

II. — COMUNICAZIONI E RELAZIONI

Lo sviluppo storico della Meteorologia e della Talassologia.

Loro oggetto, indirizzo e metodo di ricerca.

**Prolusione al corso di Meteorologia e Talassologia per gli ufficiali specialisti idrografi
letta il 2 dicembre 1909 dal prof. L. MARINI**

La conoscenza della terra forma certamente per noi abitanti di questo pianeta l'oggetto di un'importante scienza. Essa, come tutte le altre scienze naturali, comprende una parte descrittiva ed una esplicativa.

La descrizione delle forme e delle condizioni terrestri attuali costituisce la geografia; la ricerca delle cause e dei fattori che determinano e modificano le forme e condizioni della terra la geografia fisica; l'indagine della costituzione e dei diversi successivi stadî per i quali è passato il nostro pianeta, la geologia; lo studio dei fenomeni fisici (e chimici) che hanno luogo nelle diverse parti che lo compongono la fisica terrestre o geofisica.

Questa distinzione veramente è basata più sopra un bisogno didattico e metodico che su una vera necessità scientifica. Un medesimo argomento può essere trattato sia dal geografo sia dal geologo, così dal geografo fisico come dal fisico terrestre; può essere però diverso il punto di vista sotto il quale viene preso in considerazione: la diversità insomma sta più che altro nell'indirizzo e nel metodo di ricerca.

La fisica terrestre, la cui conoscenza è il fondamento di tutte le altre, consta di tre grandi capitoli che riguardano i fenomeni che hanno luogo rispettivamente nella parte aeriforme, Meteorologia, nella liquida, Talassologia od Oceanografia, nella solida,

Sismologia e Vulcanismo, oltre ad altri capitoli generali che si riferiscono allo studio della forma della terra e delle forze agenti in tutte le parti di essa, la gravità e il magnetismo terrestre, i quali tutti sono necessariamente connessi tra loro, ma per la vastità del campo di indagini di ciascuno, sono venuti a costituire, negli ultimi anni, scienze distinte.

Delle prime due dobbiamo noi occuparci nel nostro corso: qual ne sia l'oggetto è ben noto e l'ho anche ora implicitamente detto.

Affinchè lo studio che ne faremo riesca proficuo bisogna innanzi tutto che ci convinciamo della loro importanza e ci rendiamo poi capaci dell'indirizzo che attualmente deve essere seguito, onde le ricerche intraprese portino un valevole contributo alla conoscenza dell'atmosfera e del mare.

A ciò, nulla altro, credo, possa più giovare quanto un rapido e sommario sguardo al progressivo svolgimento di queste scienze.

Nello sviluppo sia della Meteorologia sia della Talassologia, tanto, forse più che tutte le altre, connesse fra di loro, si possono distinguere quattro periodi che direi il primo, *mitico*, il secondo *preparatorio*, il terzo *statistico*, il quarto, l'attuale, *scientifico*. Essi naturalmente non hanno per ambedue la stessa durata, lo stesso principio e fine, — la Meteorologia precorse sempre la Talassologia — ma per tutte due riscontriamo il medesimo ordine di sviluppo logico.

Nel primo periodo si comprende non solo l'era antica, ma anche tutto il medio evo, quando ancora le cognizioni intorno ai fenomeni meteorici e marini erano scarsissime ed erronee e le cause di tali fenomeni venivano poste in entità mitologiche o sovranaturali, ovvero in influenze astrali. I fatti facilmente riconosciuti in questo periodo furono, nel campo meteorologico, la costanza da una parte delle periodiche variazioni diurne e stagionali della temperatura e in parte anche di alcuni venti come particolarmente dei monsoni, l'incostanza per contro della successione di tutto quell'insieme di fenomeni che complessivamente chiamiamo il tempo e l'influenza delle condizioni meteoriche su quelle di vita degli organismi. Onde era ben naturale a menti più usate a speculare nel campo metafisico che ad osservare in quello naturale, attribuire quella costanza al costantemente periodico corso degli astri e questa incostanza all'alternativo pre-

valere di buone o maligne influenze di spiriti extra terreni. Nel campo talassologico, benchè la navigazione fosse limitata al bacino mediterraneo che ha condizioni così poco nettamente caratteristiche e per nulla costanti, e lungo le coste oceaniche, europee e africane, non era tuttavia sfuggita l'esistenza delle correnti marine, particolarmente negli stretti, talchè fu considerato l'oceano, circondante la terra al di là delle Colonne d'Ercole ad occidente ed il Caspio all'oriente, come un grande fiume.

Colombo (1492) iniziava il nuovo periodo e come il suo ardito intuito e l'incrollabile energia aprivano nuove vie all'attività commerciale, così le aprivano anche all'attività scientifica.

Dai suoi viaggi risultano assodati due dati importantissimi: l'esistenza dei venti alisei e della grande corrente oceanica equatoriale, nella quale fu poi riconosciuto il Gulf Stream. La serie innumere di viaggi transoceanici che ne seguì a scopo, sia puramente commerciale sia scientifico, apportò una quantità grandissima di importantissimi dati di osservazione, i quali perchè riferentisi ad una regione quale il mare, ampiamente estesa in modo uniforme, esente dalle irregolarità dipendenti dalle particolarità locali delle diverse regioni terrestri, fecero intravedere qualche cosa di regolare, di generale nell'andamento delle condizioni marine e particolarmente meteoriche. Fu riconosciuta così l'esistenza di una grande circolazione atmosferica per cui da una parte e dall'altra dell'equatore regnano venti d'Est permanenti, gli Alisei, emananti all'incirca dai tropici e dirigentisi, piegando di più in più verso Ovest, verso l'equatore, separati da una zona equatoriale piovosa e al di là degli Alisei, più vicino ai poli, venti di Ovest spiranti però meno regolarmente. Mentre, prima di Halley (1681), come origine ne era ammesso un ritardo dell'atmosfera relativamente alla rotazione terrestre, questi per il primo li attribuì alla differenza di calore tra l'equatore e i poli. Cinquant'anni più tardi (1735) Hadley spiega che per la ragione portata da Halley i venti dovrebbero muoversi da Nord a Sud nell'emisfero boreale e da Sud a Nord nell'australe; ma incontrando essi nel loro moto, a causa della rotazione terrestre, paralleli le cui velocità assolute vanno successivamente crescendo, rimangono sempre più indietro, onde le loro direzioni appaiono rispettivamente di NE e di SE.

