférence dont le centre est celui du disque tournant et le rayon déterminé par le rapport entre la vitesse de translation et la rapidité de la rotation.

Ce théorème peut s'énoncer encore de la manière suivante : si un disque tournant dans un plan est entraîné suivant une droite de ce plan, le mouvement de chaque point du disque est le même que si une circonférence concentrique au disque et fixée invariablement à lui, roulait sur une droite parallèle à la trajectoire du centre, et le centre instantané de rotation est à chaque instant le point de contact de la circonférence et de la droite.

Ce qu'on a dit dans le cas où le disque est immobile est donc encore vrai dans le cas où il a un double mouvement, si l'on rapporte tout au centre instantané de rotation, au lieu de le rapporter au centre de la rotation.

Un tourbillon gazeux peut, dans sa partie inférieure au moins, être assimilé à un disque tournant; la vitesse de rotation n'est pas, il est vrai, proportionnelle à la distance au centre de rotation; mais, quelle que soit la loi de sa variation, on pourra déterminer le centre instantané, et ce que nous avons dit relativement à sa détermination et au mouvement du disque s'applique à celui de l'air dans un tourbillon.

Par conséquent, en tous les points de la droite, lieu des positions successives des centres instantanés de rotation, le vent sera d'abord de S., puis il passera brusquement à N. pour conserver cette dernière direction. Dans tous les points situés au S. de cette droite, la rose des vents construite après le passage de la bourrasque donnerait des vents d'entre S.-S.-O. et N.-N.-O. par O., la rose étant d'autant moins ouverte que le point considéré est plus au S., et se réduisant à des vents d'O. au point le plus méridional, les vents d'entre S.-S.-E et N.-N.-E. par E. constitueraient au contraire la rose des vents pour tous les points situés au N. du lieu des centres instantanés. Ces derniers peuvent être dans le cercle d'action de la bourrasque ou à l'extérieur; ce qui précède n'en est pas moins vrai. Si la vitesse de rotation est grande et celle de translation faible, ce qui a lieu quand les cyclones sont dans la zone tropicale, les centres instantanés de rotation seront à une faible distance du centre de la rotation, A mesure que le cyclone avance dans sa course, il tend à entraîner dans son mouvement rotatoire l'air envi-

ronnant, d'où résulte un ralentissement dans sa rotation; en même temps sa vitesse de translation augmente. Ces deux causes agissent dans le même sens pour éloigner le centre instantané de rotation du centre du mouvement tournant.

Ce dernier est indiqué par le centre d'une dépression barométrique terminée par des lignes isobares concentriques plus ou moins circulaires. Près de l'Équateur, le vent a dans les bourrasques une vitesse à peu près égale tout autour du centre d'aspiration pour des points situés à la même distance de ce centre; le météore, à mesure qu'il progresse, élargit son cercle d'action, le demi-cercle dangereux, où les deux vitesses sont de même sens, se dessine de plus en plus, la vitesse du vent diminue dans le demi-cercle maniable, et elle est souvent nulle ou de même sens que dans le demi-cercle dangereux lorsque la bourrasque arrive dans nos parages. Il en résulte que, si les courbes d'égale pression ne venaient nous éclairer, nous aurions souvent une idée très-inexacte sur la position du centre de rotation.

D'après ce qui précède, lorsqu'une bourrasque passe sur une région, les roses des vents résultant de son passage diffèrent beaucoup, et nous devons les trouver semblables entre elles sur des zones parallèles à la trajectoire du centre.

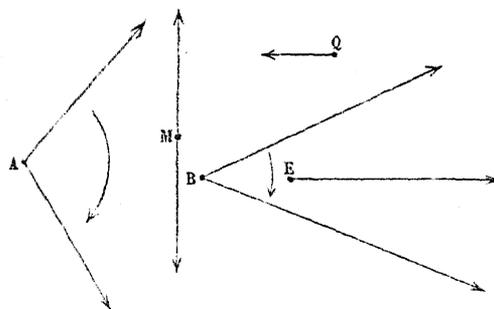
Les vents forts seront du sens de la translation; il y a cependant à cet égard une restriction à faire.

Un mouvement tournant de l'air au milieu d'une masse du même fluide non animée de ce mouvement rencontre des résistances sur sa limite extérieure. Elles tendent à ralentir la rotation, surtout dans les parties voisines de la circonférence. Il y a donc à une certaine distance du centre un cercle où la vitesse de l'air est maxima; soit $ABA'Q$ (*fig. 1*) ce cercle. Soit P le centre instantané de rotation à l'instant considéré, BB' la portion de la bourrasque qui passera au point B ; le vent aura d'abord sa vitesse maxima avec une direction de O.-S.-O.; puis des portions plus voisines du centre passeront au lieu B , et, en même temps que le vent tournera à O., sa force diminuera pour s'accroître de nouveau lorsqu'il tournera à O.-N.-O. En des points plus voisins de la droite AA' , le même effet se produira, mais plus marqué, et la rotation du vent sera plus considérable. On voit donc qu'il y aura deux maxima

distincts dans la force du vent, et que leurs directions font des angles égaux avec la droite suivant laquelle s'effectue le transport général.

Plusieurs conséquences curieuses résultent des discussions précédentes. Si une bourrasque entraînée par un courant d'O. passe sur une

Fig. 3.



région, le vent sera d'O. sur la zone méridionale, il variera de S.-O. à N.-O. par O. dans tout le demi-cercle méridional, il passera brusquement du S. au N. sur le lieu des centres instantanés de rotation; plus au N., il variera de S.-E. à N.-E. par E., et il sera d'E. sur la zone la plus septentrionale. Ainsi *un courant d'O. peut exister par tous les vents*, mais on voit immédiatement que les roses sont symétriques par rapport à la direction du courant, et que leurs extrêmes sont les vents à force maxima.

Une bourrasque passe-t-elle à peu près à la même latitude, suivant une même direction, le mélange des roses de vents dues aux deux passages ne changera que peu de chose dans les zones limites; il introduira un mélange de vents d'E. et de vents d'O. dans la zone médiane.

Si plusieurs bourrasques traversent une région dans le même sens à des latitudes notablement différentes, le mélange s'augmentera, mais la direction des vents forts éclairera toujours l'observateur sur le sens du mouvement général, et la proportion des vents très-faibles aux autres sera une bonne indication pour connaître le rapport du nombre des bourrasques passées au N. à celui des bourrasques passées au S.

CHAPITRE III.

LES VENTS SUR LE BASSIN MÉDITERRANÉEN PENDANT L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE 1865. — LEUR COMPARAISON AVEC LES MOUVEMENTS GÉNÉRAUX DE L'ATMOSPÈRE EN EUROPE.

Hiver. — L'hiver comprend les trois mois de décembre 1864, janvier et février 1865.

La carte ci-jointe (*Pl. II*) indique clairement la circulation que nous voulons expliquer. Une semblable a été dressée pour chaque saison au moyen de tous les documents que l'on a pu recueillir sur terre et sur mer. Les observations terrestres ont été réduites à la manière ordinaire; elles ont été faites à 8 heures du matin et à 4 heures du soir. En quelques villes, telles que Rome, Constantinople, Nice, Orléansville, etc., plusieurs observations ont été faites par jour; les moyennes calculées, en en tenant compte, diffèrent peu de celles que l'on déduit de deux observations faites le matin et le soir aux heures indiquées plus haut; nous nous en sommes tenu à ces deux indications journalières.

Les observations maritimes ont été extraites des registres tenus à bord de la marine impériale et des navires du commerce. Des observations faites à 8 heures du matin et à 4 heures du soir à bord de ces navires ont été pointées sur des cartes analogues à celles de Maury. Une carte correspondait à une saison.

Chaque rose de vents est représentée sur les cartes résumées ci-jointes (*Pl. II et III*) par plusieurs lignes droites émanant d'un même point, qui est le lieu vrai ou supposé d'observation. La direction des droites indique la direction du vent; elles sont tracées, suivant l'habitude des marins, sous le vent de la station; ainsi une droite dirigée du point central vers E. dénote un vent d'O. Enfin la longueur de ces droites est proportionnelle au nombre de fois qu'a soufflé le vent correspondant. La somme de leurs longueurs est constante, de manière que toutes soient comparables entre elles.

Les vents de toute intensité étant pointés sur quatre cartes, on en a pour ainsi dire extrait les vents assez forts et les vents forts de la manière suivante.

Pointant à part les observations de ces vents, on en a fait des roses ramenées à cent vents de toute intensité. Les quatre cartes de vents jointes à ce mémoire (*Pl. II et III*) correspondent à ceux de toute intensité. Nous nous contenterons d'énoncer les résultats donnés par les cartes des vents forts.

Ceci posé, jetons un coup d'œil sur la carte des vents de toute intensité pour l'hiver. On y remarque sur les côtes de France et d'Espagne, de Marseille à Alicante, une grande prédominance des vents d'entre N. et O., et en quelques points le N.-O. règne presque sans partage. On voit à peu près la même chose sur les côtes de l'Algérie, et le même régime atmosphérique se continue dans l'intérieur du pays sur les pentes septentrionales de l'Atlas. Notre station la plus méridionale, Laghouat, située sur la limite du désert, est soumise à des vents des mêmes directions, mais inclinant un peu plus vers l'O. Dans la province de Constantine et la Tunisie, ainsi que dans le canal de Malte, le N.-O. redevient dominant; il est remplacé par l'O. tournant vers le S.-O. à mesure que l'on approche de la Syrie et de l'Asie Mineure.

Continuant le tour du bassin, nous trouvons sur la mer Noire des vents dominants d'entre N. et E. Ils tournent à E. au sud des Karpathes dans la vallée du Danube et au N. à Constantinople, pour être variables, mais avec une tendance marquée vers S.-E., sur l'Archipel et la Grèce. L'E. domine dans les roses de l'Adriatique orientale et l'O. dans celle d'Ancône, sur la rive occidentale; mais si nous en dégageons les brises de terre et de mer, autrement dit, si nous nous bornons aux vents forts, l'E.-S.-E. domine à Lessina et l'E. à Trieste, tandis qu'une grande variabilité se remarque à Ancône.

L'E. domine dans la vallée du Pô; il tourne vers le N. à mesure qu'on s'avance vers l'O., et le N.-E. règne dans le golfe de Gènes, avec quelques alternances d'O. et de S.-O. Le même N.-E. se remarque dans la mer Tyrrhénienne et jusqu'au S.-O. de la Corse; le N. s'observe dans le voisinage des Baléares, et une région peu étendue de vents variables s'étend entre ces îles, la Corse et la Sardaigne.

L'air retourne vers le S. et l'O. en longeant la côte d'Espagne, et les vents, variables d'O. à E. par N. sur les côtes de Murcie et d'Andalousie, dominant de l'E. au détroit de Gibraltar, près de Tarifa. Cette prédominance n'existe que près des côtes d'Espagne; plus au S., le N.-O.

et l'O. reprennent leur empire, et le même phénomène se remarque au delà du détroit, comme le montrent une rose de Fernando et une rose maritime voisine.

La distribution des vents forts est très-analogue à celle des vents de toute intensité; fréquents sur les côtes du Portugal et du S. de l'Espagne, ils sont plus rares sur les côtes de la province d'Oran; du golfe du Lion à la province de Constantine ils apparaissent en grand nombre des régions N.-O. inclinant vers l'O. et S.-O. dans le voisinage de l'Algérie; moins nombreux sur l'Italie centrale et le royaume de Naples, ils reprennent leur fréquence aux approches de la Dalmatie et de l'Illyrie; à Lessina ils sont surtout de S.-E.; à Trieste, près de la vallée du Pô, ils sont presque uniquement de l'E. Les vents forts observés à Livourne et dans le golfe de Gênes sont de directions variables; l'O. domine, puis le S.-O., en dernier lieu le N.-E. Rome subit le plus souvent des vents forts des régions N, et, parmi les vents forts de Naples, le S.-O. est le plus fréquent. Le N.-E. et le N. sont les vents forts les plus ordinaires sur la mer Noire et les régions voisines, et leur rapport au nombre total des vents est grand; enfin l'O. variant au S. a de la force entre la Grèce, l'Asie Mineure et l'Afrique.

Il y a donc une assez grande analogie entre les deux systèmes de roses; cependant certains parages semblent recherchés de préférence par les vents forts, tandis qu'ils se montrent dans d'autres beaucoup plus rarement.

En suivant une ligne qui, partant des environs de Marseille, passe près de la Corse, de Naples, traverse le golfe de Tarente, l'archipel des îles Ioniennes, la Morée et les Sporades, et longe en dernier lieu la côte méridionale de l'Asie Mineure, on remarque qu'à l'O. et au S. de cette ligne les vents, surtout les forts, sont des régions O., qu'à l'E. et au N. ils sont des régions E., variant d'entre S.-E. et N.-E., suivant les régions; les vents dominants sont de S.-E. et N. sur la mer Noire, et de N. à Constantinople.

Une molécule d'air placée sur la côte orientale d'Espagne ou dans le golfe du Lion rencontrerait près des Baléares des vents de N.; elle serait, suivant sa proximité de l'Espagne, ramenée vers le détroit de Gibraltar ou bien poussée vers l'Algérie, où des vents des régions O. la dirigeraient vers la Sicile et l'Adriatique; des vents de S. l'amèneraient à

Lessina (Dalmatie), où le S.-E. la ferait remonter vers la vallée du Pô; elle reviendrait dans le golfe de Gênes sous l'influence de vents d'E, et le N.-E. la ramènerait près de son point de départ pour recommencer la même rotation.

Pour comprendre le sens de ces deux faits, étudions ce qui s'est passé pendant ce temps sur l'Europe. Ce qui suit a été obtenu au moyen des documents publiés dans le bulletin quotidien de l'Observatoire impérial de Paris.

Circulation atmosphérique à la surface de l'Europe pendant l'hiver de 1865. — Au commencement de décembre 1864 un tourbillon passe sur les Iles-Britanniques; la mer du Nord, la Norwège, la Laponie et la mer Blanche. Il disparaît au N.-E. de l'Europe. L'air, animé du mouvement giratoire habituel dans ces phénomènes autour du centre dont nous venons de tracer la route [voir la carte des trajectoires des bourrasques pour décembre 1864 (*Pl. IV*)], donne successivement dans les régions énoncées plus haut des vents de S. tournant à S.-O. puis à N.-O. et N. pour revenir rapidement à S.-O dès le 2 au matin sur l'Irlande. Le vent reste des régions S. jusqu'au 5 et il tourne le 6 à O. sur l'Irlande, l'Écosse et la Norwège, il est encore en général de S. ou de S.-O. sur la Suède et la Russie septentrionale; une nouvelle bourrasque tournante a suivi la première, mais son centre passant à une latitude plus faible, elle redescend vers le S.-E. en se dirigeant vers l'Oural. Aussi le baromètre avait-il beaucoup baissé sur le N. puis sur l'E. de l'Europe après une hausse peu durable.

Le 6 décembre, le vent a tourné à N.-O. sur la Baltique, et le baromètre a remonté. Le mouvement de l'air autour du centre de dépression s'étend jusqu'à la mer Noire où le vent, de N.-E. le 6 au matin, a passé le 7 S.-O. Le baromètre baisse, mais le centre passe loin à l'E. de la Crimée et le vent tourne vers N. à Odessa sans prendre de force.

En même temps que le baromètre remontait sur la Baltique avec le tour du vent de S.-O. à N.-O., il baissait rapidement sur l'Écosse et sur l'Irlande; et le vent y tournait à S.-O. Un nouveau météore, comme les précédents du genre de ceux que M. Marié-Davy appelle *bourrasques* (*).

(*) Quand nous emploierons l'expression de *bourrasques*, nous voudrions désigner un *mouvement tournant* et non les coups de vent auxquels son passage donne naissance. *Tempête*,

en sous-entendant l'épithète de *tournantes* qui leur donne un caractère commun, abordait l'Europe.

Jusqu'alors la Russie centrale, la mer Noire, l'Allemagne, l'Autriche et la Turquie, le massif des Alpes et la péninsule Hispanique avaient des vents d'entre N. et E.; l'air y était froid et dense. Les cartes journalières montrent pendant cette période une zone oblique de fortes pressions qui traverse diagonalement l'Europe de Moscou à Madrid. L'influence des mouvements tournants dont nous venons de suivre la route inclinait au S.-E. et au S, la direction du vent sur les côtes du S.-O. de l'Europe. L'air condensé s'écoulant vers le S. laissait petit à petit le champ libre aux bourrasques dont les trajectoires diminuaient d'amplitude vers le N. et l'E.

Enfin une bourrasque se montre à la hauteur de la Manche; elle étend son action jusqu'à Lisbonne, où le vent est fort O., tandis que le S.-O. prend de la force sur la France occidentale. Le baromètre n'a cessé de baisser sur l'O. de l'Europe, la baisse s'étend vers le golfe de Gascogne, un centre de dépression barométrique s'y montre, et le vent, qui est de N.-O. à la Corogne (pointe N.-O. de l'Espagne), est de S.-E. sur la Gascogne et le Poitou. Le mouvement annonce son arrivée sur la Méditerranée par la rotation du vent de N.-E. vers S.-E sur les côtes de France; cette rotation s'effectue du 9 au 10. Le 11, le vent est retourné un peu vers E.; il est resté de N.-O. sur l'Espagne, où il n'a pas de force, de S.-O. sur la Sicile et de S.-E. sur l'Adriatique; le mouvement tournant passe sur le bassin méditerranéen occidental.

Mais le baromètre remonte sur les Iles-Britanniques et tout le N. de l'Europe, et il baisse très-vite sur le Portugal pendant que le vent reste à S. Cela tient à l'arrivée d'une bourrasque dont le centre passe très-près de Lisbonne pendant la nuit du 13 au 14, et y donne deux violents coups de vent. Le 14 on voit son centre sur le N. de l'Espagne; la bourrasque reprend le 15 sa route vers l'E.-S.-E; son centre passe près de

sans l'épithète *tournante*, s'appliquera à la force du vent. Le mot de bourrasque n'indiquera rien pour nous de l'amplitude du mouvement tournant; quand nous dirons : la bourrasque a suivi telle trajectoire, nous voudrions parler de la route suivie par son centre; nous dirons jusqu'où elle étend son action et nous citerons autant que possible les lieux où ses effets auront été remarquables, surtout par rapport au but que nous nous proposons d'atteindre.

Barcelonne; on le voit le 16 au matin près du détroit de Bonifacio, et le 17 il a disparu dans l'E.

Les vents étaient pendant ce temps des régions E. sur le N. de la Méditerranée, des régions O. variant de S. à S.-O., O. et N.-O. sur le S. Le calme règne sur toute l'Europe pendant la matinée du 17; les fortes pressions sont sur le N.

Des bourrasques moins intenses passent les 18, 19, 20 et 21 à peu près à la même latitude; leur ligne de parcours tend à s'élever vers le N.; il en résulte que la masse d'air en rotation se partage en heurtant les Alpes, et que de petits mouvements tournants traversent l'Allemagne méridionale, pendant que les plus importants parcourent la Méditerranée. A part l'intensité, ils donnent lieu aux phénomènes analysés plus haut.

Cependant la masse d'air dense qui s'amasse sur le N. de l'Europe s'avance chaque jour vers l'O., et nous voyons le vent tourner de N. à O. à Haparanda, où le baromètre baisse rapidement. Le même effet se continue les jours suivants et l'O. s'établit sur la Baltique et la Russie occidentale; le 25 on voit au N. de la Suède le centre d'un mouvement tournant; son action s'étend jusqu'à Skudesnoess (Norwège méridionale), Libau (Livonie) et Pétersbourg. Il descend vers la Caspienne et l'Oural; son centre est le 26 sur la mer Blanche, le 27 vers Nijné-Taguilsk, et le météore disparaît de nos cartes.

Une hausse légère du baromètre se produit et le calme revient le 27 sur la Russie et la Scandinavie, mais les vents restent d'entre S. et O.; ils sont assez forts dans le N. et le baromètre y baisse. La carte du 28 montre que ces effets doivent être attribués à l'arrivée d'une bourrasque dont le centre apparaît le 28 près d'Haparanda. Son action s'étend plus loin que celle de la précédente; elle se fait sentir jusque sur l'Écosse, les Pays-Bas, la Prusse et la Russie centrale, mais les vents auxquels elle donne naissance se montrent sur une zone moins éloignée du centre et passant par Skudesnoess, Copenhague et Pétersbourg. A peine cette bourrasque disparaît-elle dans l'E. où son centre est arrivé le 29 près d'Arkengel, faisant tourner le vent à O. et à N.-O. sur la Baltique orientale, que le calme s'établit sur la Suède, tandis que des vents assez forts d'entre S. et O. soufflent sur les côtes de Norwège. Le baromètre a remonté sur la Russie et la Scandinavie; il a baissé sur

l'Écosse; du 29 au 30 la baisse s'étend à l'E.; elle est considérable à la latitude de Stockholm et les vents ont repris en même temps beaucoup de force d'entre S. et O. sur ces régions; le lendemain la bourrasque a disparu dans l'E.; une autre, venue du même côté, lui succède à une latitude plus basse. Elle a le 31 son centre sur la Suède, près de Stockholm, et elle descend vers la mer Noire. On voit que les trajectoires des bourrasques se sont abaissées successivement vers le S. en diminuant d'amplitude vers l'E. pendant la dernière décade du mois.

Que se passait-il sur le reste de l'Europe, et en particulier sur la Méditerranée ?

Nous avons quitté ces régions après le passage de plusieurs bourrasques, au moment où le calme tendait à s'y établir. Les fortes pressions barométriques marchant vers l'O., des vents d'entre E. et N. s'établissent sur les Iles-Britanniques, l'Europe centrale, la France, le N. de l'Espagne et l'Italie; le N.-O. souffle à Madrid et l'O. sur les côtes d'Algérie. Une dépression barométrique existe sur ces régions; elle s'éloigne vers l'E., et les vents d'entre E. et N. s'établissent de plus en plus sur le S. et l'O. de l'Europe; ils soufflent jusqu'à Lisbonne et Tarifa le 23, jour où le vent tourne à N.-O. sur la Baltique. Le centre des fortes pressions est alors sur la mer du Nord.

Le 24, les vents prennent de la force d'entre N. et E. sur le Portugal et l'Espagne, le baromètre baisse du 24 au 25 sur l'Espagne, surtout sur le midi; la baisse s'étend vers l'E. du 25 au 26 et les vents restent d'entre E. et N.; la baisse augmente, et le 27 un centre de dépression existe près de la Sardaigne. Le S.-E. commence à Lessina (Adriatique), le S. à Palerme et le N.-O. sur l'Espagne. Ce dernier prend de la force, les vents des régions E. diminuent sur l'Italie, la girouette indique le S.-O. à Palerme, le 29 au matin; le 30 le vent y tourne à N.-O.; il est resté aux régions E. ou N. sur l'Italie et l'Adriatique. Le centre de dépression barométrique s'éloigne vers la Grèce. Pendant ce temps, l'Europe centrale et la France sont restées dans le calme. C'est là que le baromètre est le plus haut sur une région formant un angle dont l'ouverture est à l'O. Cette région s'amincit d'abord par le N. et l'E., puis par le S. et enfin par l'O.; l'air y reprend une pression moyenne de 760 millimètres, tandis que quelques jours auparavant elle dépassait 770 millimètres en beaucoup de points. Les vents y restent faibles.

L'abaissement vers le S. des trajectoires des bourrasques continue pendant le mois de janvier 1865, et nous voyons successivement pendant les premiers jours du mois la mer du Nord et la Manche soumises à des vents forts de S.-O. pendant que les régions calmes et à fortes pressions forment un triangle dont le sommet serait dans l'Europe centrale et la base vers le Portugal. Aussi, le régime des vents est-il changé sur la Méditerranée; le N.-O. et le S.-O. ont pris dans le golfe du Lion la place du N.-E. et du S.-E., et les brises sont variables sur l'Italie et sur l'Espagne.

Des bourrasques traversent vers les 6, 7, 8 et 9 la Russie du N.-O. au S.-E. et au S., étendant leur action jusque sur l'Europe centrale; des grains passent sur l'Italie et l'Adriatique; d'autres bourrasques abordent le continent plus au S. encore que les précédentes. L'un de ces météores a, le 12, son centre près des îles Hébrides (Écosse); il étend, le 15, son action jusque sur l'Espagne et sur l'Italie; des vents forts de S.-O. ou d'O. soufflent de Lisbonne à Livourne; les vents d'O. sont en même temps d'une violence extrême sur les côtes du golfe de Gascogne et de la Manche, sur la France et sur le S. de l'Angleterre; ils sont moins forts un peu plus au N. et sont très-faibles sur l'Écosse. Le S. souffle assez fort à Libau (Baltique russe) et le S.-E. à Skudesnoess (Norwége) pendant que le vent est de N.-O. à Greencastle (Irlande) et à Nairn (Écosse). Le météore s'avance vers l'E., et, le lendemain 15, le vent est toujours violent sur l'Espagne, la France et les Pays-Bas, mais il commence à tourner à O. et O.-N.-O. Il prend de la force d'O. sur l'Italie et l'Adriatique, et le S.-O. commence sur la mer Noire pendant que le S.-E. souffle à Saint-Pétersbourg. La bourrasque continue sa route vers le S.-E. et disparaît de nos cartes le 16.

D'autres, produisant des effets analogues, traversent l'Europe les 17, 18, 19, 20, 21, 22 janvier; l'une d'elles a, le 20, son centre sur le Jutland; son action s'étend jusqu'aux Alpes et à la mer Noire; le centre arrive à l'embouchure du golfe de Riga le 21 janvier. On en voit, le même jour, un nouveau ayant son centre sur le golfe de Gascogne; il remonte au N. des Alpes pour traverser la France septentrionale, les Pays-Bas; l'Allemagne, la Pologne, la Russie et la mer Noire pendant que les fortes pressions se montrent dans les environs de la mer Blanche. Pendant son passage, les vents restent des régions E. ou N.

sur la Manche, l'Angleterre, les Pays-Bas, le Danemark, le N. et l'E. de la Russie: ils sont des régions S. ou O. tournant vers le N. sur le midi de l'Europe, excepté sur les côtes orientales de l'Adriatique où le S.-E. et l'E. soufflent le 22. Un faible centre de dépression barométrique se montre le même jour près de Livourne. Un tourbillon qui, dès le 23, donne sur l'Espagne et le Portugal des vents forts des régions S.-O., traverse l'Europe les 24, 25 et 26 en passant au N. du massif alpin et donnant seulement quelques coups de vent de S. ou O. sur le bassin méditerranéen.

Nous voyons le 26 une nouvelle bourrasque dont le centre est encore sur l'Océan à la latitude de la Manche; la France, les Iles-Britanniques et presque tout le reste de l'Europe sont encore calmes. L'O. de l'Espagne et le Portugal sont seuls soumis à des vents violents de S.-O.; le vent de S. prend de la force dès le soir sur le golfe du Lion, et, le mouvement marchant vers l'E., le vent est fort le lendemain 27 sur toute la France, de S.-O. à Besançon, d'O. au Havre, de N.-O. à Brest. Le S.-E. commence à prendre de la force au S. de l'Adriatique; le N. et l'Italie sont encore peu agités. Le tour des vents à N. sur la Manche le 28, à N.-O. sur les côtes du Languedoc et de la Provence, à S. et à S.-O. sur l'Italie centrale et l'Italie méridionale n'a rien qui doive nous étonner après les nombreux exemples de faits analogues que nous avons déjà remarqués dans notre analyse.

Les vents sont restés pendant ce temps à S.-E. et N.-E. sur la Scandinavie, la Baltique et la Russie; ils commencent à être forts le 28; leur force augmente le 29. Le centre de la bourrasque est alors sur la Livonie; il descend vers la Caspienne le 30 et le 31. Un autre mouvement tournant se montre en même temps sur la mer Tyrrhénienne avec un fort mistral sur le golfe du Lion, des vents d'O. sur le S. de l'Italie, de S. à Lessina (Dalmatie), d'E. à Trieste et de N.-E. à Livourne. Le calme s'établit sur la France, l'Angleterre et l'Espagne. Le S.-O. reprend le 29 à Coruna et le S. souffle avec force sur le golfe de Gascogne. Le baromètre, qui a un peu monté, baisse sur l'Europe occidentale, et une bourrasque aborde nos côtes; le 31 janvier elle se fait sentir par des vents forts de S.-O. sur le Portugal et le N.-O. de l'Espagne. Son centre est sur l'Océan, à l'O.-N.-O. des Iles-Britanniques.

Le 1^{er} février, il s'approche des îles Hébrides en descendant vers

l'E.-S.-E. Il est le 2 près d'Édimbourg; puis, au lieu de continuer sa route vers l'Allemagne, il est brusquement rejeté dans le N. et suit le versant occidental des Alpes Scandinaves. Une nouvelle bourrasque a le 3 son centre sur le S.-O. de l'Irlande; le centre passe ensuite sur l'Allemagne, le S. de la Russie et la mer Noire.

Une partie du mouvement, transportée sur la Méditerranée, passe sur le S. de l'Italie. Il s'ouvre alors pour l'O. et le S. de l'Europe une ère de mauvais temps qui dure presque sans interruption jusqu'à la fin du mois. Des bourrasques se succèdent très-rapidement sur cette région qu'elles traversent, ainsi que l'indique la carte d'ensemble, de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E. Leur rayon d'action est très-considérable, et elles donnent sur l'Espagne, la France et l'Italie des vents violents variant du S.-O. au N.-O., puis au N., tandis que la girouette indique presque sans cesse l'E. variant du S.-E. au N.-E., puis au N. sur la Scandinavie et la Russie septentrionale.

Les pressions barométriques, considérables sur le N. de l'Europe dans les premiers jours du mois, passent bientôt sur l'O. où elles séjournent, s'éloignent plus ou moins vers l'O., descendant en même temps vers le S. pour céder la place à une bourrasque; enfin elles s'étendent à la fin du mois avec le calme et le beau temps sur l'Espagne, la France et l'Italie. Elles sont de nouveau rejetées au S. par l'arrivée d'une bourrasque; l'action du météore s'étend déjà le 28 sur les Iles-Britanniques, la France, les Pays-Bas, la mer du Nord et le S. de la Norvège; son effet est le même que celui de ses prédécesseurs.

Explication des faits précédents — Nous venons de voir comment les vents ont varié à la surface de l'Europe pendant l'hiver 1864-65. Ils étaient souvent forts de l'O. et N.-O. sur une région pendant que non loin de là soufflaient l'E. et le S. Nous avons vu comment la rotation de S.-O. à N.-O. se produit par suite du passage des bourrasques lorsque l'on se trouve dans une partie du tourbillon, comment elle s'effectue de S.-E. vers N.-E. ou N. quand on est dans la partie opposée.

Or, comme le dit M. Marié-Davy, les bourrasques sont de vrais flotteurs entraînés par les courants généraux de l'atmosphère, comme le sont par les courants d'eau les petits tourbillons qu'on voit se former dans la rivière. Le sens de leur translation donne celui du courant

atmosphérique dans lequel ils sont plongés (*). L'air est, dans une bourrasque, animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe vertical, ce qui empêche le vent d'indiquer toujours la direction des courants atmosphériques généraux.

Nous avons vu que, pendant presque tout l'hiver, lorsque des bourrasques passaient sur la Méditerranée, elles arrivaient par l'Espagne ou le golfe de Gascogne et traversaient cette mer de l'O. à l'E., ou, plus souvent, de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E.; aussi, avons-nous vu que les vents ont une prédominance marquée pour les régions O. au S. de la ligne oblique qui va de l'embouchure du Rhône à la Sardaigne, l'Italie méridionale, la Grèce et les côtes S. de l'Asie Mineure, tandis que les vents dominants sont au N. de cette ligne d'entre S.-E. et N.-E. Les vents forts sont surtout de N.-O. et de S.-O. entre la France et l'Algérie et sur le bord de la Méditerranée, d'entre S.-E. et N.-E. ou N. dans les autres parties.

Quelques particularités remarquables s'expliquent par les conditions particulières que présente le bassin méditerranéen. Au N. il est borné par les Alpes, chaîne de montagnes très-élevées et à pentes rapides. S'abaissant par gradins vers les Pays-Bas, le Jutland et la Prusse, elles tournent vers l'Italie leur versant le plus abrupte. A l'O., une autre chaîne très-élevée encore, celle des Pyrénées, court de l'O. à l'E. Dans sa partie occidentale elle touche à la mer et aux montagnes des Asturies; dans sa partie orientale les montagnes Noires la relient aux Cévennes et au plateau central de la France; à l'E., elle s'avance dans la mer en formant un golfe profond, célèbre par les coups de vent qu'on y essuie. Il y a donc entre les Alpes et les Pyrénées un couloir de forme évasée, qui se rétrécit vers l'E. Quand l'air s'y engouffre, il

(*) Cet énoncé général a besoin d'une restriction. Les cartes montrent que parfois une bourrasque est plus ou moins brusquement déviée de la direction qu'elle suivait. Plusieurs causes peuvent donner naissance à ce phénomène, et, parmi les plus importantes, il faut noter l'influence réciproque exercée par deux bourrasques voisines l'une sur l'autre. Cette action a été reconnue pour la première fois par M. Marié-Davy. Ce météorologiste a fait voir que l'action réciproque des deux bourrasques se manifeste en général par une rotation des deux centres autour d'un même point, quelquefois très-voisin du centre de l'une des bourrasques. Nous renvoyons pour de plus amples détails aux Notes dans lesquelles M. Marié-Davy a étudié ces faits curieux.

acquiert à la sortie une grande vitesse. Nous verrons plus loin comment le vent qui en résulte, le mistral, se rattache aux mouvements généraux. Ce vent, d'entre N.-O. et N. suivant les points, est un violent courant d'air qui descend vers la Sardaigne. Il donne naissance à des remous remarquables.

Si deux murs élevés forment un angle dont le sommet est opposé à un vent régnant, un effet analogue se remarque. Supposons que l'un des côtés de l'angle soit dirigé du S. au N., l'autre de l'O. à l'E., de sorte que l'ouverture de l'angle soit vers le N.-E.; quand un vent d'O. soufflera fort, il se fera le long du côté N. un appel d'air du sommet de l'angle vers l'extérieur. Cet appel peut se manifester par la présence de corps légers, tels que de petits morceaux de papier ou des feuilles sèches. Ils sont entraînés au dehors. L'air affluant des parties plus éloignées pour remplir le vide, le courant se replie vers l'intérieur de l'angle, et les feuilles qu'ils avaient entraînés reviennent pour recommencer le même circuit. La rotation n'a pas toujours la même ampleur, mais toujours elle a lieu dans le même sens; par exemple, elle est du sens direct dans le cas que nous venons d'examiner. Le tourbillon engendré, après avoir séjourné plus ou moins longtemps près du lieu de sa formation, est enfin entraîné par le courant général; mais alors la cause de la rotation ayant cessé d'exister, cette dernière ne tarde pas à se ralentir et même à cesser tout à fait, de sorte que l'on n'observe plus, à quelque distance, que le courant général.

Le phénomène que nous venons de décrire est connu de tout le monde sous le nom de remous, mais il se produit rarement sur une aussi vaste échelle que sur l'Adriatique, l'Italie et le golfe de Gênes. Rarement aussi les conditions sont aussi favorables à sa production. Les Alpes, s'élevant presque comme un mur, se dirigent d'abord du S. au N., puis du S.-O. vers le N.-E., de l'O. vers l'E.; et, redescendant vers le S.-E., elles enferment dans un cirque de hautes montagnes le golfe de Gênes, la vallée du Pô et l'Adriatique. Les points les plus élevés de la chaîne sont dans sa partie occidentale. Si le mistral souffle avec un peu de force et de persistance, on ne tarde pas à voir le vent augmenter de vitesse d'entre E. et N. sur le golfe de Gênes, d'E. sur la vallée du Pô et l'Adriatique septentrionale, de S.-E. sur le reste de l'Adriatique et d'O. vers le S. de l'Italie et la Sicile, pendant que le N.-O. souffle

sur la Sardaigne et les îles Baléares. Le baromètre baisse alors sur l'Italie septentrionale et l'on observe au S. des Alpes un minimum barométrique local qui se transporte bientôt dans le sens des courants généraux. Nous donnerons, dans un autre chapitre, des exemples de ce cas qui se présente assez fréquemment. Il nous suffit actuellement de l'avoir signalé.

Les hauts plateaux de l'Espagne arrêtent aussi l'air des couches inférieures; il en résulte que le vent du N. domine près des côtes S.-E. et cède même la place à l'E. entre l'Espagne, la province d'Oran et le Maroc. Cet effet, purement local, cesse d'être sensible à quelque distance des côtes, ainsi que le montre la carte des vents pour l'hiver 1865. Les montagnes espagnoles ne forment pas, comme les Alpes, une anse profonde, et elles ne permettent pas la formation de remous aussi bien accentués; l'air y revient seulement vers le N., le N.-E. et l'E.

Enfin de hautes montagnes, dont la cime se refroidit beaucoup en hiver, produisent alors autour d'elles dans les périodes de calme un flux d'air froid remplacé par l'air plus chaud des régions voisines, qui, s'élevant dans les régions plus élevées de l'atmosphère, redescend sur le sommet de la chaîne pour remplacer l'air qui s'est écoulé. Nous montrerons plus loin que les vents violents du N. observés sur le N. de l'Italie en février 1865 ne sont pas dus à cette cause; elle n'agit efficacement que pendant les calmes et ne donne pas naissance à de grands vents sur de grandes étendues. On y rattache les phénomènes connus depuis longtemps sous le nom de *brises de montagnes*, analogues aux *brises de rivages*.

Circulation pendant le printemps de 1865. — Cette saison commence avec le passage de plusieurs bourrasques qui traversent l'Europe du N.-O. au S.-E.; leurs centres passent sur le N. de l'Écosse, la mer du Nord, le centre de l'Europe et la Méditerranée, et leur action s'étendant souvent jusqu'au S. de l'Espagne, il en résulte pour cette partie de l'Europe une grande variation de vents. Le N. souffle surtout avec violence sur la mer du Nord, le golfe de Gascogne et la France; le N.-O. domine sur la péninsule Hispanique. Les centres passent en général sur la Méditerranée ou sur les provinces danubiennes et la Turquie, ce qui donne sur la mer Noire des vents d'entre S.-E. et N.-E. Les fortes pres-

sions se montrent vers le commencement du mois sur le N.-E. de l'Europe; elles s'avancent pendant les jours suivants vers l'O. en restant confinées sur la Scandinavie. Des bourrasques traversent l'Europe occidentale. Leurs trajectoires ont une tendance remarquable à la direction N.-S.; en même temps, la France et l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie, sont balayées par des vents violents des régions N. qui donnent à ce mois son cachet spécial. Les vents des régions E. ou S. l'emportent sur l'Europe orientale. De nombreux centres de mauvais temps se sont fait remarquer sur le midi, particulièrement au S. des Alpes, ainsi qu'on le voit dans la carte résumée.

La carte des trajectoires des centres des bourrasques montre pendant le mois d'avril un changement dans la circulation atmosphérique. Les bourrasques se dirigent plus de l'O. vers l'E.; elles passent pendant la plus grande partie du mois sur le N. de l'Europe et le calme règne sur le centre et le S.; dans la dernière décade, les trajectoires de ces météores commencent à s'abaisser de la Suède sur l'Europe centrale, et l'un d'eux a, le 18 avril, son centre sur la Manche.

Cette modification à la direction des courants généraux se continue pendant le mois de mai. Les trajectoires des bourrasques prennent de plus en plus d'amplitude vers l'E. et elles sont pendant une partie du mois dirigées de l'O.-S.-O. vers l'E.-N.-E, ne s'abaissant un peu vers le S. que sur la Russie. Il fait, en général, peu de vent sur la Méditerranée; le calme y est troublé quelque peu par le passage de mouvements orageux. Les variations que nous venons de signaler dans le régime des courants rendent les vents très-variables sur presque toute l'Europe, et les orages commencent à quitter le bassin méditerranéen pour éclater fréquemment sur la France et sur l'Allemagne. La description et les lois de ces phénomènes ne peuvent entrer dans les étroites limites de ce mémoire; elles sont développées dans un travail publié sur ce sujet par M. Fron.