Prima dell'invenzione del termometro e del barometro, sino cioè alla metà del secolo XVII, i dati meteorici non avevano al-

cuna precisione; solo la direzione del vento poteva essere indicata con abbastanza esattezza, ma ancora per tutta la prima metà del secolo XVIII le osservazioni meteoriche furono più che altro occasionali e irregolarmente raccolte sia rispetto al tempo sia rispetto al luogo.

Già però la prima serie di osservazioni meteorologiche regolari era cominciata al convento degli Angeli in Firenze nel 1654 sotto il granduca Ferdinando II de' Medici, auspice il quale si costituì anzi una vera rete meteorologica. Affinchè le osservazioni fossero eseguite con istrumenti e metodi uniformi, i primi erano forniti dall'Accademia del Cimento, le istruzioni inviate dal P. L. Antinori che funzionava da direttore. A lui i corrispondenti, che se ne avevano a Bologna, a Parma, a Milano, a Varsavia, a Innsbruck, a Parigi ed altrove, trasmettevano volta per volta, pare ogni mese, i risultati ottenuti i quali erano poi rimessi al granduca stesso che ne curò l'ordinamento sino a che visse, cioè sino al 1670. Disgraziatamente, dopo la morte del patrono, per non poche avverse circostanze, tra cui principalmente il deplorable scioglimento della tanto benemerita Accademia del Cimento, cessarono quelle indagini e quelle osservazioni cominciate con tanto ardore e tanto senno. Si ebbero successivamente sparse ed interrotte in Italia ed all'estero altre serie e piccole reti, ma non si può veramente dire che la meteorologia entrasse nel suo terzo periodo sino al 1781 in cui l'Accademia di Mannheim fondò sotto gli auspici dell'Elettore Palatino Carlo Teodoro una rete meteorica comprendente 37 stazioni europee di cui facevano parte alcune italiane come quelle di Bologna con il Matteucci, di Padova con il Toaldo, di Roma con Calandrelli e Gilli, una a Godthaab in Groenlandia e due nell'America settentrionale.

Il carattere principale dell'indirizzo di ricerca dominante fu statistico, la raccolta cioè sistematica di dati meteorologici estesa a tutte le regioni abitate dalle nazioni civili. Il numero degli osservatori andò man mano aumentando e le misure sempre più perfezionandosi. Riferire i risultati così ottenuti non mi è possibile per i limiti nei quali debbo contenere questa lezione; una esposizione ragionata, ampia adeguatamente all'importanza dell'argomento si ha nel « *Les Bases de la Météorologie Dynamique par les prof. Hildebrandsson et Teisserenc de Bort* ». Sono co-

stretto quindi a limitarmi ad accennare solamente al merito degli scienziati più eminenti ed alle deduzioni unicamente che hanno segnato il cammino progressivo della scienza quali colonne miliari.

Derivazione del metodo statistico ed espressione più comprensiva di esso e la determinazione delle medie dei valori dei singoli elementi meteorici è la ricerca dei cosiddetti valori normali, caratteristici del clima di una data località. Così Humboldt, introducendo per primo il nome di isoterme pubblica nel 1817 la sua classica memoria « *Des Lignes Isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe* », e distingue i climi costieri dai climi continentali, seguito nello stesso ordine di studi dal Kämtz e dal Dove il quale ultimo nel suo lavoro fondamentale « *sur les variations non périodiques de la distribution de la température à la surface terrestre* » dà, come dice egli medesimo, una storia termica dell'aria dal 1729.

Anche limitandosi all'esame delle successive condizioni, che si osservano in una medesima stazione, si riconobbe che nell'avvicinarsi dei fenomeni del tempo non vi è nulla di inconsequente e di casuale, ma che al contrario vi è stretta connessione tra di essi. Il metodo prescelto per ricavare le relazioni esistenti fu quello delle cosiddette rose dei venti di Dove, nelle quali, mediante vettori, si rappresentano i valori o la frequenza dei diversi elementi meteorici nelle singole direzioni del vento, secondo le vedute del medesimo Dove, che riteneva i valori di quegli elementi funzioni del vento.

Frattanto le ricerche meteorologiche si avviavano naturalmente, per la tendenza dello spirito umano, alla indagine delle cause, al periodo scientifico: *recte scire est per causas scire* — alla ricerca cioè delle relazioni causali dei fenomeni meteorici. Molto tempo, diversi secoli, erano dovuti trascorrere dall'origine della meteorologia, se pure la vogliamo porre alla invenzione del termometro e del barometro, affinchè questa potesse raggiungere il suo vero grado di scienza. La causa sta nel non aver potuto far uso del mezzo, tanto potente per lo sviluppo delle scienze naturali, l'esperienza. La geofisica in genere è stata sino ad ora scienza di osservazione, questa stessa in molti casi incompleta e mal sicura; appena ai nostri giorni comincia l'esperienza ad entrare nel suo dominio. Quasi contemporaneamente a Dove (1828) Redfield e poi Reid

(1838-1847), Puddington (1839-1860) e Meldrum (1873), studiano sulle sue orme l'originarsi, il progredire delle tempeste tropicali e le condizioni del tempo in esse. La teoria dominante è che le tempeste sono un moto vorticoso dell'aria. Redfield crede riconoscere che è sempre possibile porre una lastra trasparente su cui siano disegnati cerchi concentrici su una carta sulla quale siano segnate tutte le osservazioni simultanee del vento in una tempesta, in maniera che i venti coincidano sensibilmente con le tangenti ai cerchi.