Les vents sont pendant cette saison plus variables qu'en hiver. Les vents forts ont toujours sur l'Algérie une direction générale variant entre N.-O. et S.-O.; cette direction se continue jusqu'à Laghouat dans le désert. Par exception, le N.-O. et le S.-E. alternent à Biskra. Cette anomalie est due à la direction des vallées. Le S.-O. fort souffle le plus souvent à Naples, le S.-E. à Lessina, l'E. à Trieste, les vents d'entre

E. et N. à Nice. Le mistral se reconnaît toujours sur le golfe du Lion à la forme des roses, et les vents de N. tournant vers E. dominant sur les côtes d'Espagne, comme nous l'avons constaté pour l'hiver.

La rotation apparente de l'air dans le bassin occidental, déjà constatée pour l'hiver, se retrouve au printemps, mais moins nettement accentuée. Des éléments étrangers se sont en effet introduits dans chaque rose, ce qui tient au plus grand nombre de mouvements tournants ayant peu d'étendue et passant sur cette région à diverses latitudes. Malgré cette différence entre les vents du printemps et ceux de l'hiver, le transport général de l'air avait, ainsi que nous l'avons reconnu, à peu près la même direction pendant les deux saisons. Seulement, pendant les mois de février et de mars, une tendance marquée du N. au S. s'est manifestée dans la marche de l'atmosphère au-dessus de toute l'Europe.

La direction des vents s'est plus modifiée dans le bassin oriental; le N. est devenu plus fréquent dans l'Archipel grec. Au S. de l'Archipel, le vent est assez variable; l'O. domine cependant encore et l'on voit aussi en ces mêmes lieux le S. alterner avec le N.

Sur la mer Noire, le N.-E. est le plus fréquent; puis ce sont le S.-E. et le S.-O., ce qui concorde avec le passage de bourrasques au N. et au S. de ce point dans son voisinage.

Le remous dû à l'Espagne est encore très-apparent; les vents d'E. dominant toujours au détroit de Gibraltar et ils sont forts; cependant le N., le S.-O. et le N.-E. sont les plus fréquents sur la côte occidentale de la Péninsule, à Lisbonne par exemple. Il est à remarquer que près d'Oran l'O. a repris son empire, comme fréquence et comme force, c'est-à-dire qu'à Oran l'influence des plateaux espagnols sur la circulation de l'air est devenue presque insensible.

Circulation pendant l'été de 1865. — Le N.-O. domine toujours sur les côtes du Languedoc; les vents sont de directions assez variables sur le golfe de Gênes, la mer Tyrrhénienne et l'Adriatique; cependant l'E. est le plus fréquent sur la côte orientale de cette mer, tandis que les brises d'entre S.-O. et N.-E. par N.-O. sont les plus nombreuses à Livourne et celles des régions N.-O. ou N.-E. à Rome, Naples et

Palerme. Les vents qui soufflent surtout sur l'Algérie orientale sont d'entre E. et O. par N; ils passent à l'E. et au S. sur la province d'Oran. Ce sont les mêmes vents qui règnent sur les côtes d'Espagne, de Barcelone à Cadix, tandis que le N.-O. et le N.-E. l'emportent sur les côtes du Portugal où le S. est devenu beaucoup moins fréquent. Le remous dû à l'Espagne est très-apparent; les vents des régions N. reprennent leur fréquence à l'E. et au S. des Baléares.

Les courants d'entre N. et E. sont les plus habituels dans le bassin oriental et sur la mer Noire, puis viennent ceux du S. Ils cèdent la place à ceux de S.-O. et de N.-O. au S. de l'Asie-Mineure et sur les côtes de Syrie.

Quels sont les vents forts? Des régions N. sur les côtes du Portugal, ils sont d'entre N.-E. et S.-E. ou S. du détroit de Gibraltar à Alger et aux Baléares, assez variables de Barcelone à Palerme et à Naples avec une tendance marquée à N.-O. ou S.-O. On les voit presque toujours de N.-O. sur les côtes du Languedoc et de la Provence, des régions O. sur les côtes d'Italie, de Livourne à Naples, variables entre S.-E. et N.-O. par N.-E. dans le S. de l'Adriatique, d'E. dans le N. et de N.-E. ou E. passant souvent aussi à N.-O. et S.-O. dans le golfe de Gênes.

Les vents forts tournent souvent au N. dans cette saison dans le bassin oriental, sauf dans la partie comprise entre l'Asie-Mineure, la Syrie et l'Égypte; ils restent de l'O. dans cette région. La mer Noire est soumise au même régime que l'Archipel. Seulement, il est à remarquer que, si les vents de N. dominant, les vents de S. sont après eux les plus fréquents. Ces vents forts ou même modérés des régions N., d'une assez grande constance pendant l'été et une partie de l'automne, sont les *étésiens* dont parle Aristote.

Pendant cette saison, les mouvements tournants passent en grand nombre à la surface de l'Europe, et leur cercle d'action est peu étendu; on doit en conclure qu'ils se forment près des régions où nous pouvons les suivre. Ils sont accompagnés d'orages. Ils passent pendant presque tout le mois de juin au N. de l'Europe, sévissant sur la Scandinavie, la Baltique et la Russie; les vents auxquels ils donnent naissance dans ces parages sont assez variables, cependant le N.-O. et le N.-E. variant au S. par l'O. dominant.

Le calme règne sur les Iles-Britanniques, la France, l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne; seulement, des orages traversent le midi de l'Europe et la France. Les vents d'entre N. et E. ou S.-E. exercent généralement leur empire dans le midi, laissant souvent la place dans les golfes du Lion et de Gênes à des vents d'entre N. et O. ou S.-O. accompagnés d'orages. Des bourrasques passent sur l'Atlantique entre les Açores et le Portugal. Elles descendent sur le Maroc ou l'Algérie, ou, plus au S., sur le Sahara. Les vents des régions E. sur la péninsule Hispanique et les parties voisines de la Méditerranée en sont la conséquence. De plus, les alizés s'étendent sur l'Atlantique jusqu'à la hauteur du Portugal, et, ne pouvant s'alimenter librement par l'Espagne, ils le font par le détroit de Gibraltar et la Méditerranée.

La carte résumée d'Europe pour le mois de juin explique les vents persistants de N. observés sur le bassin oriental et la mer Noire et leurs alternances avec le S.; le second souffle avant, le premier pendant et après le passage des bourrasques sur la Russie orientale et la mer Caspienne. Les cartes journalières de l'Europe montrent que petit à petit l'O. étend son empire sur la mer du Nord et l'Allemagne, que le vent tourne vers S.-O. ou S. sur l'Écosse et l'Irlande, et que la région de beau temps, entamée par le N. et l'E., se confine vers la fin du mois sur la France, l'Espagne et l'Italie. Enfin les vents de S.-O. prennent de la force sur les côtes occidentales de France et d'Espagne, et on voit apparaître sur tout l'O. de l'Europe une dépression barométrique; cette dépression marchant vers l'E., une bourrasque arrive et occupe le 30 juin toute la surface de l'Europe. Son centre est vers la Manche, et son action s'étend de Lisbonne à Palerme, à Odessa et au golfe de Bothnie. La bourrasque traverse l'Europe de l'O. à l'E.; son centre arrive le 2 juillet près de Kiew (Russie). Des tourmentes agitent cependant encore l'Europe occidentale, donnant sur le N. de la France de forts vents d'entre N. et O., du mistral sur les côtes du Languedoc et de la Provence, et des coups de vent d'O. sur l'Italie méridionale. La rotation a lieu dans l'anse alpine pendant que de forts vents soufflent d'O. à Vienne (Autriche) et de S. dans la mer Noire. Le N. et l'E. règnent sur la Baltique méridionale; ils y ont moins de force. Il y a donc à proprement parler trois mouvements tournants sur l'Europe. Le calme

revient pour quelque temps sur le centre du continent. Une bourrasque de peu d'étendue se montre le 6 sur le golfe de Gascogne; son centre passe le 7 sur l'Angleterre, répandant à profusion les orages de Bilbao à Paris, Bruxelles et Londres pendant la nuit du 6 au 7 et pendant la journée du 7. Les orages éclatent à Stockholm pendant la nuit du 7 au 8, et ils se continuent le 8 avec de forts coups de vent tournant de S. à O. Des mouvements moins étendus encore sont passés sur la Méditerranée avec leur cortège habituel de pluies et d'orages; les abords des Alpes sont calmes et le baromètre y reste haut.

Les tourbillons tournent pendant cette période autour du massif montagneux, où l'air peu agité ne subit qu'un contre-coup éloigné des tourmentes qui passent dans le voisinage; les centres de ces dernières passent sur les Iles-Britanniques à une latitude plus ou moins élevée et se dirigent de là vers la Suède et la Russie qu'elles franchissent du N.-O. au S.-E. Dans d'autres cas elles s'engouffrent dans le canal laissé entre les Alpes Helvétiques et les Alpes Scandinaves et descendent sur la mer Noire.

La France est dans tous les cas au S. de la trajectoire du centre; les vents d'entre S.-E. et S. O. ou O. y dominant; il faut aussi attribuer à la même cause les fréquents orages qui éclatent sur notre pays, principalement au N. L'Italie et l'Adriatique, abritées par les Alpes, jouissent du calme et du beau temps, le mistral souffle sur les côtes méditerranéennes de France avec des vents d'entre N. et E. sur l'Espagne orientale; des orages peu étendus passent sur ces régions de l'O. à l'E. et y causent une agitation passagère, pendant que le versant septentrional des Alpes et des Pyrénées, la Baltique et la Russie sont le théâtre de violents orages. Ces météores envahissent petit à petit la Suisse, le Tyrol, la haute Italie, et éclatent le 19 au soir sur l'Adriatique; la carte du 20 au matin montre un mouvement tournant établi sur cette partie de l'Europe.

Les courants occidentaux continuent à empiéter sur les régions calmes, et le 20 juillet, des orages se dirigeant vers l'E., traversent l'Espagne. Ils traversent, le 21, la Méditerranée occidentale, et ils sévisent, du 21 au 22, sur l'Italie. Les vents à leur approche varient comme nous l'avons déjà vu tant de fois; de l'E. ils tournent au S., puis à l'O., où ils prennent de la force sur la mer Tyrrhénienne, tandis qu'ils sont

encore de l'E. sur l'Adriatique. Ils se calment dès le lendemain, et le beau temps revient sur l'Europe occidentale. L'E. est traversé par des bourrasques qui, d'abord confinées dans les régions polaires et le voisinage de l'Oural, se rapprochent de nous en s'abaissant vers le S. et diminuant l'amplitude de leur course vers l'E. Des tourmentes passent également entre les Açores et l'Espagne; les vents d'entre E. et S. s'établissent sur la péninsule; l'Italie est calme.

L'empiétement des courants d'O. continue pendant les premiers jours d'août; une série de bourrasques passent du 1^{er} au 9 dans la vallée européenne pour disparaître entre le Caucase et l'Oural. Quelques mouvements tournants traversent en même temps l'Espagne, l'Italie et les provinces danubiennes. Un tourbillon plus étendu que les autres aborde le 11 l'Irlande où l'on voit son centre. Étendant son influence du S. de l'Espagne à la Norvège, il donne les jours suivants de mauvais temps au N. et au S. des Alpes, sur les provinces danubiennes, la mer Noire et la Russie méridionale; les orages continuent d'éclater sur ces régions. Pendant presque tout le mois, l'Europe centrale est sur le trajet de bourrasques continuelles; il en résulte une série de mauvais temps sur l'Irlande, l'Angleterre, la France, les Pays-Bas, l'Allemagne et le S. de la Russie. Des mouvements moins étendus traversent en petit nombre la Méditerranée.

Circulation pendant l'automne de 1865. — Un changement notable se montre dans la distribution des vents sur le bassin occidental: le N.-O. cesse de dominer sur les côtes de France; le S. et le S.-E. lui ont succédé; l'E.-N.-E. règne sur les parties septentrionale et occidentale du golfe de Gênes, l'E. sur la vallée du Pô et l'Adriatique septentrionale; plus au S. on rencontre le S.-E. près de la Dalmatie, puis des vents de S. et de N. sur la mer Tyrrhénienne, de S. et d'O. à Livourne.

Les vents sont forts d'entre S.-O. et N.-O. sur l'Algérie et dans le voisinage, d'entre S.-E. et S.-O. ou O., mais surtout de ces deux dernières directions près des Baléares, enfin sur les côtes d'Espagne des régions O. tournant de plus en plus à N. ou N.-E. à mesure qu'on avance vers le S., pour être presque uniquement d'E. et d'O. au détroit.

Le bassin oriental a pendant cette saison une circulation très-accen-

tuée; le N. domine sans contestation dans l'Archipel, à Constantinople et sur la mer Noire; il est aussi très-fréquent entre l'Asie-Mineure, le Liban et l'Égypte; les vents forts paraissent cependant être surtout de S.-O. à Beyrouth et l'on remarque un remous d'air au S. de l'Asie-Mineure; les vents d'entre O. et S. y sont dominants.

Les vents de toute intensité présentent le même caractère général dans leur distribution, si l'on ne tient pas compte d'une variabilité un peu plus grande due à l'influence des localités.

Nous allons voir que cette distribution se relie directement avec les trajectoires des bourrasques qui ont traversé l'Europe durant cette saison. Nous avons laissé à la fin d'août l'Europe assez calme; les bourrasques passaient au N. de la Scandinavie et redescendaient sur la Russie septentrionale, l'Oural et la Sibérie. Leurs trajectoires continuent à avoir une grande amplitude pendant les premiers jours de septembre; puis elles s'infléchissent plus brusquement vers le S.; les 15, 16, 17, 18 et 19 elles traversent la Russie du N.-O. au S.-E. en descendant vers le Caucase et l'Asie-Mineure. Le calme a été peu troublé dans le reste de l'Europe; le 12, un mouvement tournant se montrait sur le golfe de Gascogne; il arrivait le 13 sur la Méditerranée par l'isthme pyrénéen et passait le 14 sur le bassin oriental pour disparaître sur l'Afrique.

Les vents étaient jusqu'alors restés peu forts sur le S. de l'Europe, sauf dans le voisinage du détroit de Gibraltar; ils avaient dans ces régions souvent beaucoup de violence de l'E.; ils atteignent la même vitesse sur le golfe de Gênes, l'Italie et l'Adriatique. Ce mouvement marche vers l'E. et le vent ne tarde pas à tourner de l'E. vers le N. sur l'Italie en diminuant de force. Pendant ce temps le baromètre est resté haut sur l'Angleterre, le N. de la France et l'Europe centrale. Les trajectoires des bourrasques se rapprochent de nous à l'O.; une baisse barométrique se fait sentir d'abord sur les Iles-Britanniques avec un tour du vent à S. et S.-O.; le baromètre remonte et le vent tourne vers O. et N.-O.; le calme règne, le baromètre baisse de nouveau et une bourrasque aborde le 20 notre continent à la latitude d'Édimbourg; les Alpes Scandinaves la partagent; une partie monte le long des côtes de Norvège jusqu'à la mer Glaciale, l'autre traverse l'Europe centrale les 21, 22, 23 septembre, étendant son action à peu de distance de son centre et produisant seulement quelques coups de vent et des orages sur la

France, l'Allemagne et l'Autriche; quelques mouvements orageux passent en même temps du golfe de Gascogne sur la Méditerranée par l'isthme pyrénéen, les 22 et 23; ces orages sont ressentis sur le midi de la France, l'Espagne, l'Algérie et l'Italie méridionale. L'Europe rentre ensuite dans le calme; les mouvements tournants n'atteignent que le N., et le 28 seulement quelques orages éclatent en Italie. Ce mois est donc remarquable parce qu'il a été pour une grande partie de notre continent une période de calme à peine interrompue par quelques orages.

Le mois d'octobre commence par l'arrivée d'une bourrasque sur le S.-O. de l'Europe; le calme et de fortes pressions barométriques règnent sur la Scandinavie et la Baltique; la bourrasque passe au S. des Alpes et donne sur le golfe de Gênes et l'Adriatique des vents des régions E. Les fortes pressions sont entamées dès les premiers jours du mois par le N.; des bourrasques passent vers les Féroë, et quelques jours après elles traversent les Iles-Britanniques, l'Allemagne et la Russie, à peu près de l'O. à l'E. Quelques-unes ayant leurs centres plus au S. près du golfe de Gascogne donnent des orages sur le midi de l'Europe. Les vents sont généralement d'O. ou de N.-O. sur l'Espagne, assez variables sur l'Italie. Cette situation dure jusqu'au milieu du mois; le calme s'établit pour peu de jours sur la Méditerranée, tandis que des bourrasques passent toujours sur la Manche, la mer du Nord et la Baltique; le 17, l'un de ces météores descend de l'Irlande sur la France; son centre arrive le 18 près de Nantes, puis il remonte vers le N.-E. et parcourt les Pays-Bas, l'Allemagne, la Prusse et la Russie méridionale; l'action s'en étend le 19 sur presque toute l'Europe; de forts vents d'entre S.-E. et S.-O. ou O. soufflent sur la Méditerranée.

Après un calme d'un jour ou deux, de fortes bourrasques passent sur l'Europe; leurs centres parcourent notre continent de l'O. à l'E. à la latitude de l'Angleterre; leur action s'étend jusque sur l'Espagne. Il en résulte pour cette contrée, la Méditerranée et l'Italie, de forts vents d'entre S.-E. et S.-O. ou O. jusqu'à la fin du mois.

La circulation atmosphérique est encore plus accidentée pendant le mois de novembre, ainsi que le montre la carte d'ensemble. Une tourmente passe au commencement du mois du golfe de Gascogne sur l'Italie et l'Égypte; les vents sont de l'E. sur le N. de la Méditerranée, de l'O.

sur le S.; le calme revient pour plusieurs jours. Le 8, une nouvelle tourmente suit les précédentes; les vents sont d'E. sur les côtes de Provence, d'O. sur le golfe du Lion et les côtes d'Espagne; la Suède et la Baltique sont sur le passage des bourrasques; elles descendent sur la Russie vers la Caspienne ou l'Oural. Le calme règne sur le S. et l'O. de l'Europe; il continue jusqu'au 14, jour où une bourrasque commence à faire sentir son action sur les Iles-Britanniques et la Manche pour continuer sa route vers le N.-E. Une assez forte bourrasque a son centre, le 17, près des Féroë. Elle traverse l'Europe du N.-O. au S.-E. Une autre apparaît le 22 à l'O. de l'Écosse; elle descend un peu vers le S., pour remonter sur la Scandinavie et la Baltique; la Méditerranée en ressent l'influence; le N.-E. souffle en Provence, les vents des régions E. sur l'Italie et l'Adriatique. Les jours suivants, de fortes bourrasques s'approchent de nos côtes; bien que les Alpes protègent un peu l'Italie en empêchant le mouvement rapide de l'air, ce dernier y a cependant une direction générale du S.; sa vitesse dans ce sens est grande sur le golfe du Lion, et le vent y incline à l'E. Les bourrasques continuent de traverser l'Europe et donnent en passant des vents violents de S.-O. sur toute la partie occidentale de ce continent. Le calme règne sur le midi; une bourrasque, qui aborde le golfe de Gascogne et passe en partie sur la Méditerranée, trouble cet état à la fin du mois; sous son influence, des grains d'entre S.-E. et S.-O. passent de l'O. à l'E. sur l'Italie septentrionale et l'Adriatique.

Résumé de la marche des courants généraux en 1865. — En résumé, pendant toute l'année 1865 les courants généraux ont été en moyenne dirigés de l'O. à l'E. Les bourrasques qu'ils entraînent nous ont permis de les suivre. Elles viennent toutes de l'Atlantique, passent sur l'Europe en suivant des trajectoires dont les directions varient d'O.-S.-O. — E.-N.-E. à O.-N.-O. — E.-S.-E., et s'inclinent peu à peu vers le S. à mesure qu'elles s'éloignent davantage de leur point originel.

Deux causes règlent le déplacement du lit des bourrasques: 1° la variation de leur point originel; 2° la variation de la zone d'aspiration.

Nous ne pouvons dans ce court travail étudier l'influence de ces deux causes; nous sortirions, du reste, des limites que nous avons dû nous imposer.

Nous signalerons seulement en quelques mots, par des considérations très-simples, l'intérêt qu'il y a à étudier la dernière.

L'air est appelé vers l'équateur thermique de tous les points voisins; cette zone joue le rôle d'une plaque chauffée plus que les corps environnants; au-dessus d'elle l'air a un mouvement ascendant et il en afflue de tous les environs pour remplir le vide produit. L'équateur thermique se déplace en suivant le soleil; la zone d'aspiration se déplace. M. Marié-Davy a, dans un ouvrage publié récemment, expliqué très-clairement comment il y a pendant une moitié de l'année un excès d'air dans un hémisphère, tandis qu'il y a excès dans l'hémisphère opposé pendant l'autre moitié de l'année; je ne reviens pas sur le fait de cette double pulsation annuelle de la grande machine atmosphérique.

Tous les points de l'équateur thermique ne sont pas également échauffés. Il en résulte que les courants de retour qui entraînent nos bourrasques ne se dirigeront pas indifféremment vers un point ou l'autre de cette zone, mais vers le point le plus échauffé, à moins que des obstacles physiques, tels que de hautes chaînes de montagnes, des mers moins échauffées, ou même leur vitesse acquise, ne les en empêchent; dans tous les cas, une déviation appréciable de ces courants devra suivre un déplacement du point le plus chaud de l'équateur thermique.

En hiver, les bourrasques passent généralement, soit tout à fait au N. de l'Europe, cas où elles sont entraînées vers l'E. en suivant le courant marin chaud au N. de l'Asie, soit sur la Russie en descendant sur la Caspienne et la Perse.

Au mois de mars, nous voyons un changement brusque dans leur direction; elles ont une grande tendance à marcher du N. au S. et donnent sur une partie de l'Europe des vents violents des régions N. Cette tendance, encore sensible dans le mois d'avril, l'est moins qu'en mars, et plus de bourrasques inclinent leurs trajectoires vers le S.-E. ou l'E.-S.-E. La marche régulière vers l'E. a presque complètement repris en mai pour se continuer en juin. Pendant cette partie de l'année, le soleil s'élevant au-dessus de l'équateur terrestre chauffe d'abord l'Afrique, où se fait surtout l'aspiration; les terres asiatiques, à une latitude plus élevée, ne s'échauffent que plus tard. Le maximum de la

température annuelle est atteint à Kouka (Soudan) dès le mois d'avril, et cette température est beaucoup plus élevée alors que celle de Calcutta. Le maximum arrive dans cette dernière ville dans le courant de mai; à Kouka, la température, à partir d'avril, décroît plus vite qu'à Calcutta; les deux températures sont égales en juillet.

L'aspiration doit donc se faire pendant le printemps vers l'Afrique, ce qui donne aux bourrasques leur direction du N. au S.; l'Asie s'échauffant, l'aspiration se déplace et ramène en été les courants d'Europe à leur direction normale.

L'aspiration continue pendant l'été à se faire sur le continent asiatique, mais elle y diminue rapidement, tandis qu'elle perd peu de son intensité en Afrique; en automne, l'aspiration doit produire un effet analogue à celui du printemps. On l'observe, mais moins marqué; la cause de cette différence est visible dans les courbes de température ci-jointes; les températures de l'année ne sont pas distribuées symétriquement par rapport à un certain mois; il y a deux *maxima*, le second plus faible que le premier. La cause de cette différence doit être cherchée dans ces courants de retour eux-mêmes qui, une fois produits, tendent à diminuer la température de la zone tropicale.

CHAPITRE IV.

DES VENTS EN GÉNÉRAL DANS LA MÉDITERRANÉE. — CONCLUSIONS RELATIVES AUX COURANTS ATMOSPHÉRIQUES DE CETTE MER TIRÉES D'APRÈS LES CONSIDÉRATIONS PRÉCÉDENTES.

La comparaison entre les vents observés en 1865 et les trajectoires des bourrasques nous a mis en mesure de renverser la question et d'examiner les roses mensuelles résultant d'un grand nombre d'années, pour en conclure le passage de certains courants généraux et les modifications que leur font subir les circonstances locales. Les cartes des pluies que nous avons dressées pour les quatre saisons viendront corroborer nos conclusions.

Les directions moyennes des vents à Marseille ont été obtenues au moyen d'observations faites pendant vingt années, de 1841 à 1860. Ces documents calculés et réduits en tableau ont été envoyés à l'Observatoire impérial de Paris par M. Voigt, alors directeur de l'Observatoire de Marseille. Les observations ont été faites six fois par jour, Le N.-O. l'emporte de beaucoup sur les autres vents; c'est le mistral (en patois provençal, *magistraou*, maître vent), si connu sur le littoral français de la Méditerranée. En hiver, il n'alterne guère qu'avec l'E. et le S.-E. beaucoup moins fréquents que lui; l'O., le S.-O. et le N.-E. sont plus rares encore. A mesure qu'on avance vers l'été, le N.-O., tout en restant dominant, cède en partie la place à l'O., au S.-O. et au S.-E., puis reprend peu à peu son empire pour régner pendant l'hiver. Le S.-E. présente une circonstance remarquable; il a deux *maxima*, l'un au printemps, l'autre à l'automne. Les vents forts sont presque uniquement le N.-O. et le S.-E.; le premier n'a qu'un maximum pendant l'hiver, le second en a deux, en mai et en septembre et octobre. Quelques vents forts d'O. et d'E. se mélangent aux deux premiers.

Explication du mistral. — On a longtemps ignoré la cause du mistral, célèbre par sa violence et quelquefois par sa longue durée. On l'a attribué à un refroidissement subit du vent passant sur les Pyrénées ou les Alpes. M. Marié-Davy, dans plusieurs Notes publiées au *Bulletin de l'Observatoire impérial*, en juin 1864, montre que la cause de ce vent n'est pas locale et que les mouvements qui lui donnent naissance se transportent vers l'E. comme les bourrasques.

M. Kaemtz, dans une communication faite à l'Institut, en juillet 1865, et insérée au *Bulletin de l'Observatoire impérial*, le 13 de ce mois, montre par un tableau de pressions barométriques sur la France, l'Espagne et l'Italie, avant, pendant et après le mistral, que c'est une véritable tempête venant de loin, et qu'il n'est pas dû à un refroidissement subit du vent passant sur les Pyrénées ou sur les Alpes.

Il est remarquable qu'à mesure que les études météorologiques font des progrès, on apprend à ne plus chercher les causes de la plupart des phénomènes dans les localités où ils sont observés, mais à les rattacher tous à des causes générales prépondérantes, auxquelles sont subordonnées les circonstances locales.

On peut considérer dès aujourd'hui comme un axiome en météorologie la pensée exprimée par M. Marié-Davy dans le *Bulletin de l'Observatoire impérial* du 21 juin 1864 :

« De petites causes, sans doute, peuvent produire de grands effets ; mais la nature procède en général à plus grands traits. Ce qu'il nous est essentiel de connaître, ce sont les mouvements généraux de l'atmosphère ; eux seuls peuvent nous permettre de trouver la juste interprétation des faits de détail. En procédant autrement, on s'expose à créer autant de météorologies distinctes qu'il y a de régions différentes à la surface du globe. »

Or, si l'on se reporte à l'examen de 1865 fait plus haut, on y trouve l'explication des vents de N.-O., de S.-E., de S., d'E. et d'O. qui soufflent fort aux diverses époques de l'année dans ces parages.

Toutes les fois que le mistral souffle, il y a un excès de pression atmosphérique à l'O. du golfe du Lion. Quelle que soit l'origine de cette pression, elle accompagne en toute saison le mistral.

Examinons en détail l'état atmosphérique de l'Europe à différentes époques de l'année 1865. Les cartes ci-jointes permettront de suivre facilement nos explications.

Le 13 janvier (voir *Pl. IV*), une forte bourrasque a son centre sur le N. des Iles-Britanniques ; le mauvais temps s'étend de la Norvège au S. de l'Espagne ; il gagne l'Italie, où les vents ne sont pas encore forts ; la pression de l'air sur cette dernière région est plus forte que sur la France ; aussi le vent est-il fort du S. dans le golfe du Lion ; il est en même temps fort d'entre S.-O. et N.-O. sur la France et l'Espagne. Le mouvement atmosphérique se transporte vers l'E. ; le centre est le lendemain matin sur la mer du Nord ; nous voyons les vents tourner rapidement à O.-S.-O. et O. sur les côtes méditerranéennes de France, pendant qu'ils atteignent sur la France occidentale une violence extraordinaire de cette direction. Le S.-O. est devenu fort dans le golfe de Gênes et le S.-E. dans le S. de l'Italie. La rotation continue et le N.-O. souffle fort le lendemain 15 sur les côtes de Provence ; la dépression barométrique franchissant les Alpes est parvenue sur l'Autriche, les Provinces Danubiennes et l'Adriatique. Une seconde dépression barométrique suit la première, et déjà le vent retourne à l'O. sur le golfe du Lion, tandis qu'il est de N.-O. à Marseille et de N.-N.-O. à Toulon.

Le 6 février de la même année (voir *Pl. IV*), une bourrasque a son centre le matin sur la mer Tyrrhénienne, une autre à l'O. de l'Irlande. Entre ces deux mouvements tournants l'air est calme et le baromètre haut. Il est bas sur l'Italie et l'Adriatique; le mistral souffle sur le golfe du Lion; le N.-O. souffle aussi sur l'Espagne, le N.-E. sur la Toscane et l'E.-N.-E. ou Bora à Trieste; Rome et Naples ressentent encore le S. La bourrasque du S. s'éloigne vers la Grèce; les pressions s'égalisent, le N.-O. perd sa force; cependant les vents d'entre E. et N. restent violents le 8 en beaucoup de points de l'Italie et de l'Adriatique soumises encore à l'action de la bourrasque. Le tourbillon qui arrivait sur l'Irlande a, le 8, son centre sur les Pays-Bas; il continue d'abord sa marche vers l'E., puis il descend vers le S.-E., et son centre arrive le 10 sur les provinces danubiennes; le baromètre a monté très-haut sur le N. et l'O. de l'Europe; il est bas au S. et à l'E. Les vents d'entre N. et E. ont partout une très-grande force, le mistral devient violent, le Bora souffle à Trieste, et l'Italie est balayée par des vents d'entre E. et N. qui soufflent en tempête.

Le N.-O. et le N. sont faibles le 19 février au matin (voir *Pl. V*) sur les côtes méditerranéennes de France; une bourrasque a son centre sur la mer du Nord et se dirige vers la Baltique et la Russie. Son influence se fait sentir sur la France océanique par des vents forts d'entre S.-O. et N.-O. Les vents sont faibles sur l'Italie et leurs directions y sont très-variables; enfin, de fortes brises d'entre N. et E. soufflent sur le S. de l'Espagne. La bourrasque marchant vers le S.-E., le baromètre, d'abord assez haut sur l'E. et le S. de l'Europe, baisse, tandis qu'il monte sur l'O. Le N.-O. augmente de force; il est très-fort le 21, jour où des vents de N. règnent sur toute la France. Les fortes pressions s'établissent sur le N.-O. de l'Europe et le mistral ne diminue de violence que dans les derniers jours du mois. Une nouvelle bourrasque arrive sur les Iles-Britanniques, et le vent tourne à l'O. le 28. La bourrasque a son centre sur l'Écosse et commence à envahir la France. Le calme règne sur l'Italie.

En toute saison le mistral se produit dans les mêmes conditions. Examinons deux cas de mistral pendant l'été.

Le 24 juin (voir *Pl. V*), de fortes pressions barométriques se mon-

trent sur le N.-O. de l'Europe, le baromètre indique 771 millimètres de pression à Valentia (Irlande), et 761 millimètres à Palerme.

Le N.-O. souffle assez fort à Cette; le vent est presque nul sur la Provence, l'Italie et l'Espagne. Le 25, la pression a augmenté sur la France et sur l'Italie, plus cependant sur la première. Elle était de 766 millimètres à Brest le 24 et de 761 millimètres à Palerme; elle est, le 25, de 770 millimètres à Brest et de 762 millimètres à Palerme. Le mistral s'est propagé jusqu'à Marseille; le vent est, le 25 au matin, presque nul du N.-O. à Toulon, modéré à Marseille et assez fort à Cette. La hausse continue sur l'Italie, et la baisse sur la France; le vent est, le 26, faible d'O. à Cette, modéré du N. à Marseille et assez fort de N.-N.-E à Antibes.

Les trois jours que nous venons d'examiner sont une période de calme pour le S.-O. de l'Europe.

Le 29 juin (voir *Pl. VI*), une bourrasque aborde l'Europe; elle passe sur l'Europe centrale; le vent, nul le 29 sur le bassin méditerranéen, sauf à Alicante où il est fort de N.-O., a pris de la force le lendemain 30 sur tout le bassin occidental; le N.-O. souffle sur le Languedoc et la Provence occidentale, le S.-O. à Antibes et sur le golfe de Gênes, le N.-O. sur l'Espagne. La bourrasque se transportant vers l'E., le baromètre remonte sur la France; le N.-O. augmente de force sur le Languedoc.

Le mistral exige donc pour sa production, quelle que soit la saison, les mêmes circonstances réunies. Que ce soit pendant une période de beau ou de mauvais temps pour le S.-O. de l'Europe, il faut toujours un excès de la pression de l'air à l'O. des Cévennes. Le mistral est un vent de poussée; nous l'avons vu commencer à l'O. et finir à l'E. Dans certains cas, une bourrasque passant au N. du golfe du Lion, le mistral est un vent de tempête ordinaire; dans tous les cas l'excès de pression signalé plus haut existe, mais, dans le cas d'une bourrasque, ce n'est qu'une circonstance concomitante et non une cause. La violence de ce vent est due à la forme de l'isthme pyrénéen. Dès que la direction générale du mouvement atmosphérique dépasse un peu l'O. vers le N., le plateau central et le massif des Alpes dévient le courant vers le golfe du Lion. Ce courant, rétréci entre les Alpes et les Pyrénées dans le sens de

la largeur, et par les Cévennes dans le sens vertical, constitue un *rapide* sur les côtes du Languedoc; de là une des causes de l'excès de pression sur le versant N.-O. des Cévennes et la diminution de pression sur la Méditerranée, là où le vent conserve une vitesse qui n'est plus en rapport avec la largeur du lit.

De là aussi la violence du vent du N. dans la vallée du Rhône entre les contre-forts des Alpes et ceux du plateau central.

De ce qui précède on peut conclure que, si le mistral doit ses qualités remarquables à des circonstances locales, sa première cause est liée à l'existence des courants généraux et des bourrasques, et qu'on peut l'annoncer comme un coup de vent ordinaire (*).

Les coups de vent de S.-E. qui arrivent aux équinoxes, les coups de vent d'E. de ces mêmes saisons s'expliquent de la même manière par le passage des bourrasques, et la disposition des pressions barométriques est, par suite, intimement liée à leur apparition. Les deux maxima du S. correspondent à des passages plus fréquents de bourrasques dans le voisinage du golfe du Lion au printemps et en automne. Une bourrasque a-t-elle son centre sur l'Espagne, le golfe de Gascogne ou la France, le S.-E. souffle dans le golfe du Lion pour se changer en S. puis en S.-O. Une bourrasque passe-t-elle sur le Portugal, l'Espagne, la Méditerranée et l'Italie, le vent est de S.-E., puis E., N.-E. et N.-O. sur le golfe du Lion. Il suffit de jeter les yeux sur les cartes résumées des différents mois en 1865 pour reconnaître la liaison entre ces deux maxima de S.-E. et le passage des bourrasques dans le golfe du Lion.

Le mistral est le vent le plus sec de ces parages, parce qu'il s'est asséché en passant sur les Cévennes; il est en effet pluvieux sur le versant N.-O. de ces montagnes: les vents des régions E. ou S. y amènent la pluie, parce que ce sont des vents marins sur les côtes et sur le versant S.-E. des Cévennes; ils sont secs sur le versant opposé.

Le régime des vents change promptement pour l'observateur qui de Marseille va dans le golfe de Gènes en suivant les côtes de France; O. et E. dominant sur les côtes de Provence vers Toulon, O. pendant les

(*) Une communication sur ce sujet a été faite à la Société Météorologique de France dans sa séance du 14 février 1866.

mois de mai, juin, juillet, août et septembre, E. surtout en octobre; il domine aussi en novembre, décembre et janvier.

Les brises de rivages, ou vents solaires, dominant de mai à la fin de septembre; elles doivent leur nom à ce qu'elles suivent le soleil dans sa marche. Si le vent d'O., par lequel elles se terminent le soir, dure pendant la nuit et le lendemain matin, il prend de la force dans la journée; c'est alors une dégénérescence du mistral ou la conséquence du passage d'une bourrasque au N. de la contrée.

Le N.-O. ou mistral souffle par bourrasques en été. Un fait curieux, c'est qu'il est modéré après une grande pluie et fort lorsqu'il succède à une petite pluie. Les nuages appelés *balles de coton* ou *cumuli*, l'accompagnent toujours et servent à annoncer son arrivée. Le mois d'août est parmi les mois d'été le plus fécond en coups de vent de cette région.

Il présente en général des caractères très-différents en hiver; sa violence et sa durée sont beaucoup plus considérables; dans cette saison il n'est plus produit par des mouvements d'air peu étendus, mais il se rattache à de fortes tempêtes dont le centre passe au N. des Alpes et qui occupent une très-grande étendue couvrant quelquefois presque toute l'Europe. La tempête passe-t-elle seulement sur les Iles-Britanniques, la France et l'Allemagne, son arrivée donne naissance à une compression de l'air contre les Alpes qui l'arrêtent dans son mouvement, et une partie se précipite dans la Méditerranée par le déversoir qui lui est fourni. Le N.-N.-O. prend de la force. La bourrasque marchant vers l'E.-S.-E., la partie où règne l'O. s'approche des Cévennes; le N.-N.-O. tourne à N.-O. et O.-N.-O.; la bourrasque passant, le vent retourne à N.-O. et à N. Si l'Espagne et le Portugal sont compris dans le cercle d'action du météore, le vent tourne de N. à O. et S.-O.; il est très-fort et devient terrible quand il retourne à O. et N.-O.; mais alors une tempête violente passe sur l'O. et le S. de l'Europe.

Je ne m'appesantis pas sur ce fait, que les nuages, marchant du N.-O. avec la forme de balles de coton annoncent l'arrivée d'un coup de vent de N.-O. Tout le monde comprend que, si un fluide se déverse par dessus un obstacle dans une masse du même fluide moins comprimée, il commencera à communiquer son mouvement aux couches les plus voisines, et seulement ensuite aux couches inférieures qui ne sont pas soumises directement à son action. Or, les courants d'O. rencontrent

dans l'isthme pyrénéen ces obstacles sous la forme de montagnes. Les Cévennes et les montagnes du plateau central leur barrent en partie l'entrée de la vallée du Rhône; les derniers contre-forts des Alpes et les monts de l'Estérel protègent enfin les côtes de Provence contre l'action immédiate de ces courants.

Lorsque des bourrasques ont leur centre sur la Méditerranée et qu'elles la traversent de l'O. à l'E., ou qu'elles y séjournent plusieurs jours, les vents tournent vers l'E. sur les côtes de Provence.