Secondo questa teoria circolare Reid dà per primo ai marinai le regole per evitare i cicloni, ovvero, se sono presi da uno di essi, per la navigazione nei casi pericolosi; egli medesimo nel 1847 organizza il primo sistema di avvisi per informare in tempo utile il porto di Carlisle Bay nelle Barbados, ove stazionava, in base alle indicazioni di un barometro registratore. Nel 1838 invitava i direttori della Compagnia delle Indie orientali ad organizzare uno studio dei cicloni sui mari attorno all'India. Il servizio fu effettivamente organizzato e i risultati venivano inviati al Puddington in Calcutta che doveva studiarli; questi infatti nel 1839 cominciava le pubblicazioni relative all'esame di essi che proseguì in più di 40 memorie le cui deduzioni principali riassunse in un libro pratico « *The Sailors Horn-book for the Laws of storms in all part of the world* » che, riedito un gran numero di volte, ha formato sino al presente il codice normale dei marinai di ogni nazione in tutto ciò che riguarda le tempeste e le manovre per sfuggirle. Egli fa notare il fatto che il movimento del vento attorno al centro non è circolare che in prima approssimazione; uno studio più profondo prova che esso ha un'inclinazione in dentro, che l'aria si muove cioè in spirali verso il centro. Meldrum (1873), direttore dell'osservatorio di Maurizio insiste su questa specie di movimento spiraliforme e mette soprattutto in guardia i marinai sulle considerevoli perdite di navi e vite umane derivanti da alcune regole di Reid.

Brandes (Lipsia, 1820), già prima di Dove, indicava all'indagine dell'atmosfera un'altra via, che è la vera scientifica, la quale ha condotto all'indirizzo moderno. Egli ha dimostrato che è la distribuzione della pressione atmosferica che determina costantemente la direzione del vento, che questo soffia dalle regioni di alta pressione verso il centro di un minimo barometrico, ma che

è deviato a destra dalla rotazione terrestre, il che è in sostanza il fondamento della celebre legge di Buys-Ballot (1860) « *Turnez le dos au vent et vous aurez la plus basse pression a gauche et la plus haute à droite* ». Espy (1841-1851) e Loomis (1836-1859) nello stesso ordine di idee di Brandes studiano le tempeste e i tornados e indicano in essi le condizioni del tempo in relazione alle differenze barometriche, dimostrano il movimento centripeto del vento, la corrente centrale ascendente calda e relativamente umida che dà luogo a formazione di nubi e quindi il rovesciamento centrifugo di essa a notevole altezza accompagnato da pioggia e grandine,

Riconosciuta l'esistenza di connessione tra i diversi elementi meteorologici, sorgeva naturale l'idea di predire mediante l'andamento di alcuni il conseguente prossimo succedersi degli altri nell'interesse dell'agricoltura e maggiormente nell'intento di prevenirsi contro i danni del maltempo particolarmente delle tempeste in mare. Già Virgilio parla dei segni precursori del buono e cattivo tempo. Ho precedentemente accennato a tale riguardo che Reid per il primo aveva stabilito nel 1847 un sistema di segnali per avvertire in tempo utile il porto di Carlisle Bay dell'avvicinarsi di burrasche. Già molto prima il capitano Langford aveva studiato gli uragani delle Antille ed aveva constatato che essi sono sempre preceduti da certi segni ben conosciuti dai naturali del luogo, ed aveva notato il succedersi dei venti prima di cominciare e nello svolgersi dell'uragano. In base a tali osservazioni seppe prevedere l'arrivo probabile di una pericolosa perturbazione atmosferica, che infatti si manifestò in modo disastroso per l'isola Nevis il 19 agosto 1667. Contrariamente a ciò che si usava prima, che le navi rimanevano nei porti durante la burrasca e quasi mai in tal modo sfuggivano alla furia di essa onde erano gettate a terra, consigliò alla squadra inglese di apparecchiarsi e fuggire verso Sud con la tempesta di Nord per ritornare più tardi con il vento contrario: fu fortunatamente ascoltato. A quattro ore del pomeriggio l'uragano di Nord scoppiò con tutta la sua violenza mentre la squadra fuggiva verso Sud; cinque giorni più tardi i bastimenti erano ritornati sani e salvi all'ancoraggio mentre la sfortunata isola era stata interamente devastata.

L'idea di un servizio meteorologico avente per scopo la previsione delle probabili perturbazioni atmosferiche esteso all'Europa

e a tutto l'universo, germogliò nella mente di Lamarck e di Lavoisier nell'ultimo quarto del XVII secolo. Si trattava di stabilire un gran numero di stazioni di osservazione fornite d'istrumenti, soprattutto barometri, paragonabili fra loro: un gran numero di essi fu infatti distribuito dallo stesso Lavoisier. Circa lo stesso tempo appunto aveva cominciato a funzionare la rete meteorologica della società del Palatinato.

Il primo che ebbe l'idea di servirsi del telegrafo allo scopo di trasmettere i dati di osservazione e le previsioni dedotte da essi fu il Leverrier, ma non per prima in Francia si attuò il sistema. La prima applicazione fu fatta nel 1849 agli Stati Uniti ove su domanda del prof. Henry, segretario della Smithsonian Institution, si aggiunse al segnale destinato ogni giorno ad annunciare l'apertura del telegrafo, anche l'indicazione del tempo che faceva ad ogni posta. Il 14 giugno dello stesso anno il *Daily News* inglese cominciò a pubblicare le osservazioni provenienti per via telegrafica da 30 stazioni inglesi costituenti una rete meteorologica organizzata da Glaisher d'accordo con la Compagnia dei telegrafi elettrici, una Compagnia di ferrovie e il *Daily News*. Nell'occasione della grande esposizione del 1851 la Compagnia dei telegrafi espose una grande carta ove si segnava ogni giorno per giorno lo stato del tempo, la pressione barometrica e la direzione del vento e copie litografiche di essa si vendevano al pubblico per 1 penny.