Tant que les vents d'E. sont faibles, le ciel reste clair; les nuages et la pluie suivent de près leur augmentation de force. Ils varient entre S.-E. et N.-E. pendant les gros temps; leur durée, égalant celle du passage des bourrasques au S. des Alpes, peut être fort longue; l'un d'eux a duré plus d'un mois, suivant l'amiral Bérard. On doit s'attendre à ces coups de vent surtout en décembre, janvier, février et mars, mauvaise saison de ces parages; ils alternent souvent avec les coups de vent des régions O. et soufflent avec une égale violence. Nous avons combattu l'explication du mistral par l'influence des condensations brusques de l'air ou de son refroidissement subit en passant sur de hautes chaînes de montagnes. Nous sommes loin de considérer cette influence comme nulle; seulement, parmi toutes les causes qui influent sur les phénomènes naturels, les unes sont plus générales; elles règlent l'ensemble des faits et les font tous concourir vers un but unique au milieu d'innombrables irrégularités apparentes; d'autres causes moins générales doivent être invoquées, sous la dépendance des premières, pour montrer la liaison de faits moins généraux, et l'on arrive, de proche en proche, à tenir compte ainsi de tous les agents naturels, en laissant à chacun d'eux son importance propre. Tel est l'esprit de toutes les méthodes propres à faire faire des progrès aux sciences d'observation.

Or, il arrive souvent que, s'il a plu ou s'il a neigé sur les montagnes voisines, les côtes de Provence ne ressentent pas l'effet des vents du large; ces derniers s'arrêtent à quelque distance du rivage, tandis qu'il souffle à terre de petites brises variables du N.-E. au N.-O. Le ciel est alors clair au zénith et l'horizon est chargé d'une masse de nuages fixes. Cet effet est dû aux courants froids descendant de la montagne, et la bande de nuages fixes est à la séparation des courants de montagne et des courants venus du large.

L'étude de toutes les circonstances locales de cette nature trouve sa place dans des monographies spéciales; les limites de ce travail ne nous permettent pas de les aborder. Si nous avons cité cet exemple, c'est pour montrer que nous ne méconnaissions pas l'influence des petites causes, mais que nous les subordonnons aux causes plus générales, qui sont les courants généraux et les bourrasques qu'ils entraînent.

Si nous descendons vers le S., nous verrons les vents dominants tourner le long des côtes d'Espagne de N.-O. à N. et N.-E. Les vents d'E, sont fréquents en été, c'est-à-dire en juin, juillet et août; en février, ce sont le N.-N.-O. et le N.-N.-E. qui dominent. Nous avons du reste vu la même chose sur les cartes de 1865.

Au lieu des coups de vent de N.-O. du golfe du Lion, on ressent aux Baléares des coups de vent de N. Ils ont une telle violence, qu'ils exercent une influence remarquable sur le versant septentrional de ces îles. Les plantes et les animaux y sont rachitiques, et l'espèce humaine elle-même ressent cette influence. Le versant méridional, au contraire, offre un aspect riant.

Ces coups de vent ne changent jamais leur direction pour le S., et lorsqu'on est surpris dans le voisinage de ces îles par un vent de N.-O. qui fait présager un coup de vent, les pilotes conseillent de s'abriter au S. des Baléares. L'existence de ces coups de vent est liée comme celle du mistral au passage de bourrasques dans le voisinage et quelquefois même à une grande distance. Seulement, nous n'admettons pas un rapport aussi direct entre ces vents et le mistral, que paraît le faire l'amiral Bérard (*).

« Les coups de vent de N.-O., dit-il, qui se font sentir dans le golfe du Lion, arrivent à Mahon, après avoir changé leur direction au N. »

Les cartes étudiées plus haut pour déterminer les conditions dans lesquelles se produit le mistral montrent suffisamment que tantôt le mistral et le N. des Baléares souffleront ensemble ou successivement, ou que le mistral souffle sans que l'autre lui succède ni le précède. Ce qu'il y a de général, disons-le encore, c'est la bourrasque tournante.

(*) *Description nautique des côtes de l'Algérie*, par M. A. BÉRARD, capitaine de corvette, suivie de Notes par M. DE TESSAN, ingénieur hydrographe; 1837.

Les vents des régions N. règnent du reste pendant une grande partie de l'année de la Corse à l'Atlantique; les Baléares ne présentent pas plus que les côtes de France un phénomène dû à des causes locales. Les roses de vents de Lisbonne montrent en effet que le N. et le N.-N.-O. dominent pendant toute l'année sur les côtes du Portugal; les vents les plus fréquents y sont ensuite ceux de S.-O. ou O.-S.-O.; ils présentent deux maxima en mai et juin, puis en septembre et octobre, c'est-à-dire aux mêmes époques que les maxima des vents de S.-E. sur les côtes méditerranéennes de France; les vents de N.-N.-O. sont les plus nombreux pendant l'été de notre hémisphère, surtout en juillet et août. Leur variation est liée à celle de l'alizé qui, pendant ces mois, remonte jusqu'aux côtes du Portugal. Elle l'est aussi à la position de la trajectoire des bourrasques; en été un grand nombre redescendent sur l'Espagne et le Portugal, entraînées vers le grand désert, au lieu de continuer leur route vers le N.-E. ou l'E. comme d'autres le font, et comme il arrive en général pendant les autres saisons.

Entre le cap Saint-Vincent et le cap Spartel, les coups de vent les plus désagréables sont ceux de S.-O. Ils commencent en général par une brise d'entre S. et S.-S.-O.; ils sont dus au passage de bourrasques tournantes dont le centre est au N. de l'Espagne ou traverse cette région de l'O. à l'E. ou du S.-O. au N.-E.

Les cartes de janvier 1865 montrent des exemples de ce vent; on peut suivre le mauvais temps dont le centre aborde l'Europe par les Iles-Britanniques ou le golfe de Gascogne et marche ensuite vers l'E.

Nous avons vu ensuite en 1865 le vent tourner au N.-E. plus fréquemment à mesure que nous descendons vers le S. le long de la côte d'Espagne; cet effet, dû à ce que les montagnes arrêtent en partie les vents des régions O., ne se produit plus dans les fortes tempêtes. Dans ce cas, l'atmosphère est fortement agitée, et les montagnes n'offrent plus au vent qu'un obstacle insuffisant. On a donc aussi dans ces parages des coups de vent d'entre S.-O. et N.-O.

Nous en dirons autant du détroit de Gibraltar, où les vents d'E. et ceux d'O. sont dominants à cause de l'orientation de ce canal. Ceux de l'E. dominent les autres en été surtout, comme nous l'avons remarqué déjà en 1865. L'alizé y atteint, et ne pouvant s'alimenter par l'Espagne, il le fait par le détroit.

Les vents des régions O. dominant sur le golfe de Gascogne; Madrid, soumis à ces influences diverses, a des vents très-variables.

L'influence de l'Espagne, avons-nous dit, cesse de se faire sentir à une distance peu considérable des côtes; nous voyons en effet les vents d'entre N.-O. et S.-O. reprendre en hiver leur empire sur les côtes d'Algérie; pendant cette saison, ils soufflent presque seuls, et ils dominent de septembre en mai; ils tournent ensuite vers N. et quelquefois vers N.-E. Ils atteignent au N. leur plus grande violence,

Pendant l'été, les vents des régions O. cèdent la place à ceux des régions E., variant principalement entre N.-E. et S.-E. ou E. et S., suivant les points.

Ce fait n'est pas particulier aux côtes; les observations faites à l'hôpital militaire de Biskra (*), de 1845 à 1853, montrent en effet dans cette localité, située sur les confins du désert, deux vents dominant de beaucoup les autres :

Le N.-O. et le S.-E., le premier en hiver, le second en été et pendant la plus grande partie de l'automne.

Nous avons déjà fait voir en parlant du mistral la liaison entre les vents en Italie et les courants généraux; nous avons aussi remarqué une rotation apparente de l'air dans l'anse formée par les Alpes pendant l'année 1865. Les moyennes d'un grand nombre d'années conduisent à des résultats semblables. L'inspection des roses des vents à Rome, Livourne, Forli, Udine, Venise et Turin le montre immédiatement. Les vents forts sont sur les côtes du Piémont et de la Toscane surtout d'E. et de N.-E. en hiver, d'entre S.-O. et N.-O. en été. Cette dernière circonstance vient seule y troubler la beauté de l'été; l'hiver est caractérisé par de violents coups de vent accompagnés de pluies d'orages, mais les vents du N. balayent promptement l'atmosphère.

La mer Tyrrhénienne est très-tourmentée par des coups de vent de S.-O.; on peut voir dans le paragraphe où nous indiquons la cause du mistral, que le S.-O. observé dans les parages de la Corse n'est pas plus une dégénérescence du mistral que ne le serait le N.-O. ou le S. Tous les deux prennent naissance dans des conditions générales données, qui

(*) Observations publiées dans l'*Annuaire de la Société Météorologique de France pour 1854.*

sont le passage des bourrasques, et les cartes discutées plus haut donnent des exemples de mistral avec des vents très-divers sur les mers et la terre italiennes.

Si l'influence du voisinage des montagnes empêche quelquefois sur les côtes de Provence l'arrivée des vents du large, qu'elle remplace par de petites brises de terre, elle est sensible aussi sur les bords du golfe de Gênes et en Corse, partout en un mot où de profondes vallées et des ravins bordés de montagnes très-élevées s'ouvrent sur la mer. Les baies où viennent déboucher les ravins et les vallées sont le siège de coups de vent très-violents, dont l'action s'étend peu. Nice même, dont le climat est si connu pour sa douceur en hiver, n'est pas exempt de ces brises subites, qui y rendent l'été souvent désagréable pour les malades. L'amiral Smyth sentit lui-même sur les côtes E. du golfe de Gênes et de la mer Tyrrhénienne ces coups de vent, bien qu'au large régnât une fraîche brise de S.-O.

La chaleur de l'été est souvent dans les eaux corses diminuée par des vents violents qui descendent des montagnes. L'un d'eux, très-connu sous le nom de *libeccio* sur la côte orientale, vient du S.-O.; quand il souffle, tantôt il s'étend à peu de distance sur la mer, sa durée est faible et ce n'est qu'une brise locale; d'autres fois il se rattache comme les autres vents aux bourrasques voyageuses; il tourne alors à l'O., puis au N.-O. et au N. La soudaineté de ces vents côtiers force les marins de ces parages à employer des vergues qui peuvent se carguer en un instant comme la voile latine.

Les vents d'entre N.-O. et N.-E. causent souvent de nombreux désastres de décembre à mars sur les côtes non abritées de la Corse. Le S.-O. précède en général ces vents, il a parfois beaucoup de force aussi sur la côte occidentale. C'est pendant un libeccio, que la *Sémillante* s'est perdue dans le détroit de Bonifacio.

Sur la Sardaigne et tout autour, les vents dominants sont d'O.-N.-O. variant à N. et E. Le rapport des premiers aux seconds est environ de 42 à 29; les vents d'E. sont humides et malsains, les autres secs et sains. Le mistral ou vent de N.-O., souffle souvent et avec violence; son effet sur le district de Narra exposé à son action est analogue à l'effet des vents de N. sur le versant septentrional des Baléares. Le vent d'O. amène toujours de la pluie; quand il tourne à S.-O., sa violence cause

bien des dégâts. Les vents du S. n'arrivent qu'en hiver et battent violemment les baies qui leur sont ouvertes. Le *gregale* ou N.-E., en Sardaigne comme en Corse, a, dit-on, deux faces, car il est très-inconstant, soufflant par rafales. Il est accompagné d'abondantes averses. Le vent d'E., ou *bentu de Solo*, est annoncé par une couronne de nuages à la crête des montagnes; il est ordinairement accompagné de très-forts éclairs; sa grande humidité le rend incommodé lorsqu'il dure longtemps. Le vent de S.-E. possède encore plus que l'E. des propriétés débilitantes à cause de sa richesse en vapeur d'eau; il règne sur toute la mer Tyrrhénienne et le golfe de Gênes; la Sicile, l'Italie, la Sardaigne et la Corse ressentent l'influence de ce vent orageux et humide.

La Sicile est bien proprement l'île centrale de la Méditerranée et elle présente aussi un état moyen par rapport au vent et à l'état du ciel. Pendant que le soleil est au N. de l'équateur, le ciel, bien que présentant rarement le bleu foncé des tropiques, est clair et brillant; après l'équinoxe d'automne, les vents deviennent impétueux et l'atmosphère comparativement chargée, les brouillards et la rosée augmentent, surtout sur les côtes, et il tombe d'abondantes averses. Les vents sont en général très-changeants. Le N. et l'O. dominant; ils sont secs et sains et donnent un ciel pur et un sentiment de bien-être; les habitants de Palerme préfèrent le *mamatili*, variété de mistral. Les vents d'E. à S. sont forts; ils amènent des brouillards malsains et ils sont souvent accompagnés de fortes averses et d'orages. A Palerme, le *sirocco* est particulièrement désagréable, bien que cette ville soit au N.-O. de l'île; mais elle est dans une plaine environnée de hautes montagnes, et les rayons du soleil se concentrent sur la ville.

Leur position géographique rattache à la Sicile les îles de Gozzo et de Malte situées au S. Ces îles ont le climat le plus constant de l'Europe. Cependant il souffle quelquefois des vents d'un caractère orageux et accompagnés de pluies vraiment tropicales. Les plus violents sont ceux de N.-E. Le S.-O. est le plus chaud des vents d'été; souvent il dessèche et brûle tellement les campagnes, qu'on perd tout espoir de récolte. L'échauffement extrême de la surface calcaire de Malte y rend les nuits d'été insupportables, surtout dans le mois d'août.

Le *sirocco*, ou vent de S.-E., est encore dans ces parages l'hôte le plus désagréable. Quand il commence à souffler, l'air est lourd et bru-

meux, et de longs nuages blancs s'étendent un peu au-dessous du sommet des montagnes jusque sur la mer, parallèlement à l'horizon; il finit souvent par un calme soudain auquel succède un vent de N.-O. Le thermomètre n'indique au commencement aucune variation notable, mais il monte ensuite à 25 degrés, et dans les cas rares à 28 degrés. L'action de ce vent sur nos organes, due à sa grande humidité, fait croire, au premier abord, que sa température est plus élevée. L'hygromètre monte beaucoup et le baromètre descend. Ce vent débilitant ne dure, par bonheur, pas plus de huit jours; ces caractères, il les conserve jusqu'en Corse, où nous avons fréquemment observé ces mêmes phénomènes sur le versant oriental de l'île.

Entre le Delta du Nil et l'Adriatique, les vents sont sur mer d'O., comme nous l'avons vu pour l'année 1865; ils tournent vers l'E. par le N. Ils soufflent souvent avec violence et à l'improviste. Le temps y est généralement beau : l'ardeur de l'été est tempérée le long des côtes par des vents venus de la haute mer, et les vents y sont remarquablement doux.

Quand le soleil s'approche du tropique du Cancer, les vents tournent vers N. et y restent d'une manière assez continue pendant tout l'été; quand le soleil retourne dans l'hémisphère austral, les vents retournent vers S. et O. Ces vents de N., qui dominent pendant toute la saison chaude, sont dus à l'aspiration exercée par le Sahara et l'Arabie sur les courants généraux qui viennent de l'Atlantique et traversent l'Europe, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut. Et, en effet, les vents les plus forts de ces régions sont au commencement du printemps d'entre N. et E. et d'entre S. et O., ou N.-O. aux autres époques de l'année, comme il doit arriver dans une région sur laquelle passent des bourrasques de l'O. à l'E. ou de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., le centre étant au N. du lieu d'observation; nous avons vu qu'alors les vents, surtout les forts, varient d'entre S. et N. par O.; puis, si des bourrasques se dirigent du N. au S. ayant leur centre à l'E. du lieu considéré, les vents forts varieront entre N.-O. et N.-E. Quant aux coups de vent du S., leur explication est la même que celle du sirocco.

Les vents de N. soufflent aussi presque constamment en été sur l'archipel grec et sont connus depuis longtemps sous le nom de vents *été-*

siens. Ils commencent après le solstice d'été et durent quelquefois jusqu'à la fin de l'automne. Ils sont interrompus surtout vers l'époque des solstices, c'est-à-dire des jours les plus longs et des jours les plus courts, par des vents de S.-E. et de S.-O. qui soufflent avec une grande force; en hiver cependant les coups de vent de N. sont encore plus à craindre et sont souvent accompagnés de neige ou de grêle. Les vents étésiens acquièrent quelquefois en été une violence extraordinaire, et, bien qu'ils soient utiles aux navigateurs, ils ne laissent pas d'être parfois pernicious, froids et chargeant l'horizon d'épaisses vapeurs. Ils nuisent quelquefois beaucoup à la végétation, et, à peine ont-ils soufflé quelques heures, que les sommets des montagnes d'Albanie et de Grèce se couvrent de neige. L'examen de cartes synoptiques fait comprendre que ces vents sont dus, dans ce cas, à des bourrasques traversant la Russie et l'Asie-Mineure du N.-O. au S.-E. et exerçant leur influence sur la Méditerranée orientale, tandis que les vents forts de S.-E. et de S.-O. sont produits par des bourrasques courant de l'O. à l'E. en traversant l'Europe diagonalement et agissant successivement sur toute la Méditerranée; leur centre, étant à une latitude plus ou moins élevée, produit cette différence de vent.

Remontons-nous vers le N.-E., la tendance des vents de N. à dominer devient de plus en plus marquée; pendant la plus grande partie de l'année, le N. et le N.-E. règnent à Constantinople; Soulina (*) et Odessa la montrent dans leurs roses de vent avec une concordance remarquable. Après avoir dominé pendant les mois de décembre et de janvier, les vents des régions N. font rapidement place, en février et mars, à ceux des régions S. Ce fait concorde avec ce que nous avons vu des bourrasques, qui, à ce moment de l'année, traversent l'Europe centrale du N.-O. au S.-E., quelquefois même du N. au S. Les vents des régions S. diminuent en avril, mai, juin, époque à laquelle ils présentent un minimum; ils augmentent une seconde fois de nombre pendant les mois de juillet, août et septembre, diminuent brusquement en octobre comme ils ont augmenté en février, restent peu nombreux en novembre et croissent de nouveau en décembre, pour redevenir presque nuls en janvier. Les variations de ces vents sont liées à l'amplitude

(*) Soulina est située à l'embouchure du Danube.

des courants généraux; les bourrasques passent au N. de l'Europe et redescendent vers le S. sur la Sibérie. Elles n'agissent pas alors en général sur l'Europe méridionale, qu'une seconde ligne de bourrasques borde au S., produisant dans les régions que nous étudions des vents d'entre N.-O. et N.-E. Le mois de décembre fait exception à cause de la grande sphère d'action des bourrasques de ce mois; on sait que, souvent, leur centre passant sur le N. de l'Europe, elles étendent leur influence sur tout le continent, y donnant jusqu'en Algérie et en Asie-Mineure des vents d'entre S.-O. et N.-O.

Les courants ont plus d'amplitude en été, et le trop-plein de l'air dilaté de notre hémisphère se porte vers l'hémisphère austral; les bourrasques ont moins d'étendue; elles passent en grand nombre au S. des Alpes. Cependant, celles qui passent au N. de ces chaînes traversent les Pays-Bas, l'Allemagne, la Pologne et la Russie méridionale, pour se diriger vers la haute Asie; leur action s'étend sur la mer Noire et y occasionne des vents d'entre S.-E. et S.-O. tournant à N.-O.

Telle est la cause de la recrudescence des vents des régions S. qui s'observe dans cette saison.

Il nous reste à examiner les vents de l'Adriatique et de la haute Italie. Ils suivent en général à peu près la direction de l'axe de cette mer et lui sont rarement tout à fait perpendiculaires. Assez constants et d'entre S. et E. dans la partie méridionale, les vents sont très-variables au centre et au N. de l'Adriatique. Il ressort cependant un fait de l'examen des roses mensuelles des vents à Forli (*), Venise (**), et Udine (***) (Cette dernière ville est dans le Frioul, non loin de Trieste.) Le N. domine pendant l'hiver, le S. pendant l'été. On voit à Venise le vent, presque uniquement des régions N. en décembre, janvier et février, tourner vers E. et S. en mars, avril, mai et juin; le S. domine dans ce dernier mois; la rotation en sens inverse se fait sentir dès juillet et continue jusqu'en décembre.

Il suffit de jeter les yeux sur les cartes journalières déjà discutées,

(*) Observations extraites du *Bulletin de l'Observatoire du Collège romain*.

(**) Observations tirées du *Climat de Venise*, par MM. GIACINTHO NAMIAS et ANTONIO BERTI.

(***) *Le Climat d'Udine*, par VERCELLIO.

pour reconnaître que tous ces vents sont en liaison immédiate avec le phénomène général dont la connaissance sert de base à notre étude, je veux dire la bourrasque tournante avec toutes les propriétés qu'on lui connaît.

Dans les environs de Trieste souffle à des intervalles irréguliers, et surtout en été, un vent tempétueux, appelé *Bora* par les gens du pays. Sa violence et sa sécheresse extrême le font redouter beaucoup. Tantôt il ne dure que peu d'instants, tantôt il persiste plusieurs jours de suite. Il peut être comparé au mistral et paraît souvent le dépasser en sécheresse. Ici se présente comme pour le mistral une hypothèse, simple en apparence, qui consiste à le considérer comme dû à un refroidissement et à une dessiccation subite de l'air passant sur les Alpes. Ce vent n'est pas plus le produit de circonstances locales que le mistral et le sirocco.

Il soufflait au commencement de février 1865; or, nous voyons que, le 6 de ce mois (*Pl. IV*), une bourrasque a son centre vers les îles Lipari. Sous son influence, les vents sont forts de N.-E. sur la Toscane, de N.-O. sur le golfe du Lion et l'Espagne, et assez forts de l'E. sur l'Adriatique. Le surlendemain, 8, la bourrasque a marché vers le S.-S.-E., et les vents tournent au N. en gardant une grande force sur l'Italie et l'Adriatique, pendant qu'ils diminuent sur la France et l'Espagne. Le lendemain, 9, la bourrasque continue de s'éloigner; après une journée de calme relatif, une autre lui succède le 10, et les vents reprennent la même marche que précédemment. Le Bora, dans cet exemple, est loin de se montrer comme un phénomène local.

Le 20 février, des vents violents des régions N. accompagnent, sur la mer du Nord, l'Angleterre et la France, une bourrasque dont le centre est sur la Suède méridionale; l'O. souffle fort sur l'Europe centrale, et le S. ou le S.-E. sur la Baltique russe. Le météore est gêné par les Alpes dans sa marche vers le S., et le vent retourne au S.-O. sur les pentes de ces montagnes; il souffle fort de N.-O. dans l'isthme pyrénéen, de S.-O. sur le golfe de Gênes et de S.-E. sur l'Adriatique septentrionale, tandis qu'il a encore peu de force sur l'Italie méridionale et la Sicile. Le mauvais temps marche vers le S.-E., et, dès le soir du 20, des orages éclatent sur l'Adriatique, tandis que le vent prend de la force de S. à Naples. Il reste faible à Palerme.

Le lendemain matin, le N. et le N.-O. ont redoublé de violence sur le golfe du Lion; le N. devient très-fort à Rome, et les vents ont tourné à N. ou N.-E. sur toute la Péninsule et sur l'Adriatique. Trieste, Livourne et Florence, mieux abrités par les Alpes, sont encore dans le calme. Des orages éclatent le soir sur l'Adriatique, et le vent devient violent de N.-E. à Lessina, fort de N.-N.-E. à Ancône, modéré de N.-O. à Naples et à Livourne. Le vent modéré d'O. le matin, à Palerme, y devient le soir fort de l'O.; un orage éclate; il neige et il grêle.

Le 22, au matin, le vent est très-fort de N.-O. à Palerme; il y souffle le soir en ouragan de N.-N.-O.; il est encore fort de N.-E. sur l'Adriatique, de N.-N.-O. à Rome; l'E. souffle fort à Trieste, et le N.-E. à Antibes, pendant que le mistral continue sur le golfe du Lion. Le S. revient sur l'Italie moyenne, et le calme se rétablit le lendemain et les jours suivants, se transmettant comme le mauvais temps du N.-O. au S.-E.

Une bourrasque qui traverse l'Europe de l'O. à l'E., du 12 au 15 juillet de la même année, donne le 12 : à Florence et à Livourne, des vents des régions O., et le soir des orages; à Rome, des éclairs durant cette journée; à Naples, de la pluie pendant la nuit du 12 au 13. Jusqu'alors, les vents sont restés d'E. à Trieste; on y ressent, le 13, de 6 heures à 9 heures du matin, une bourrasque d'entre O. et N., et un orage éclate à Lessina; les vents tournent au N. sur toute l'Italie; puis, au N.-E., ils y restent le jour suivant, et Lessina seulement signale du mistral fort dans la soirée du 14 juillet.

Pendant ce temps, une bourrasque très-étendue traversait l'Europe; arrêtée par les Alpes, elle s'était divisée, et, le 14, son centre était sur l'Asie; le calme était revenu sur l'Espagne, la France, l'Allemagne et la Russie.

Les autres vents qui soufflent dans ces parages sont aussi liés au mouvement général de l'air d'une manière toujours identique. Les 29 et 30 juin, et le 1^{er} juillet, deux bourrasques se suivant de très-près traversent l'Europe de l'O. à l'E.; la série des trois cartes ci-jointes (*Pl. VI*) montre suffisamment le transport du mauvais temps et la liaison entre sa marche et la rotation du vent, d'après les principes exposés au commencement de ce mémoire.

Les plus petits accidents atmosphériques, tels que les orages de peu

de durée, de petits coups de vent insuffisants pour interrompre une période de calme, se rattachent à la circulation générale, et les mouvements de l'air qui les engendrent se transportent avec le courant général. On le suit comme à la piste, si l'on a à sa disposition un réseau assez compacte d'observations. Ce fait démontré complètement, d'après les inspirations de M. Marié-Davy, dans un travail de M. Fron, sur les orages de France, se rattache trop indirectement à mon sujet pour que je donne de nouvelles preuves de son exactitude; on a pu, du reste, en suivant les discussions précédentes, reconnaître toujours les bourrasques avec leurs caractères, leur côté dangereux, le mauvais temps et les vents violents qui les distinguent.

CHAPITRE V.

PLUIES.

Pluies. — Les courants généraux dont nous avons montré la distribution sont, à la surface de l'Europe, surtout des courants marins; ils viennent de l'O. et s'inclinent plus ou moins vers le S., suivant les époques de l'année, pour retourner à la zone d'aspiration d'où ils sont partis. Ils se dépouillent de leur humidité en passant sur l'Europe et arrivent presque secs en Russie, au moins dans la partie méridionale; au delà, sont les déserts arides de l'Asie et de l'Afrique, sur lesquels ne passe que de l'air desséché.

Il en résulte qu'on trouve de moins en moins de pluie sur notre continent à mesure qu'on en considère des points plus orientaux, et que sur l'Europe orientale la pluie doit être de plus en plus rare quand on descend vers le S. La conséquence est que les courbes, passant par les points où il pleut également, doivent être comme les côtes d'Europe dirigées du S.-O. au N.-E., les courbes de précipitation maxima étant les plus occidentales.

Les aspérités du sol modifient cette distribution de la pluie tout en lui laissant son caractère général. Des montagnes pouvant arrêter dès

courants d'O. et les relevant sur leurs rampes favorisent évidemment la précipitation de la vapeur d'eau qu'ils renferment par suite de la diminution de température, à mesure qu'on monte dans l'atmosphère; le côté occidental d'une chaîne doit donc recevoir plus d'eau qu'il n'en tomberait au même lieu, si la chaîne n'existait pas, et le côté oriental abrité contre l'action directe de ces courants doit en recevoir moins. Aussi, remarque-t-on que les courbes s'infléchissent dans le voisinage des hautes montagnes sur le penchant occidental desquelles on voit des maxima. On sait aussi que la pluie tombe plus abondamment en été dans le N., le centre et l'E. de l'Europe, à l'exception des côtes, tandis que dans le midi la pluie tombe surtout en hiver, et entre ces deux régions le maximum de pluie est en automne. Le nombre des jours de pluies est beaucoup plus grand que dans le N., mais les pluies du midi sont torrentielles, ce qui est bien plus rare dans le N.

Dans le midi, on est sous le régime des pluies tropicales dues aux contre-alizés. Dans le N., cette influence disparaît peu à peu, mais alors survient le contre-alizé prolongé sur le Gulf-Stream.

Les cartes de Méditerranée ci-jointes (*Pl. II* et *Pl. III*) donnent la distribution des pluies par saisons sur cette partie du monde; la plupart des documents qui nous ont servi pour les dresser sont extraits de *l'Annuaire de la Société Météorologique de France*.

L'automne est la saison pendant laquelle tombe le maximum de pluie dans toutes les stations de cette carte; l'été correspond au minimum. Il existe en automne plusieurs maxima. Le plus considérable est sur le N.-O. de la péninsule Hispanique. Il persiste pendant les autres saisons en perdant de son intensité. Il décroît très-rapidement vers l'E., et tout près de ce maximum se trouve un minimum aussi remarquable au S.-E. de l'Espagne. L'Andalousie, la Murcie et une partie de la Castille sont des contrées presque sans eau; dans la Murcie, il se passe des années sans qu'il tombe une goutte d'eau. Le climat est tout à fait saharien, et l'on peut même en quelques points cultiver le dattier et la canne à sucre.

Les courbes s'infléchissent vers l'E., de manière à prolonger le maximum le long de la vallée de l'Èbre et des Pyrénées.

Un second maximum existe sur le versant occidental des Alpes; il se prolonge sur le N. du plateau central de France en diminuant assez

rapidement d'intensité, et, vers le S., le long des Alpes, du Dauphiné et des Alpes maritimes.

Près de ce maximum est encore un minimum dans la plaine de la Crau et la partie basse de la vallée du Rhône. Ce minimum, moins bien marqué que le précédent, se relie avec une région à pluie minima qui longe la partie S. du plateau central et suit la vallée de la Garonne jusqu'à Bordeaux.

Le golfe de Gènes présente en toute saison un maximum ; il suit les pentes méridionales des Alpes Liguriennes et le versant occidental des Apennins ; il diminue d'intensité vers le S.

On voit enfin un dernier maximum sur la Vénétie et le Frioul ; assez considérable à cette époque de l'année, il persiste dans toutes les saisons. Une précipitation assez abondante se produit sur la plaine du Pô, à peu près également sur les deux versants, et elle augmente avec l'altitude. Le maximum se continue donc en diminuant d'intensité vers l'O. pour se relier avec celui du golfe de Gènes. Il diminue très-rapidement vers le S.-E. sur l'Adriatique. La quantité d'eau tombée garde à peu près la même valeur sur les deux côtés de cette mer ; elle diminue très-vite à l'E. des Alpes Illyriennes et Dalmatiennes, et elle est très-faible sur la vallée du Danube et la région des Karpathes, tout en gardant une valeur un peu plus considérable sur le versant occidental de cette chaîne. Le minimum d'Espagne fait suite au désert du Sahara, mais ils sont séparés par une bande pluvieuse longeant le rivage de l'Algérie et de la Tunisie septentrionale. Cette bande fait suite au maximum espagnol.

Nous voyons, en effet, à Alger, une moyenne de 200 millimètres d'eau et une moyenne de 100 millimètres à Oran et à Mostaganem. Pour peu qu'on descende vers le S., la quantité de pluie diminue rapidement, et Biskra, sur les confins du désert, ne reçoit plus que 5 millimètres d'eau, quantité tout à fait insignifiante.

Hiver. — Nous retrouvons en hiver un maximum sur le N.-O. de l'Espagne et du Portugal, et un minimum sur le centre et l'E. de la Péninsule. Le maximum est moins considérable qu'en automne ; ainsi, pendant cette dernière saison, il tombe à Coïmbre (Portugal) 1200 millimètres d'eau, et il n'en tombe que 600 millimètres en hiver ; la pluie

est moins abondante sur le N. de la presqu'île; il en tombe en plus grande quantité sur le S.

Le littoral algérien participe à cette augmentation, et la quantité d'eau varie dans les différentes villes de 300 à 400 millimètres. Biskra même subit un accroissement de 5 à 15 millimètres. La variation est insensible sur l'Italie méridionale, mais il y a sur le N. une diminution notable jusque dans les deux maxima que l'on trouve dans les mêmes régions.

Le même effet se remarque sur la France, où la zone qui s'étend du golfe de Gascogne au plateau central est encore le prolongement du maximum d'Espagne, tandis qu'on observe un minimum peu accentué de Nîmes à Valence, en suivant la vallée du Rhône.

Si l'on trouve peu de changements sur l'Autriche, on voit une diminution notable sur les pentes occidentales des Karpathes; la quantité de pluie s'y est abaissée de 100 à 16 millimètres; elle est restée variable entre 50 et 100 millimètres sur l'Autriche, et elle est de 50 millimètres à l'E. des Karpathes.

Enfin la mer Ionienne et l'Adriatique méridionale ont subi une augmentation de 190 millimètres, tandis que l'on observe dans les îles Illyriennes une diminution de 200 à 100 millimètres.

Printemps. — La pluie se reporte vers le N. dans cette saison; sa quantité diminue sur les côtes d'Algérie de 400 à 200 millimètres; elle est restée à peu près la même sur les hauts plateaux de Biskra; elle augmente de 300 à 400 millimètres sur les côtes de l'Adriatique, et de 200 à 300 millimètres sur le plateau central de la France. Les maxima d'Espagne et d'Italie occupent toujours les mêmes positions; celui d'Espagne s'est resserré entre Coïmbre, Santiago et Oviédo; au lieu de 700 millimètres tombant en hiver au détroit de Gibraltar, il n'en tombe que 260 millimètres; en revanche, suivant le mouvement général indiqué plus haut, la précipitation a beaucoup augmenté sur le N.; elle a varié de 300 à 500 millimètres à Oviédo.

Le maximum du N. de l'Adriatique a un peu augmenté de hauteur, de 350 à 400 millimètres; la précipitation s'est légèrement accrue dans la plaine du Pô. En revanche, elle a diminué sur le golfe de Gênes, l'Italie et l'Adriatique centrale et méridionale. On observe tou-

jours sur cette mer un minimum s'étendant à l'E. des derniers contre-forts des Alpes sur l'Autriche. Nous avons fait remarquer qu'en automne la précipitation se fait en plus grande quantité sur le versant occidental des Karpathes qu'à l'E. de ces montagnes; la précipitation restée constante à l'E. a beaucoup diminué pendant l'hiver à l'O.; elle y est devenue presque nulle. Elle augmente au printemps, devient de 95 millimètres à l'E., varie de 68 à 90 millimètres à l'O.; elle est généralement plus faible sur les parties basses de l'Autriche. Si le maximum d'Espagne a diminué de valeur, surtout dans le S., la quantité de pluie a augmenté au centre et à l'E. depuis l'hiver; ainsi elle a varié à Madrid de 40 à 60 millimètres; l'augmentation a par suite été moindre dans l'E.

Quant au centre et au S. de la France, nous y trouvons des variations sensibles, mais paraissant autant liées à des circonstances tout à fait locales qu'à un fait général. Cependant la précipitation qui avait, depuis l'automne, beaucoup diminué dans le N. de la vallée du Rhône et sur le N. du plateau central, est redevenue plus abondante dans ces régions; elle n'a pas changé sur le S. de la vallée du Rhône et la Provence; elle y est restée plus faible qu'en hiver; enfin elle a augmenté sur l'O. des Cévennes et des montagnes du Forez pour rester à peu près constante sur l'Océan.

Été. — La quantité de pluie devient presque nulle sur le S. et l'E. de la péninsule Hispanique, l'Algérie, la Sicile, l'Italie méridionale et presque toute l'Adriatique. Elle est ainsi très-faible sur le Languedoc, la Provence, l'Autriche. Dans toutes ces régions, elle ne dépasse pas 100 millimètres, et dans beaucoup d'entre elles elle n'est guère que de quelques millimètres.

Le maximum d'Espagne et de Portugal est de 500 millimètres à l'ombre; l'été est, après le printemps, la saison la moins pluvieuse pour ce point. Le maximum se continue, comme pendant les autres saisons, le long des montagnes des Asturies et des Pyrénées, en diminuant graduellement de valeur; il se continue sur la pointe occidentale des Cévennes jusqu'au N. du plateau central et de la vallée du Rhône; il varie alors entre 200 et 300 millimètres. A l'O. la précipitation diminue vers la Garonne, et on a une région maxima entre deux minima.

Le maximum du Frioul a augmenté de valeur depuis le printemps. Il est remarquable que, après l'automne, l'été est, pour cette région peu étendue, la saison la plus pluvieuse. C'est une exception dans le bassin méditerranéen. Seulement, tandis que la précipitation y était maxima à l'E., sur le versant occidental des Alpes Carniques, pendant les trois autres saisons, elle est, en été, maxima à l'O. sur le versant oriental des Alpes du Tyrol, et de 470 millimètres.

La vallée du Pô reçoit une quantité moindre de pluie; le versant N. en reçoit plus que le versant S.; elle varie peu régulièrement de l'E. à l'O.; un maximum existe toujours au S. des Alpes Liguriennes; il est séparé du maximum de la plaine du Pô par une zone minima peu accentuée qui occupe le versant N. des Alpes Liguriennes et de l'Apenin septentrional; mais ce maximum est devenu presque insensible. La précipitation, qui y dépassait 500 millimètres en automne, y est réduite à 160 millimètres.

Enfin, le maximum de la mer Ionienne a disparu; la quantité de pluie est très-faible sur l'Adriatique et l'Italie; elle diminue vers le S.-E.; elle est très-faible aussi sur l'Autriche, et elle n'a augmenté quelque peu que dans le voisinage des Karpathes; elle y dépasse 100 millimètres à l'E. comme à l'O. de la chaîne.

On voit, en résumé, comme lois générales: le décroissement de la condensation du N. au S. et de l'O. à l'E.; le maximum de pluie en automne dans le N., le centre et l'O. de la Méditerranée, et, en hiver, dans le S.

La précipitation excessivement faible en été, sur le midi, ne s'y fait qu'à de très-rares intervalles par des averses ou des pluies d'orage; l'effet de la sécheresse de l'été se fait sentir de plus en plus quand on s'approche des déserts africains. Ainsi l'été, sous l'influence du S.-O. persistant, est parfois tellement chaud et sec à Malte, que les campagnes sont brûlées et les récoltes perdues. On a vu plus haut que l'effet opposé s'obtient quand règne le S.-E. ou sirocco, vent pendant lequel l'hygromètre indique un accroissement notable de l'humidité et le baromètre baisse beaucoup.

Entre le Delta du Nil et la petite Syrte, le temps est généralement

beau; il n'est troublé, de temps en temps, que par des pluies d'orage de courte durée.

Le climat de l'Attique est sec et le ciel y est généralement clair; l'air de l'Attique a toujours passé pour le plus pur de la Grèce, et il l'est encore aujourd'hui; un papier a pu être exposé à l'air toute la nuit par M. Lusieri, dont la maison était sur l'emplacement de l'ancien Prytanée, et l'on pouvait tout aussi bien écrire dessus le lendemain matin. On attribue même à cette grande sécheresse de l'air l'étonnante conservation des monuments athéniens.

On sait que les moyennes annuelles des pluies ont indiqué une précipitation plus grande sur le versant occidental des chaînes de montagnes que sur le versant oriental. Cela tient à ce que nous sommes soumis à des courants d'O. plus fréquents que ceux d'une direction opposée et que, de plus, les courants d'O. sont marins pour nous; or, nous trouvons dans nos cartes une exception remarquable à cette règle. Il pleut plus en effet pendant l'été sur le versant italien des Alpes que sur le versant français; la quantité de pluie qui tombe au N. de l'Adriatique sur les Alpes Tyroliennes est égale à celle qui tombe sur les côtes N.-O. d'Espagne et de Portugal, et elle est en certains points presque le double de la précipitation qui se produit en France. La pluie tombe aussi plus abondamment sur le versant septentrional de la plaine du Pô que sur le versant méridional. La circulation atmosphérique exposée plus haut nous donne la raison de ces particularités.