Data l'estensione del telegrafo a tutta l'Europa, Leverrier, divenuto direttore dell'osservatorio di Parigi, incaricato dal ministro della guerra, maresciallo Vaillant, di fare uno studio sulle condizioni in cui si era prodotto il terribile uragano del 14 novembre 1854, che assalì le navi francesi e inglesi sulle coste della Crimea, e determinò la perdita dell'*Henry IV*, fu condotto a concepire il vasto piano di un servizio meteorologico internazionale. Sormontando grandissime difficoltà, riuscì effettivamente ad organizzarlo e, a partire dal 1° maggio 1860, i porti francesi ricevevano informazioni delle condizioni del tempo, non solo alle stazioni francesi, ma ancora a parecchie estere.

Tuttavia egli desiderava ancora di più; non si contentava di poter dare le informazioni delle condizioni già verificatesi, ma voleva fornire avvisi delle prossime probabili. La base scientifica a ciò era già stata stabilita dagli studi di Brandes e suoi seguaci;

Buis-Ballot, direttore dell'Istituto meteorologico olandese, ne mise in evidenza le regole dedotte dall'esame delle osservazioni simultanee di diversi luoghi, pubblicate dal 1849 nell'annuario del suo Istituto, riassunte sinteticamente nella sua celebre regola che ho avanti ricordato.

Egli fece vedere che non si può nulla concludere dall'altezza del barometro in un sol punto per la velocità o la direzione del vento durante la giornata seguente; si può tutto al più prevedere che in generale la velocità sarà meno grande con una alta che con una bassa pressione. Dalla variazione rapida si può dedurre qualche cosa di più, perchè in generale un innalzamento precede un vento di Nord, un abbassamento uno di sud. La differenza tra gli scarti barometrici a due stazioni non troppo lontane l'una dall'altra, dà l'indicazione più sicura della forza e della direzione del vento durante le 24 ore successive; il vento è press'a poco perpendicolare alla più grande pendenza barometrica. A tali norme generali il Buis-Ballot aggiunse altre particolari per l'Olanda. Sembra che altri (Coffin e Ferrel), prima del Buis-Ballot, abbiano intravvisto le medesime leggi, ma questi fu veramente che più esplicitamente le espose e le applicò ad organizzare il primo servizio regolare di previsione del tempo che cominciò a funzionare nel 1860.

In Inghilterra cominciò nel 1861, per opera del Fitz-Roi; il Leverrier non poté invece vedere l'attuazione dei suoi desideri che nel 1863. Tuttavia presto si diffuse in tutti gli altri Stati, sicchè nel 1872, con la conferenza dei meteorologi a Lipsia, si costituì l'*Organisation Internationale des travaux météorologiques*, la quale, nel congresso di Vienna dell'anno seguente, stabilì le norme dell'attuale servizio.

In Italia, ove, come abbiamo innanzi veduto, si erano iniziate le prime serie sistematiche di osservazioni meteorologiche, se le condizioni politiche avevano impedito la costituzione di una organizzazione estesa, non erano mancate le prove, limitate a ristrette regioni, anche su questa via pratica. Per opera dell'italiano abate Zantedeschi furono fatti i primi esperimenti di applicazione della telegrafia elettrica alla meteorologia tra le stazioni di Vienna, Trieste, Linz, Brunn e due altre della Transilvania. Nel 1855 fu attuato a Roma, per opera del padre Secchi, il piano di corrispondenza meteorica giornaliero fra Roma, Ancona e Ferrara che

cessò però ben presto. Entrata nel 1859 la Toscana a far parte del regno italico, il Matteucci si adoperò a persuadere il governo della necessità di dare stabile ordinamento agli studi meteorologici. E al Matteucci e al Plana di Torino s'indirizzava direttamente al principio del 1860 il Leverrier nell'organizzare il servizio internazionale per ottenere l'invio di un telegramma giornaliero delle osservazioni di Genova e Cagliari. Costoro si rivolsero al Ministero della marina che, senza indugio, interrogò in proposito il direttore dell'osservatorio della Scuola di marina di Genova, prof. Picone, che fece tali proposte e compose un programma così semplice e razionale che se la sua voce fosse stata ascoltata, l'Italia avrebbe avuto sin d'allora un ottimo servizio meteorologico marittimo, senza rimanere indietro all'Inghilterra e alla Francia.

La stessa sorte toccò agli altri tentativi e progetti fatti nello stesso anno 1860 e nei seguenti 1861-62 dai Ministeri della marina, dei lavori pubblici e della pubblica istruzione, non ostante che questi avessero invocato il Consiglio e l'appoggio degli uomini più competenti della scienza, quali, oltre i due già citati, il prof. Mosotti, Schiaparelli, Secchi, De Gasparis, Cantoni e Donati.

Nel 1863 fu incaricata dai tre Ministeri una Commissione composta dei prof. Matteucci, Gavi e del luogotenente di vascello Maldini « di studiare e di proporre l'istituzione di piccoli osservatori meteorologici alle principali stazioni telegrafiche del regno; il modo con cui le osservazioni fatte alle medesime e agli altri osservatori già esistenti debbano trasmettersi ad un centro comune e le norme perchè da questo centro si comunichino ai porti principali ad uso dei naviganti i presagi che dalle osservazioni medesime saranno per dedursi ». Ad accelerare il lavoro valsero non poco i telegrammi inviati da Parigi, il 2 dicembre dello stesso anno 1863, al Ministero della marina, nei quali si annunciava l'arrivo imminente di una bufera nei porti del Mediterraneo. Sui primi mesi del 1864 gli studi della Commissione erano compiuti, ma l'attuazione del progetto da essa redatto venne sospeso e non poté essere ripreso che più tardi (1864-65) sotto l'egida del Ministero della marina. « È certo — dice il padre Denza in una relazione storica: *La Meteorologia in Italia*, pubblicata nel 1883 nel periodico: *Gli Studi in Italia* — che, se l'opera della Commissione avesse potuto svolgersi liberamente e senza l'ingerenza di altri dicasteri, il servizio meteorologico ufficiale in Italia non sarebbe rimasto

per tanto tempo così incerto e perplesso come realmente lo fu e sin d'allora si sarebbe avuto nel nostro paese un ordinamento omogeneo e alla scienza proficuo ». Il 14 gennaio del 1865 il ministro d'agricoltura, industria e commercio, conte Torelli, rivolgeva una circolare a tutti i cultori delle scienze meteorologiche italiane invitandoli a trasmettere ogni decade le loro osservazioni alla statistica.