Les courants marins sont considérablement ralentis sur l'Europe; il en résulte un afflux moins grand d'air chargé d'humidité. L'échauffement de la terre contribue, du reste, à diminuer la condensation. L'effet général est une diminution de la précipitation; par exception, elle est la plus faible en hiver dans les parages que nous étudions; ensuite viennent le printemps, l'été et l'automne qui présentent le maximum. D'autre part, les vents sont surtout des régions N. en hiver; ils tournent par E. vers S.-E. qui domine en été, et ils retournent enfin par E. vers N. Or, pour qu'une condensation se produise, il faut que l'air soit chargé de vapeur d'eau et qu'il rencontre des corps relativement froids. C'est ce qui arrive dans la Carniole ou le Tyrol à une certaine altitude; les vents du S.-E. et d'E., qui dominent en été et en automne,

sont beaucoup plus humides que ceux du N.-E. ou du N. qui soufflent en hiver. Ce fait, d'une précipitation plus abondante dans le golfe alpin que sur le versant occidental des montagnes, montre une fois de plus que les vents de ces régions ne viennent pas en réalité de l'E., bien qu'ils soufflent de cette direction; sinon ils arriveraient dépouillés de leur vapeur d'eau après leur passage sur les Karpathes, les Balkans et les Alpes, et les pays situés à l'E. de ces montagnes recevraient une quantité plus grande de pluie, ce qui est contraire au résultat donné par nos cartes.

L'automne est la saison des pluies pour le bassin occidental de la Méditerranée, sauf pour l'Algérie, qui a son maximum en hiver. Les divers maxima décrits plus haut s'expliquent tous, si l'on songe aux mouvements généraux de l'air. Dans cette saison, les courants commencent à se porter vers le N. Ce ne sont plus, comme en été, des courants de retour appelés par l'aspiration des déserts et ne pouvant pénétrer la masse d'air dilaté qui environne le pôle N.; ils passent de l'Atlantique sur l'Europe, sont en partie ralentis par les Alpes, les Pyrénées et les montagnes espagnoles, et déposent une grande partie de leur vapeur d'eau sur les pentes occidentales de ces chaînes. Ces vents d'O. traversant l'Espagne et l'isthme pyrénéen ont évidemment dû sy assécher; aussi pleut-il très-peu sur les côtes méditerranéennes d'Espagne. Dès qu'ils retrouvent la mer, ils se rechargent de nouveau de vapeurs, et les vents d'E. et S.-E. sont des vents marins pour les côtes méditerranéennes. L'afflux de l'air vers le N. augmente encore pendant l'hiver, et l'hémisphère boréal continuant à se refroidir, les précipitations commencent plus près de l'équateur; elles suivent dans leur marche le soleil, et les côtes d'Afrique ont alors leur maximum de pluie. Il en tombe même plus dans cette saison qu'en tout autre point du bassin méditerranéen, sauf au détroit de Gibraltar, où la pluie est alors très-abondante. La présence du maximum de cette saison sur la côte du Portugal corrobore ce que nous avons dit du mouvement général de l'air, sans quoi les pentes septentrionales des chaînes seraient le siège d'une précipitation plus grande. Les vents du N. qui soufflent vers la fin de l'hiver sur l'Europe occidentale et jusque sur l'Adriatique sont secs; ils ne changent pas les valeurs relatives des moyennes; mais les vents d'entre S.-O. et N.-O., résultat des fortes

bourrasques hivernales, donnent d'abondantes condensations, surtout sur les versants des chaînes exposés directement à leur action; aussi voit-on en Espagne, en France, en Italie, les versants S.-O. présenter partout des maxima. La quantité d'eau qui tombe en Autriche et en Hongrie est pour la même raison insignifiante. Les minima qu'on observe en toute saison sur le bas Languedoc et les parties basses de la vallée du Rhône, et surtout sur le centre, l'E. et le S.-E. de l'Espagne, s'expliquent facilement; les vents sont sur cette dernière partie presque toujours d'entre S. et N. par O. L'air qui s'est dépouillé en partie de son humidité en passant sur les montagnes ne rencontre plus ensuite d'obstacles qui l'arrêtent, et sa condensation s'en trouve diminuée; rencontre-t-il une nouvelle chaîne plus élevée que la première, une nouvelle condensation s'y produit; c'est ce qu'on voit en Italie, dans le golfe de Gènes et l'anse des Alpes Suisses et Tyroliennes; un maximum sur le versant alpin de la plaine du Pô, mais à une grande altitude. En Espagne, il en est probablement de même; des précipitations sur les versants occidentaux des chaînes doivent interrompre le minimum indiqué sur nos cartes, mais les observations nous manquent pour les constater. Une autre cause puissante de condensation est le mélange de couches d'air à des températures différentes. Cette cause se manifeste surtout dans les bourrasques et donne lieu à des pluies abondantes dans le demi-cercle dangereux; à cette cause on doit attribuer en grande partie cette circonstance que les minima d'Espagne, d'Afrique et d'Europe orientale ne sont pas tout à fait nuls. La remarque que je viens de signaler est mise hors de doute par l'étude des bourrasques en mer; leur demi-cercle dangereux seul est le siège de pluies abondantes, et l'on ne peut pas chercher dans ce cas la cause de la pluie dans le refroidissement de l'air au contact d'un sol ici uniforme et présentant une résistance presque nulle au mouvement de l'air.

La distribution des pluies peut, comme on le voit, donner une idée de la marche des courants généraux. Seulement les montagnes ont une action modificatrice dont il faut tenir compte: elles tendent à augmenter la précipitation due au passage de courants humides indépendamment des chutes d'eau qui résultent du passage des bourrasques. Les dernières ont, du reste, un caractère tout différent des premières.

CHAPITRE VI.

ISOBARES. — RELATION ENTRE LES LIGNES ISOBARES MOYENNES ET LE PASSAGE DES BOURRASQUES.

Une bourrasque a pour caractère essentiel l'existence d'une zone à fortes pressions autour d'elle, puis la diminution de la pression de la circonférence au centre.

Si une bourrasque passe sur une région, soit AOA' (*fig. 1*, p. 276) la trajectoire de son centre de figure O, le baromètre baissera en un point de cette trajectoire jusqu'à un minimum qui arrivera quand le point O passera au lieu d'observation, puis il remontera jusqu'à sa hauteur primitive. Il résultera de ces variations une certaine moyenne correspondant au temps pendant lequel est passée la bourrasque. La moyenne sera la même pour tous les points situés sur la trajectoire du centre.

Si de même nous considérons la moyenne des hauteurs résultant du passage de la bourrasque, en un point situé hors de cette ligne, elle sera la même qu'en tout point d'une parallèle menée par le point considéré à la trajectoire du centre. Cette moyenne sera de plus différente de la première; elle sera d'autant plus haute que l'on se mettra plus loin du centre. Ce fait que l'observation vérifie est évident, puisque le baromètre partant de la même hauteur ou d'une hauteur plus grande baisse moins pour remonter aussi haut.

Il en résulte que si dans un air primitivement calme, et à pression constante et uniforme, il passe une bourrasque après laquelle l'air reprend son état primitif, la bourrasque laissera sa trace sur les moyennes barométriques de la région comme un sillon dont le thalweg est la trajectoire du centre de rotation, et dont les bords, parallèles au thalweg, sont les enveloppes des positions successives des tangentes parallèles à chaque élément de la trajectoire du centre, menées au bourrelet de la bourrasque.

Si plusieurs bourrasques passent successivement à la même place et ont la même étendue, rien ne sera changé dans les courbes isobares moyennes.

L'une d'elles, marchant parallèlement aux précédentes, passe-t-elle plus au S., mais à une petite distance, le sillon qu'elle produit se superpose au premier, de manière à diminuer sa profondeur; mais le premier effet affaibli subsiste encore; on a seulement un sillon plus large et moins profond. On répéterait la même chose dans le cas où plusieurs bourrasques, se dirigeant suivant des routes parallèles entre elles, passeraient à de faibles distances les unes des autres par rapport à leur cercle d'action.

Si donc, dans une région du globe, les bourrasques sont assujetties à suivre un lit constant, les courbes isobares présenteront dans cette région une ligne minima, à droite et à gauche de laquelle la pression s'augmentera, en suivant des courbes parallèles à la première.

Admettons qu'une bourrasque étant passée, une seconde suive une trajectoire coupant la première; les deux sillons se couperont, et il résultera de ce fait une dépression centrale avec des bords diversement élevés et quatre sillons partant du centre de la dépression, diamétralement opposés deux à deux. La dépression ne fera que s'accuser davantage si plusieurs bourrasques passent en ce point suivant des routes différentes. Le même effet subsistera, bien qu'affaibli, si les centres des bourrasques ne passent pas tous au même point, à condition qu'ils passent à une distance faible les uns des autres, par rapport à leur cercle d'action. Or, c'est ce qui arrive sur le bassin occidental de la Méditerranée. Une autre cause tend à y augmenter cet effet: c'est la production fréquente, dont nous avons parlé plus haut, d'un centre de rotation au S. des Alpes.

Il en résulte que les isobares moyennes prennent dans ces parages une forme très-particulière indiquée pour la première fois par M. Renou à la *Société Météorologique de France* et insérée dans l'*Annuaire* de cette Société pour 1864.

La pression sur le golfe de Gènes est de 761^{mm}, 5; autour de ce minimum s'étend une courbe 762 millimètres, qui passe sur la Provence, coupe la côte du Languedoc près de Cette, descend du N. au S. à travers le golfe du Lion, court vers l'E. quand elle est arrivée à la latitude de Barcelone, coupe la Sardaigne à peu de distance du détroit de Bonifacio, pénètre dans l'Italie près de Rome, remonte le long de la crête des Apennins, passe près de Florence, Milan et Turin, pour franchir

les Alpes près de Draguignan. Une courbe 763 millimètres se dirige à peu près de l'O. à l'E., d'Alicante à Palerme, et s'infléchit légèrement vers le S. Une ligne 764 millimètres occupe les pentes septentrionales des montagnes algériennes; elle est presque parallèle à la précédente et s'en rapproche un peu vers l'E. Au N. du minimum nous voyons également une courbe 763 millimètres, partant de Madrid; elle traverse les Pyrénées près de Toulouse, passe sur le plateau central de la France, vers Besançon, Strasbourg et l'Allemagne. Au delà de cette courbe, la pression diminue de telle sorte que sa variation est représentée par une série de courbes parallèles à la courbe maxima. L'écartement des courbes augmente un peu vers l'O. Cela tient à ce que nous avons vu la plupart des bourrasques, qu'elles viennent de l'O.-N.-O. ou de l'O.-S.-O., passer entre les Alpes Italiennes et les Alpes Scandinaves, dans cette sorte de couloir où leurs trajectoires ne peuvent guère s'écarter d'une direction constante; d'où le resserrement des courbes et leur parallélisme.

Ce curieux résultat invite à étudier de près les variations moyennes des lignes isobares à la surface de l'Europe, et à les étendre, s'il est possible, à la surface de tout le globe; leur examen ne peut que conduire à des données très-précieuses sur les positions des courants généraux aux diverses époques de l'année; ces données sont complètement indépendantes des perturbations capables de masquer le phénomène principal, et elles viennent s'ajouter aux roses des vents pour les compléter et confirmer les résultats auxquels conduisent ces dernières.

Il suffit de se reporter à la circulation atmosphérique moyenne dans le bassin méditerranéen occidental pour voir qu'au minimum de pression correspond une apparence de rotation de l'air autour du bassin dans le sens rétrograde comme dans le cas des bourrasques. Les vents de S.-O. dominant sur la France océanienne, les Pays-Bas et l'Allemagne, sont aussi sensiblement parallèles aux courbes moyennes de cette partie de l'Europe. Il ne peut du reste en être autrement; en général, les lignes isobares doivent être et sont parallèles aux vents moyens. L'étude des variations moyennes de ces lignes serait donc d'une aussi grande utilité au moins que celle des isothermes mensuelles pour l'étude de la circulation atmosphérique générale, et ces deux méthodes se prêteraient un mutuel secours.

Ondes atmosphériques. — C'est ici le lieu de mettre en garde le lecteur contre certaines illusions résultant d'une interprétation des faits basée sur des observations insuffisantes. Ces illusions ont enfanté quelquefois de célèbres théories auxquelles la science a dû des progrès rapides, car jamais les idées n'ont empêché le bien dans les sciences; on ne doit y redouter que leur absence.

Lorsqu'une bourrasque existe sur un lieu, si elle marche de l'O. vers l'E., le minimum de la pression barométrique s'observera simultanément en tous les points du diamètre N.-S. de la bourrasque. En général, le minimum se produira simultanément en tous les points d'un diamètre perpendiculaire à la trajectoire du centre de la bourrasque. Une seconde bourrasque semblable à la première suit-elle exactement la même route, le baromètre montera de quantités différentes aux divers points de la ligne où nous venons d'observer le minimum, mais il arrivera en même temps au maximum après lequel il décroîtra pour repasser en même temps par le minimum.

Si les bourrasques ont une grande étendue, les lignes considérées plus haut auront une longueur considérable, et l'on pourra croire à l'existence d'ondes atmosphériques se propageant dans le même sens que le courant. Une onde condensée succéderait régulièrement à chaque onde dilatée.

Une ligne de bourrasques, comme on l'a vu, n'existe jamais seule; il en existe généralement deux sur l'Europe, quelquefois même trois. Si les bourrasques y marchaient de pair, c'est-à-dire que leurs centres fussent toujours sur des perpendiculaires communes à leurs trajectoires, les minima et les maxima de ces systèmes seraient tous bout à bout et donneraient l'apparence d'un seul système d'ondes. Comme il n'en est pas ainsi, on a des lignes courbes de maxima et de minima, donnant plusieurs systèmes d'ondes parallèles ou à peu près et formant une onde générale.

Les bourrasques vont vers l'E. dans la partie occidentale de notre continent; elles descendent ensuite vers le S.-E. et le S. En Asie, pendant l'été, l'appel des déserts de Gobi, du Turkestan et de l'Arabie infléchit leurs trajectoires à peu près du N. au S. Aussi le savant directeur de l'Observatoire de Bruxelles, M. Quételet, auteur de cette belle théorie, a-t-il trouvé que les ondes atmosphériques se transpor-

tent chez nous au mois de juin de l'O. à l'E., du N.-O. au S.-E. dans le centre de notre continent, puis du N. au S. en Russie et en Sibérie.

Je ne m'appesantirai pas sur des résultats déjà rappelés au commencement de ce travail et bien connus de tout le monde. Je ferai remarquer seulement ce qu'il y avait d'artificiel dans la considération de ces ondes indiquées par des maxima et des minima très-différents les uns des autres, ce qui avait amené l'auteur à considérer plusieurs systèmes d'ondes interférant entre elles et produisant par leur combinaison l'état général de l'atmosphère.

Défaut de coïncidence entre le maximum du vent et le minimum de pression. — De plus, cette théorie n'expliquait pas plus que les précédentes les circonstances des tempêtes telles que la rotation rapide du vent, la baisse rapide du baromètre, l'arrivée de la tempête précédée d'une hausse barométrique, puis la chute rapide après ou pendant laquelle se font sentir les coups de vent. Je ne reviens pas sur ce sujet assez développé par l'auteur de la théorie générale des bourrasques (*), mais une théorie générale devant s'appuyer sur l'explication des moindres particularités des phénomènes, je vais montrer comment la nouvelle théorie fait comprendre le défaut de coïncidence, dans les tempêtes, du maximum de la force du vent et du minimum de la pression, leur coïncidence dans d'autres cas et l'intervalle variable de temps qui les sépare dans toutes les occasions.

Or, la théorie de M. Marié-Davy donne raison de toutes les particularités de ce genre.

Une masse d'air tournant autour d'un axe au milieu d'une autre qui ne participe pas à son mouvement se trouve ralentie sur ses bords; comme, du reste, la vitesse due à la rotation augmente à mesure qu'on s'éloigne de l'axe, il y aura nécessairement une circonférence sur laquelle elle sera maxima. Soit BMM'B' (*fig. 1*, p. 276), cette circonférence et O le centre de la rotation; soit BB' la ligne des positions successives d'un point par rapport à la bourrasque. Ce point, d'abord en B, sera ensuite à des distances plus petites du centre; il en sera le plus près

(*) *Les Mouvements généraux de l'atmosphère et des mers*, par H. MARIÉ-DAVY.
Annales scientifiques de l'École Normale supérieure. Tome IV. 43

possible, quand il atteindra le milieu de BB' ; il passera donc dans des couches d'air dont la vitesse absolue due à la rotation diminuera jusqu'à ce moment pour augmenter ensuite. Mais pour avoir la vitesse réelle du vent par rapport à l'observateur, il faut à chaque instant composer la vitesse de translation, constante en grandeur et en direction, avec cette vitesse variable; or, la dernière est maxima en B , minima en D . Dans le premier cas, elle fait un angle avec la vitesse de translation; cet angle est devenu nul en D ; on ne peut donc voir *à priori* la variation de la résultante de la vitesse du vent.

On se rappelle que le mouvement absolu de chaque molécule d'air est le même que si, à chaque instant, la masse entière tournait autour d'un centre instantané de rotation tel que la vitesse due à la rotation fût en ce moment égale à la vitesse de translation et de sens contraire. Soit MM' le lieu des positions des centres instantanés successifs, O' sa position actuelle, la vitesse du vent en un point quelconque de BDB' est perpendiculaire à la droite menée de ce point à O' et lui est proportionnelle; les deux maxima auront donc lieu en B et B' , et seront séparés par un minimum en D . Or, c'est en D qu'on observera le minimum de la pression barométrique. Donc, ce dernier ne coïncide pas avec le maximum de la vitesse du vent. Cette dernière a deux maxima qui n'ont pas la même direction que la translation de la bourrasque; la bissectrice de l'angle formé par les deux directions du vent correspondant au maximum est parallèle à la trajectoire du météore. Ces deux maxima seront plus ou moins distincts et distants l'un de l'autre, suivant l'étendue de la bourrasque, et dans une même bourrasque suivant la distance du lieu d'observation à la trajectoire du centre. S'il est sur cette ligne en A , les deux maxima du vent se produiront aux époques les plus distantes l'une de l'autre; le premier sera de S.-S.-O., le second de N.-N.-O. dans le cas de la figure; si le point est sur MM' , la distance entre les deux maxima sera moins grande; le premier sera de S., le second de N. En B , l'un sera du S.-O., l'autre du N.-O., et ils seront moins distants l'un de l'autre. Ils se rapprocheront à mesure qu'on se rapprochera de E ; en même temps, ils auront des directions de moins en moins différentes, et en E ils se confondront en un maximum d' O . qui se produira en même temps que le minimum du baromètre. Il en est de même dans la partie supérieure de la bourrasque.

Donc, en général, le minimum de la pression ne doit pas coïncider avec le maximum du vent, et ce dernier doit être double. La coïncidence ne peut avoir lieu que dans un cas pour le demi-cercle de la bourrasque où il y a des vents forts; c'est, du reste, en ce point que le baromètre aura le moins baissé, et que le vent aura été le plus fort. La recherche de ce lieu dans une bourrasque a une grande importance. S'il se trouve indiqué sur la carte du météore à un instant déterminé, on connaît la direction de la translation d'après l'inspection de cette seule carte. La perpendiculaire à la vitesse du vent en ce point renferme le centre instantané de rotation; la vitesse du centre de rotation est égale à la vitesse de translation. Considérons maintenant le point Q; la différence des vitesses du vent en E et en Q est le double de la vitesse de translation. L'inspection des vents sur la carte d'ensemble d'une bourrasque à un instant quelconque donne donc la rapidité et la direction de sa marche à cet instant.

Quand la bourrasque a peu d'étendue, ou que, comme il arrive généralement, la vitesse maxima due à la rotation se rencontre à une distance peu considérable du centre, les deux maxima se suivent de près, et on les observe quand le centre de la bourrasque passe non loin du lieu d'observation. La fameuse tempête du 13 décembre 1864, qui a sévi à Lisbonne, puis sur l'Espagne et la Méditerranée, nous en fournit entre autres un exemple. Ces détails sont extraits d'une lettre adressée par M. Fradesso da Silveira, directeur de l'Observatoire de l'infant don Luiz, à Lisbonne, à M. le directeur de l'Observatoire impérial de Paris, et insérée dans le *Bulletin international* du 22 décembre 1864.

« Le 12 décembre, à 9 heures du soir, la hauteur du baromètre, corrigée et réduite au niveau de la mer, était de 759^{mm},5, et le vent calme de S.-O. De 9 heures du soir à 6 heures de la matinée du 13, la colonne barométrique est tombée à 751^{mm},4. Pendant la nuit, quelques averses avec vent d'O. Le 13, à 6 heures du matin, le vent commençait à fraîchir du côté du S., tournant à S.-E. Le baromètre était à 8 heures à 747 millimètres; le vent plus frais soufflait de S.-E. A 9^h45^m, le vent soufflait avec violence; la vitesse en était de 84 kilomètres à l'heure; le baromètre marquait 737^{mm},3. La pression descendait ensuite à 731^{mm},8, pendant que le ciel s'éclaircissait à l'E. et que le vent, devenu considérablement calme, tournait à O.-S.-O. par S.,

et allait jusqu'à O.-N.-O. De 10^h45^m à 10^h30^m, un second orage plus violent que le premier a laissé marquée la vitesse exceptionnelle du vent de 108 kilomètres à l'heure. »

Ainsi, en résumé, il y eut deux maxima du vent; l'un à S.-E, l'autre à O.-N.-O.; le premier à 9^h45^m, le second entre 10^h15^m et 10^h30^m, et ils furent séparés par un calme pendant lequel le baromètre atteignit son minimum.

Une circonstance vient souvent compliquer ces faits. La marche du baromètre est généralement en avance sur les variations du vent à terre, et la rotation du vent est généralement précédée même par celle des nuages; si ces derniers forment plusieurs couches faciles à distinguer, on les voit dans presque tous les cas, indépendamment des illusions d'optique dues à leur déplacement relatif, se mouvoir dans des directions différentes, les nuages les plus élevés étant en avance dans leur rotation sur ceux situés plus bas. M. Marié-Davy explique ce fait par le retard que les aspérités du sol apportent dans le transport de la partie inférieure du tourbillon. En observant des tourbillons à marche peu rapide, ou en tenant compte de la cause d'erreur dont je viens de parler, on vérifie les conclusions précédentes.

Nouvelle loi de rotation des vents. Application de cette loi à la prévision du temps. — Un savant météorologiste de Berlin, Dove, a donné une loi de rotation des vents en un lieu déterminé; la rotation de la girouette se fait généralement dans notre hémisphère en sens direct, c'est-à-dire dans le sens de la rotation des aiguilles d'une montre, et elle se fait dans l'autre hémisphère en sens opposé.

Pour Dove, il n'y a, à proprement parler, que deux vents : ceux de N. et ceux de S.; le N.-E. et l'E. sont des dégénérescences d'un vent de N. qui s'éloigne de son point de départ; le S.-O. et l'O. sont de même des dérivés du vent du S.; le N.-O. et le S.-E. sont le résultat de la combinaison : le premier d'un vent du S. finissant avec un vent du N. commençant; et l'autre d'un vent du N. finissant avec un vent du S. commençant. La succession en un lieu des courants de N. et de ceux du S., ou des courants polaires et des courants équatoriaux, y donne naissance à la rotation directe de la girouette pour notre hémisphère, et à la rotation inverse pour l'autre.

Si des courants polaires et des courants équatoriaux étaient réellement en lutte continuelle à nos latitudes, ne cherchant qu'à se déplacer mutuellement, comme le pense Dove, la rotation du vent devrait toujours se faire dans le même sens dans chaque hémisphère. Or, il n'en est rien, et Dove l'a bien reconnu lui-même. Il a montré que dans nos contrées le nombre des rotations directes est beaucoup plus considérable que celui des rotations inverses, et il a, en donnant la théorie des cyclones, fait voir que le passage d'un de ces météores sur une contrée peut amener des exceptions à sa loi, comme il peut dans d'autres cas la confirmer.

Et en effet, si nous considérons une bourrasque tournante dans laquelle l'air se meut en sens inverse des aiguilles d'une montre, et qui se transporte de l'O. à l'E., tout observateur placé dans un demi-cercle méridional verra le vent tourner dans le sens direct; il le verra tourner dans le sens rétrograde s'il est au N. du centre instantané de rotation; le passage d'une bourrasque sur une région donne donc, en certains points, des confirmations de la loi et forcément des exceptions en d'autres points.

Si la bourrasque tournante était un phénomène rare et de peu d'étendue, l'inconvénient ne serait pas grand. Mais M. Marié-Davy a découvert à l'Observatoire impérial de Paris, où il dirigeait le service météorologique international, une loi d'une importance extrême, dont nous avons déjà parlé et dont voici l'énoncé :

Tous les mauvais temps sont liés à l'existence de bourrasques tournantes dans lesquelles l'air, dans l'hémisphère boréal, tourne en sens rétrograde, c'est-à-dire de telle sorte qu'un observateur qui suivrait une molécule d'air dans son mouvement autour du centre de rotation, aurait dans tous les cas le centre à gauche. Le contraire arriverait dans l'hémisphère austral. Ces bourrasques sont entraînées par les courants atmosphériques généraux. La bourrasque, devenue ainsi un phénomène général, dont la présence est très-fréquente dans nos parages, explique les nombreuses exceptions trouvées à la loi de Dove.

Or, on conclut des faits aujourd'hui mis en lumière par M. Marié-Davy une loi générale de rotation du vent dont nous montrerons l'utilité pratique pour prévoir le temps ou, au moins, l'arrivée des bourrasques et le lieu de leur passage.

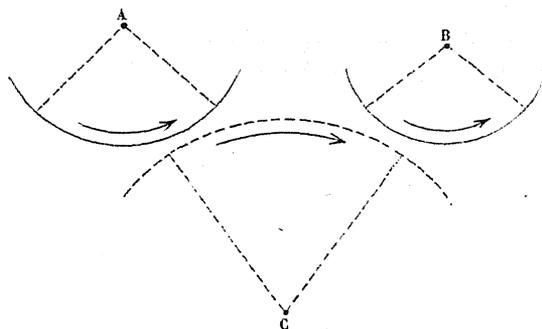
Supposons un observateur présentant toujours le dos au vent; le centre de la bourrasque étant toujours à sa gauche dans notre hémisphère, l'angle dont il tournera, pendant le passage du météore, sera aussi le déplacement apparent du centre de rotation par rapport à lui; et ceci est vrai, que l'observateur soit dans le demi-cercle de droite ou dans celui de gauche. Dans le premier cas, le centre de la bourrasque tendra à dépasser l'observateur, dans le second à se laisser dépasser par lui. C'est encore vrai, quels que soient le sens de la rotation de l'air autour du centre et le déplacement du centre. On peut donc dire pour les bourrasques quelconques de l'un ou de l'autre hémisphère que, si un observateur entre dans le cercle d'action du météore, il verra la rotation du vent se faire dans le même sens que le mouvement apparent du centre du météore et l'égaliser en grandeur.

Si cette bourrasque est suivie d'une autre, la réaction de cette dernière sur la première modifie la marche de l'air et nous oblige d'étudier ce qui se passe. Or, supposons que l'on soit dans notre hémisphère et dans le demi cercle de droite d'une bourrasque allant de l'O. à l'E. Pendant que la bourrasque passe, le vent tourne dans le sens direct en même temps que le baromètre baisse, la pression arrive à un minimum, le baromètre remonte et le vent n'en continue pas moins sa rotation directe. Si une bourrasque vient après, le mouvement de l'air dans sa partie droite (*) antérieure étant de S.-O., tandis qu'il est de N.-O. dans la partie droite postérieure de la première, tend, à une certaine distance du premier centre, à ramener le vent vers O., tandis que le baromètre monte toujours. Nous dirons qu'à ce moment l'observateur cesse d'être sous l'influence de la première bourrasque sans être encore sous celle de la seconde. Le vent arrive à O. et le baromètre atteint sa hauteur maxima. La rotation du vent vers O.-S.-O., S.-O. continuant, le baromètre commence à baisser; la baisse continue pendant que le vent, ayant rétrogradé quelquefois jusqu'à S. et même S.-E., commence à reprendre le mouvement direct. Nous dirons qu'à ce moment l'action de la seconde bourrasque commence à se faire sentir, et la loi énoncée plus haut commence à s'appliquer.

(*) Nous considérons la droite et la gauche de la bourrasque par rapport à la trajectoire de son centre, d'après les conventions qui servent à définir la rive droite et la rive gauche d'un fleuve.

Pendant que l'observateur est entre les deux bourrasques, l'énoncé précédent s'applique en le modifiant. L'observation montre que, lorsque plusieurs bourrasques se suivent, il y a entre elles des maxima de pression barométrique qui donnent aux courbes isobares, correspondant aux fortes pressions qui les environnent, la même forme qu'auraient des courbes de niveau dans une chaîne de montagnes dont les bords sont découpés par des vallées. Les anses représentent les bourrasques, et entre ces dernières sont des courbes ayant une courbure opposée. Le vent est aussi, d'après les remarques de M. Marié-Davy, à peu près tangent aux courbes d'égale pression (*). L'air paraît donc,

Fig. 4.



entre les deux bourrasques voisines A et B, tourner autour d'un certain centre dans le sens direct, c'est-à-dire en sens contraire du mouvement de l'air dans chaque bourrasque. Ce centre étant dans un lieu où le baromètre est haut, nous l'appellerons *centre de pression*, comme on appelle souvent le centre d'une bourrasque *centre de dépression*, rappelant par là une de ses propriétés essentielles. Ce centre de pression peut du reste être ou non un maximum absolu de pression, comme le centre d'une bourrasque peut ne pas être, sur une vaste région, un minimum absolu de pression, si plusieurs bourrasques se suivent, ce qui est le cas le plus fréquent.

Un météorologiste Anglais, M. Francis Galton, va jusqu'à admettre

(*) Les détails donnés dans le cours de ce travail expliquent suffisamment pourquoi la tangence n'a pas lieu.

l'existence de cyclones, dans lesquels la pression barométrique est plus faible au centre que sur les bords, et celle d'anti-cyclones, masses d'air en mouvement direct, c'est-à-dire inverse de celui des cyclones, et dans lesquels la pression est plus considérable au centre que sur les bords.

Les anti-cyclones peuvent très-bien n'être que le résultat d'une apparence, car, si des bourrasques tournent, comme il arrive fréquemment, autour d'une région, la pression y sera plus forte et l'air paraîtra sur les bords animé d'un mouvement direct. Si deux lignes de bourrasques marchent parallèlement l'une à l'autre, il y aura entre elles des régions à forte pression se déplaçant dans le même sens que les bourrasques, mais sur les bords desquelles l'air paraîtra encore animé d'un mouvement direct; dans ce cas la vitesse de l'air sera moins grande sur le bord inférieur que sur le bord supérieur, puisque le bord supérieur est le bord inférieur d'une ligne de bourrasques, et que le bord inférieur est le bord supérieur d'une autre ligne de bourrasques. L'apparence sera la même que si un cyclone de sens direct se mouvait parallèlement aux bourrasques.

Quoi qu'il en soit de cette théorie des cyclones et des anti-cyclones, que ces derniers soient quelquefois une réalité ou ne soient jamais qu'une apparence, les centres de pression sont une réalité, et leur position est aussi importante que celle des bourrasques, puisque l'un exclut l'autre.

Or, nous pouvons dire que l'observateur, lorsqu'il est entre deux bourrasques, est sous l'influence du centre de pression, en nous rappelant bien ce que signifie cette expression de convention, et nous reconnaitrions facilement, comme nous l'avons fait pour les centres de pression, que la rotation du vent se fait, dans tous les cas, dans le sens du mouvement apparent du centre de pression.

D'où nous concluons cet énoncé général : *lorsqu'un observateur est sous l'influence d'un centre de pression ou de dépression, la rotation du vent est dans tous les cas égale au mouvement apparent du centre auquel il est soumis, et elle est de même sens.*

Cet énoncé ne s'applique pas seulement aux mouvements généraux de l'atmosphère, mais il est vrai pour les mouvements d'un gaz ou d'un fluide quelconque soumis en ses différents points à des pressions différentes, puisqu'une diminution de pression produira toujours une

rotation, et que, quels que soient le sens de cette dernière et le déplacement de la masse de gaz qui tourne, notre énoncé est vrai.

Son utilité peut être de permettre à un observateur attentif de suivre avec un baromètre et une girouette les mouvements de l'atmosphère jusqu'à une assez grande distance du lieu d'observation.

Dans notre hémisphère, les bourrasques tournent en sens rétrograde, et les directions de leurs trajectoires sont comprises entre S.-O. à N.-E. et N.-O. à S.-E.; rarement, on l'a vu, elles descendent plus directement du N; ce qu'on va lire s'applique du reste aussi à ce cas.

Le baromètre étant très-haut, l'observateur voit-il le vent rétrograder pendant que la pression diminue, une bourrasque s'approche de lui puisque le centre de la pression s'éloigne, mais il n'est pas encore sous l'influence de cette bourrasque. Quand, le vent cessant de rétrograder, le baromètre continue à baisser, on entre dans la sphère d'action de la bourrasque; la marche de son centre sera indiquée par la rotation du vent. Si ce dernier tourne peu, le baromètre baissant beaucoup, le centre est encore loin, mais on est près de la trajectoire du centre; le vent tourne-t-il régulièrement, le baromètre baissant moyennement, on est à une moyenne distance du centre de la bourrasque; enfin, si le vent et le baromètre varient peu, on ne touchera pas le bord. La rotation du vent indique le sens du mouvement de la bourrasque, c'est-à-dire des courants généraux de l'atmosphère; on pourra donc se servir de ces remarques pour étudier avec plus de fruit le climat d'une localité isolée sans connaître celui de ses voisines.

La marche du baromètre indique par sa concordance ou son défaut de concordance avec celle du vent si l'on entre dans telle ou telle phase du météore; la rapidité de ses mouvements donne des indices précieux sur la distance à laquelle passera le centre de la tempête ou des fortes pressions.

La courte et incomplète discussion qui précède suppose que l'observateur traversait le bord de droite d'une bourrasque. Or, supposons-le dans le bord de gauche; partons du moment où il est entre deux bourrasques avec le baromètre le plus haut; le vent commence par tourner dans le sens direct en même temps que le baromètre baisse; puis on entre dans le cercle d'action de la bourrasque, le baromètre continue de baisser pendant que le vent rétrograde, puis, le vent continuant de

rétrograder, le baromètre remonte. On sort de la bourrasque lorsque le baromètre continuant de monter, le vent commence à marcher dans le sens direct.

On voit que les mêmes alternatives se présentent que dans le cas précédent; seulement, ce qui annonçait une sortie de la bourrasque annonce une entrée. Comment reconnaître ces deux cas si différents? La force du vent et sa direction générale doivent suffire pour indiquer au météorologiste la partie de la bourrasque dans laquelle il se trouve; est-il dans la partie droite de l'anticyclone, il se retrouvera bientôt dans la partie gauche du cyclone; les courants généraux sont-ils d'O., on ressentira des vents des régions E. dans la droite de l'anticyclone. La force du vent, une fois que la bourrasque se fera sentir, suffira bien pour indiquer où passe son centre, mais on voit que, même lorsqu'elle n'est pas encore arrivée, on pourra, en suivant bien le baromètre et le vent, savoir si on entrera dans le bord droit ou le bord gauche, chose d'une importance capitale à connaître, puisque de là dépend le calme de l'air et le beau temps ou son agitation avec le mauvais temps.

L'état du ciel viendra du reste encore en aide dans les cas douteux qui pourront survenir par suite de variations produites par des mouvements peu importants enclavés dans le mouvement général et le masquant quelquefois.

L'hygromètre devra aussi être consulté dans un grand nombre de cas, et il le sera toujours avec fruit. Il peut en effet indiquer des coups de vent que le baromètre n'annonce pas le moins du monde par une baisse comme d'ordinaire.

Ce fait avait déjà été remarqué par Vaneechout, qui écrivait en décembre 1857 à Maury :

« Durant notre séjour en rade de Chiriqui (Nouvelle-Grenade), en décembre 1853 et janvier 1854, nous avons éprouvé à différentes reprises de violents coups de vent du N. et du N.-E., qui doivent être spécialement mentionnés parce qu'aucun changement dans la hauteur barométrique ne les annonçait. J'ajouterai que dans ces parages les variations du baromètre sont à peine sensibles. Ces coups de vent duraient deux ou trois jours, et s'annonçaient, comme la grêle, par des rafales suivies d'intervalles de calme; mais leur caractère le plus remarquable est l'influence qu'ils exerçaient sur l'hygromètre. Cet

instrument, qui pendant les plus fortes pluies n'a jamais dépassé 40 ou 50 degrés, et qui pendant les jours les plus chauds ne descendait pas au-dessous de 29 ou 30 degrés descendait, au commencement de ces coups de vent, à 10 degrés, puis à 5 degrés, et marquait zéro quand ils atteignaient leur maximum de violence. Quelques heures avant que le vent diminuât, l'hygromètre s'était déjà élevé de quelques degrés, et à mesure que la brise mollissait, il montait à 20, puis à 30, puis à 35 degrés. »

On observe en Europe de semblables coups de vent; sans parler du mistral, du bora, je citerai les coups de vents de février 1865. Une forte bourrasque passait le 17 février sur les Iles-Britanniques, la France et la mer du Nord. Elle se dirigeait vers l'E., donnant des vents très-forts d'entre S.-O. et N.-O., sur la France, les Pays-Bas, l'Angleterre et l'Irlande méridionale. Le vent qui avait passé à N.-N.-O. sur la Manche, revenait à S.-O. malgré une hausse du baromètre; la baisse se produisait et le vent restait à S.-O., puis tournait à O.; le baromètre remontait et le vent tournait à N.-N.-O., où il restait en même temps que la hausse se continuait, sa force diminuait enfin un peu pendant qu'il tournait à N.-E. et E. et que la pression ne cessait d'augmenter. La bourrasque pendant ce temps, après avoir marché vers l'E. sur la mer du Nord, se dirigeait vers le S. et descendait vers l'Italie et la Grèce. Le vent rétrogradait à N.-E., et le baromètre baissait. La bourrasque était passée. On entra sous l'influence d'une autre. Pendant le passage de cette bourrasque le baromètre n'était jamais descendu bien bas; il avait atteint 750 millimètres quand le vent était à l'O.; c'est à ce moment que le centre était passé le plus près de la Manche, puis le baromètre avait monté, le vent avait tourné vers N. et N.-E., le centre s'éloignait vers le S.-E. et le S. La force du vent était encore très-grande de N.-N.-O. quand le baromètre était monté jusqu'à 773 millimètres, et elle commençait seulement à diminuer ensuite; le baromètre baissait presque aussitôt.

L'hygromètre donne pendant ces coups de vent des indications analogues à celles de Chiriqui. La durée et la force des vents de N. est due au changement de direction de la bourrasque, et la brusque rotation vers N. fort avant que le baromètre ait notablement remonté était un indice de ce changement de direction pour un observateur isolé; il

pouvait en conclure, d'après ce qui précède, la continuation du vent fort de N. On peut donc maintenant, d'après les moyennes des éléments météorologiques en un lieu, indiquer avec sûreté les courants généraux qui y passent, sans avoir besoin pour cela d'étudier les lieux voisins, et l'on reconnaît en même temps l'effet des circonstances locales sur ces courants généraux.

On peut aussi, avec une girouette et un baromètre, suivre de chez soi la marche des bourrasques, connaître, par suite, d'après une série de quelques jours d'observations faites en un seul lieu, le régime des courants généraux qui passent sur une région.

Le vent n'est plus cet élément insaisissable, symbole de l'inconstance; nul doute qu'on ne puisse bientôt reproduire à volonté, par des expériences, les circonstances les plus variées de la circulation atmosphérique, et soumettre les mouvements si divers de l'air à des formules mathématiques dégagées de toute hypothèse et fondées uniquement sur des lois générales, résultat de l'observation.