Si formarono così due reti distinte, l'una con a capo il Matteucci dipendente dal Ministero della marina, avente per iscopo il servizio dei presagi, l'altra diretta dal prof. Cantoni dell'università di Pavia, dipendente dal Ministero d'agricoltura, con intento climatologico, destinata a beneficio specialmente dell'agricoltura. A queste se ne aggiungeva, nel 1867, ancora una terza, formata dalle stazioni pluviometriche stabilite nelle valli e nei bacini fluviali, per opera del Ministero dei lavori pubblici, il quale, oltre a ciò, si occupava ancora a munire d'istrumenti meteorologici i posti semaforici già esistenti e che si venivano formando, delle quali nuove stazioni, parecchie entravano man mano a far parte del servizio meteorologico della marina. La diversità di scopo, indirizzo e metodi dei diversi servizi faceva sì che non se ne ricavassero quei risultati che potevano con diritto richiedersi dal numero delle stazioni stabilite e dai mezzi impiegati; sicchè nel 1876, per accordo dei quattro Ministeri interessati, il servizio meteorologico italiano fu unificato ponendolo alla dipendenza amministrativa del solo Ministero d'agricoltura, industria e commercio e sotto la direzione scientifica di un unico *Consiglio direttivo* formato di rappresentanti dei quattro Ministeri e di altri scienziati specialisti e costituendo per l'accentramento dei dati di osservazione, il loro spoglio e la conseguente deduzione dei presagi, notizie climatologiche e studio scientifico un ufficio centrale con sede in Roma. Sono rimasti solo i semafori dipendenti dal Ministero della marina; alcuni però di essi inviano regolarmente le loro osservazioni anche all'Ufficio centrale di Roma.

Accanto a questa organizzazione ufficiale si sviluppavano parallele altre iniziative private: la *Corrispondenza meteorologica italiana* costituita inizialmente (1873) dagli osservatori del Piemonte con a capo quello di Moncalieri diretto dal padre Denza, propagatasi poi nel resto d'Italia e d'isole, la *Società meteorologica italiana*, ordinata nel 1878 dal prof. Ragona di Modena, che,

coadiuvate anche dal Club alpino italiano, si fusero poi nel 1880 nell'*Associazione meteorologica italiana*.

Contemporaneamente alle terrestri si diffondevano anche le osservazioni in mare. Il maggior impulso a queste si deve al commodoro della marina americana Maury, per la cui iniziativa, in seguito ad accordo dei governi degli Stati Uniti ed Inglese, nel 1853 si tenne a Bruxelles una conferenza, in cui furono rappresentati, oltre i due Stati promotori, la Svezia, Norvegia, Danimarca, Belgio, Olanda, Russia, Francia. Questa prima conferenza fu seguita parecchi anni poi dalla conferenza di Londra, presieduta dal Buis-Ballot, nella quale furono indicate le forme generali per eseguire le osservazioni a bordo delle navi in mare.

Mediante la copiosa messe di dati così raccolti, molti importanti risultati si raggiungevano. Si precisava sempre meglio il modo, secondo cui eseguire le osservazioni e rappresentarle in carte sinottiche, si stabilivano più sicuramente le basi per una più attendibile previsione dei tempi, determinando le traiettorie delle maggiori depressioni barometriche, causa di grandi burrasche, la forma delle isobare, i conseguenti moti dell'aria e i caratteri del tempo nelle diverse regioni di esse.

Golton (1863) al tipo isobarico ciclonico, sino allora conosciuto, aggiungeva un nuovo tipo, l'anticiclonico, che egli studiò per primo mostrando la corrente verticale discendente nel centro di massima pressione e i venti divergenti in fuori alla periferia.

Buchan, nel suo *Handy-book of Meteorology* (1868), introduce l'espressione di gradiente barometrico.

Mohn, nell'esame dei valori della pressione barometrica, riduce questa sempre al livello del mare, mette in evidenza la natura vorticoso del moto dell'aria attorno ai centri di depressione, la differenza di condizioni tra la parte anteriore e posteriore del vortice, attribuendo un importante ufficio al vapore acqueo, sicchè accetta l'espressione dei marini che il Gulf-Stream è il padre delle tempeste, dimostra anche per via teorica e di calcolo che la direzione e la forza del vento sono funzioni della direzione e del valore del gradiente, che la direzione del vento è intermedia tra quelle del gradiente e delle isobare, e con Guldberg dà la nota formula esprimente la relazione tra queste grandezze

Reye, professore all'università di Strasburgo, studia empiricamente e teoricamente con l'aiuto del calcolo le diverse specie di

vortici che si formano nell'aria, mostrando che le correnti verticali ascendenti si generano ogni volta che gli strati inferiori dell'atmosfera sono in equilibrio instabile a causa del troppo grande riscaldamento della superficie terrestre. Lo segue sulla stessa via Peslin dell'osservatorio di Parigi. Dagli studi di Hoffmeyer, Köppen, Teisserenc de Bort si rilevano le relazioni tra gli scostamenti di temperatura dai valori medi normali e l'andamento delle isobare e le loro successive variazioni e con ciò delle condizioni del tempo. A rendere più evidenti queste ultime e più sicura la previsione di esse a breve scadenza, si distinsero, con Abercromby, oltre i due tipi isobarici principali, cicloni ed anticicloni, altri sei, cioè i satelliti dei cicloni o cicloni secondari, le saccature, i cunei, i promontori, gli stretti o selle o colli e i pendii.

Ma tra tutti questi tipi variabili, specialmente propri delle regioni continentali temperate, si riconobbe un andamento più generale, costante delle isobare. La superficie terrestre, cioè, è divisa in regioni di alte e basse pressioni accompagnate da circolazioni cicloniche e anticicloniche. Durante tutto l'anno si hanno alte pressioni sugli oceani ai tropici; in inverno se ne hanno anche nell'interno dei continenti dell'emisfero boreale, ma in estate al contrario vi regna bassa pressione. In inverno troviamo basse pressioni nelle parti boreali dell'Atlantico e del Pacifico e attorno al polo sud la pressione è continuamente bassa. Questi cicloni e anticicloni medi sono chiamati da Teisserenc de Bort centri di azione dell'atmosfera e le variazioni dell'intensità e della posizione di essi determinano i diversi tipi di tempo delle stagioni in diversi anni.

Conosciuta la distribuzione geografica dei diversi elementi meteorologici su gran parte della superficie terrestre sia di terra ferma che oceanica, si rilevò la costanza di alcune condizioni e moti generali e si assurse quindi alla concezione di una grande circolazione generale dell'atmosfera. Maury, nel 1855, ne dà nella sua *Physical Geography of the sea* il primo disegno rappresentante la circolazione atmosferica su una terra uniforme, ma nell'anno seguente il suo connazionale Ferrel, poco soddisfatto della lettura del libro di Maury, pubblica in un giornale di medicina un disegno completamente differente e quindi in una serie di memorie teoriche tratta dei movimenti dei fluidi e dei solidi in rapporto alla superficie della terra e dei venti e delle correnti dell'Oceano, della causà

delle basse pressioni nelle regioni polari e al centro dei cicloni, della relazione tra il gradiente barometrico e la velocità del vento ed altre ricerche meteorologiche sui cicloni, tornados e trombe d'acqua.

Seguono con gli stessi intendimenti e con gli stessi metodi a studiare l'argomento James-Thomson (1857), Maurice de Taste, Siemens (1886), Möller (1887), Oberbeck (1888), Duclaux, De Marchi. Con questi lavori, particolarmente quelli di Guldeberg e Mohn, Reye, Ferrel, si era sviluppata una meccanica dell'atmosfera che raggiunge il suo punto culminante per opera dell'Helmoltz, specialmente nella sua memoria del 1886 sui movimenti dell'aria.

Di là a questo si svolgeva un altro ramo, quello termodinamico, relativo alla formazione del vapore acqueo (evaporazione), alla sua condensazione e agli effetti di questi fenomeni. Fortunatamente in questa parte era possibile far uso dell'esperienza: i punti di partenza sono i principî di Watt e Dalton (1793, 1837). Espy, grande ammiratore di Dalton, Loomis e lo stesso Mohn attribuivano, come ho detto precedentemente, al vapore acqueo la causa principale della formazione dei fenomeni dei cicloni e delle tempeste. La teoria più antica, e più generalmente adottata per molto tempo della pioggia, è quella di Hutton (1784), per cui il miscuglio di due volumi d'aria, ambedue saturi o vicini alla saturazione, è sempre accompagnata da precipitazione o condensazione. Renou, che fu il primo a dare nel 1868 una carta delle isobare e nel 1869 delle isonefe, nel 1866 pubblicava una teoria della pioggia, nella quale passa in rassegna i diversi modi di condensazione del vapore acqueo. Peslin, citato, mostra che la causa principale della pioggia risiede nel raffreddamento dinamico di corrente d'aria ascendente. Marié-Davy adotta le idee di Hutton, modificandole nel senso che da un miscuglio di due masse d'aria inegualmente calde può risultare un abbondante condensazione di vapore.

Il von Bezold è per questa parte quello che era stato l'Helmoltz per la meccanica. Precisa meglio il significato del *Wärmegehalt* di una massa d'aria, introdotto da Helmholtz, dandogli il nome più preciso di *temperatura potenziale*, distingue gli stati in cui può trovarsi la massa atmosferica in quattro principali: 1° stadio di aria secca o non satura in cui le proporzioni di aria e di vapore acqueo rimangono costanti; la precipitazione è esclusa,

l'immissione di una quantità apprezzabile di vapore è solo possibile vicino al suolo; 2° stadio di pioggia o d'aria satura, in cui le variazioni di stato possono avvenire in un dato senso, cioè per volumi decrescenti; 3° stadio di grandine, nel quale l'acqua compare contemporaneamente nei suoi tre stadi; la temperatura è prossima a 0°C. ; l'unico processo possibile è l'espansione isoterma; 4° stadio di neve in cui la temperatura è inferiore a 0° . Studia i fenomeni della convezione composta, ossia in cui, oltre il trasporto di masse d'aria a diverse temperature, si considerano anche i possibili processi di condensazione e d'evaporazione; dimostra che i processi adiabatici nell'aria libera quando non vi sia evaporazione o non alterano la temperatura potenziale o la inalzano, e ciò tanto più quanto maggiore è la condensazione; applica questo teorema fondamentale allo studio di singoli casi speciali.

Prosecutore di questi studi fu il Brilloin (1896), che distingue tre specie di pioggia secondo le cause: 1° pioggia convettiva, causata da correnti ascendenti nelle ore più calde della giornata; 2° pioggia orografica, proveniente da che un vento orizzontale soffia contro una costa elevata o una catena di montagne ed è obbligato ad elevarsi a causa dell'ostacolo; 3° pioggia ciclonica, quella delle depressioni atmosferiche.

Accertate queste leggi fondamentali, ma particolari dei processi meteorici, restava di saperne bene usufruire per dedurre quelle più generali, base scientifica di una sicura previsione di future condizioni atmosferiche, mediante la conoscenza delle passate e delle presenti. Occorre per ciò saper precisare come nella costantemente variabile, in modo periodico, distribuzione geografica degli elementi meteorici che determinano la grande circolazione generale dell'atmosfera, si originino quelle variazioni accidentali che producono la formazione dei minimi e dei massimi barometrici. Come sui primi dati di osservazione si erano fondate le teorie, così bisognava ora fare il cammino inverso, vedere come le nuove deduzioni analitiche di queste corrispondessero ai fatti per poi ritornare ad una nuova sintesi più comprensiva. Per l'accertamento delle condizioni della circolazione atmosferica generale bisognava in qualche modo riconoscere il movimento degli strati superiori dell'atmosfera. A ciò contribuirono potentemente le osservazioni principalmente di Hildebrandsson, Teisserenc de Bort, Dechevrens ed altri sul moto delle nubi, mediante le quali si è riconosciuto

che l'antica idea di Ferrel e Thomson, di una circolazione verticale tra i tropici e i poli, non è vera, che questa invece è molto più complessa e formata da diversi vortici parziali.

Dal principio della meteorologia dinamica, due opinioni hanno regnato intorno alla formazione dei cicloni e degli anticicloni: la teoria termica e la meccanica, che sono state spesso opposte l'una all'altra. La termica, sostenuta principalmente da Kämtz e da Offineyer, si basa sulle correnti di convezione prodotte da differenze di densità originate, queste, da diverso riscaldamento su regioni vicine della terra. La teoria meccanica, che ha avuto per principali sostenitori Dove e Meldrum, ritiene i cicloni e gli anticicloni formati dalla rotazione impressa in un senso o nell'altro da correnti aeree già esistenti a porzioni di atmosfera interposte tra esse. Un grande passo verso la soluzione della questione, quale delle due sia la vera, è stato fatto per opera dello studio delle condizioni dell'alta atmosfera, sia con cervi volanti sia con palloni. Si sono avute così importanti nozioni intorno alla circolazione dell'aria attorno ai massimi e ai minimi e alle relazioni che esistono tra le grandi correnti della circolazione generale dell'atmosfera e le perturbazioni alla superficie terrestre, ma tuttora la questione non può dirsi completamente risolta; probabilmente nell'una e nell'altra teoria vi è qualche parte di verità. Uno dei recenti più importanti contributi in questo campo è quello portato per via teorica dal prof. De Marchi, con le sue *Note di meteorologia matematica* (1902). In esse egli mostra che la causa principale della circolazione dell'aria sono i dislivelli di temperatura alla superficie terrestre. Ma appena l'aria si muove sotto l'azione dello squilibrio termico, questi movimenti producono variazioni di densità e di temperatura e dislivelli di pressione nella massa, ai quali la circolazione atmosferica deve conformarsi: analiticamente fa vedere quale parte spetti a ciascuno di questi fattori nel moto risultante.

Ad ogni modo molti problemi rimangono a delucidare e risolvere anche dopo i concludentissimi risultati ottenuti secondo queste nuove vie di ricerca negli ultimi tempi. Scopo principale degli ulteriori studi meteorologici debbono essere le ricerche sperimentali tendenti a fornire al calcolo i valori di diversi elementi indispensabili, quali soprattutto i coefficienti di attrito interno ed esterno e a mettere in chiaro le condizioni dell'alta atmosfera e dei suoi centri d'azione con le loro mutue relazioni.



All'epoca del Maury, circa il 1850, viene comunemente fissato il vero inizio della talassologia. Ma se certamente all'opera entusiasta ed instancabile di costui si deve l'impulso che determinò il principio delle osservazioni sistematiche a mare, non solo di meteorologia, come prima abbiamo veduto, ma anche di talassologia e specialmente termometriche e areometriche, le quali ultime in particolare ebbero in lui un fervente propugnatore, nei tre secoli precedenti però questa scienza aveva già avuto il suo periodo preparatorio.

Le osservazioni fatte in quei secoli non ebbero in generale preciso scopo prestabilito di determinate ricerche intorno alle condizioni del mare; meritano però particolarmente essere eccettuati in tale riguardo gli studi del conte Ferdinando Marsigli, che giustamente dev'essere riconosciuto come il vero fondatore della talassologia. Varie vicende di vita lo condussero a passarne gran parte lontano dalla patria Bologna, ma di questa tuttavia si sentì sempre figlio e ad essa mostrò costante affetto con preziosi doni di raccolte scientifiche. Egli iniziò sul Bosforo, sin dal 1680, le sue prime ricerche che furono fatte pubblicare dalla regina Cristina di Svezia in Roma. Le riprese più tardi nel 1698 con più vasto disegno nel Mediterraneo occidentale e l'*Histoire physique de la mer*, che scrisse in seguito a questi studi, appare veramente straordinaria per l'epoca in cui fu composta.

In essa trattò tutte le parti della moderna talassologia dalle ricerche litologiche e batimetriche, dalle chimiche sulla natura dei sali disciolti nell'acqua di mare, alle fisiche sulla temperatura e densità, alle dinamiche sulle correnti, sulle onde e sulle maree, sino ancora alle biologiche; e già seppe far uso di metodi di ricerca veramente scientifici, e giunse a vedute che, se pure allora non rigorosamente dimostrate, lo furono completamente in seguito. Un'altra eccezione va ancora fatta per le misure di temperatura aventi per iscopo la ricerca dei limiti del Gulf-Stream fatte prima da Franklin, il quale, in seguito ad esse propose tali misure con un metodo per orientarsi in navigazione, proseguite poi da Blagden e da Williams ed infine per le varie ricerche ancora specialmente di temperatura eseguite dall'Aimé nel Mediterraneo dal 1840 al 1845.

Anche in questo periodo, benchè poche in confronto della durata di esso, e molto generali e non bene esatte, tuttavia si acquistarono importanti conoscenze. Si riconobbero le grandi correnti marine: la corrente del Labrador utilizzata già da Caboto nel 1497, quella del Mozambico da Vasco di Gama, della Florida da Ponce de Leon (1512), la più nota del Golfo da Pietro Martire di Angera e da Gilbert (1570); più particolarmente rilevata nel XVIII secolo mediante le misure di temperatura di Franklin, Williams e Blagden, sino a quella ancora del Kuro-sivo scoperta per opera dell'ingegnere idrografo francese De Tessan sulla *Venus* nel 1836-39. Già Fournier nel 1643 e il padre Kircher nel 1678 disegnavano carte rappresentanti le correnti marine allora conosciute e il Varenus nel 1650 ne dava la più completa descrizione per quel tempo, dividendole in perpetue e periodiche, generali e speciali.

Per quanto la conoscenza dei fatti fosse ancora sommaria, si cercò d'indagarne le cause, e oltre a teorie cosmogoniche professate pure da Colombo e da Arago, compaiono sin d'allora, benchè in modo erroneo e confuso, le più giuste teorie, ancor oggi dominanti, dell'influenza del calore solare che genera differenze di densità tra le acque di mare poste a latitudini diverse (Leonardo da Vinci, Voslio, Fournier, Happelius, Arago), dell'azione dei venti spiranti costantemente sugli Oceani (Kircher, Leval, Humboldt, Rennell) e della tendenza al ristabilimento delle condizioni di equilibrio rispetto alla forza di gravità (Franklin, Leonardo da Vinci).

Dopo la metà del secolo XIX le cose cambiarono di molto. Mentre con lo svilupparsi sempre maggiore della navigazione a vapore e col sostituirsi di essa in gran parte alla navigazione a vela, l'intento e l'indirizzo delle ricerche talassologiche propuguate dal Maury, andavano man mano perdendo d'importanza, se ne presentavano dei nuovi. Da una parte s'imponeva innanzi tutto la necessità di ampliare e perfezionare maggiormente la conoscenza della morfologia del fondo e delle coste dei mari, e a tale scopo si andarono costituendo speciali uffici detti idrografici incaricati espressamente dello studio del rilievo sottomarino. Particolarmente gli Americani si dedicarono a ricercare le condizioni migliori affinchè gli scandagli eseguiti fossero degni di fiducia. Lee e Benymen dal 1850 al 1853 studiarono la variazione della velocità di discesa di una linea di sonda; si cercò quale fosse il peso conveniente per trascinare la linea ed evitarne l'inclinazione

per effetto delle correnti; il luogotenente Walsh sostituì la corda di canapa prima con una di seta, poi per primo pensò di far uso del filo metallico che però sul principio sembrò dare cattivi risultati onde fu abbandonato e non fu ripreso che più tardi quando si perfezionarono, nelle grandi spedizioni oceaniche, le macchine e gli apparecchi di scandaglio a cominciare dalle macchine di Thomson e di Sigsbee ed al primo scandaglio a perdita di peso di Brook sino ai nostri ideati dal Magnaghi e ai più recenti ancora, quali quelli usati nelle campagne del Principe di Monaco sulla *Princesse Alice*.

D'altra parte dal punto di vista scientifico di quelle ricerche sorgeva un nuovo scopo, l'indagine biologica occasionata dai lavori per la posa e la riparazione dei grandi cavi telegrafici sottomarini. Si apriva così un nuovo campo d'investigazione, quello della esistenza e delle condizioni di vita particolarmente a profondità nel mare. Allora non bastò più autorizzare uno scienziato ad imbarcarsi su qualche bastimento lasciando alla sua buona fortuna il fornirgli l'occasione e alla sua accortezza e abilità saperla subito cogliere per poter fare qualche osservazione sempre senza che questa avesse da disturbare nel modo più leggero le condizioni della navigazione, qualunque ne fosse poi l'interesse e l'utilità, ma si cominciò a comprendere che sarebbe stato molto importante scientificamente e riuscito molto proficuo praticamente, mettere a servizio esclusivo della scienza una nave con tutto il suo personale marinaro diretto da intelligenti ufficiali, facendovi prendere posto i più eminenti scienziati forniti degli strumenti più perfezionati di ricerca. E così dall'Inghilterra mossero tra il 1868 e il 1870 il *Lightning* e il *Porcupine* per le prime spedizioni espressamente talassologiche. Grandissima è l'importanza di queste particolarmente per aver mostrato gli interessantissimi risultati che potevano raccogliersi e le difficoltà pratiche che si presentavano per ottenerli.

Seguì la celebre spedizione del *Challenger* che dal 7 dicembre 1872 al 27 maggio 1876 esplorò i grandi Oceani della terra penetrando anche nel nostro Mediterraneo. La pubblicazione dei copiosissimi e interessantissimi risultati ricavati, particolarmente nel campo biologico, forma 45 grossi volumi. Traendo partito dall'esperienza delle precedenti, gli apparecchi di raccolta degli organismi, di sondaggio, di presa di saggi d'acqua e di misura

delle caratteristiche di questi, furono molto perfezionati. L'areometro tuttora più generalmente in uso per le determinazioni di densità dell'acqua di mare, è quello stesso a peso ed a volume variabile ideato per questa spedizione dal Buchanan ed è appunto conosciuto sotto il nome di areometro di Buchanan o del Challenger. Sfortunatamente il termometro, per quanto già fornito dal Miller Casella di protezione contro le forti pressioni delle grandi profondità, era ancora a massima e minima; tuttavia le misure eseguite per mezzo di esso formarono la base della teoria termica della circolazione oceanica sostenuta da Carpenter.

Dopo i trionfi di questa spedizione, che forma veramente epoca nella storia della talassologia, quasi tutte le nazioni civili fecero a gara nell'eseguirne, e basti ricordare tra le più importanti durante il rimanente quarto di secolo quelle della *Tuscarora* (1873-75 e 1878) e *Blak* (1883) americane, del *Vöringen* (1876-78) norvegese, della *Gazelle* (1874-76) tedesca, della *Pola* (1881-83) austriaca, delle *Travailleur* (1880-82) e *Talisman* (1883) francesi, dell'*Hirondelle* (1885 in poi), del Principe di Monaco che proseguirono con le ben note della *Princesse Alice*, della *Fram*, *Belgica*, *Valdivia*, *Planet*, *Germania*, *Gauss*, ecc., nei primi anni del secolo in cui ora viviamo.

Immenso è stato il contributo da esse portato alla conoscenza dei mari; riassumerlo brevemente è impossibile, nè mi vi accingo per la ristrettezza del tempo.

La prima parte del fondo del mare, a partire dalla costa fino alla profondità di 200 metri fu detta zoccolo continentale: essa è la porzione meglio conosciuta, grazie ai numerosi rilievi idrografici eseguiti nell'interesse della navigazione. Si è riconosciuto che essa ripete in generale i caratteri della terra ferma che forma la costa, così ove questa è pianeggiante, anche il fondo del mare scende con dolce pendio, in prosecuzione delle coste ripide ed accidentate scende invece rapidamente frastagliata da profonde valli sottomarine. Spetta al prof. Issel aver fatto notare questo carattere primariamente per la spiaggia ligure, in base agli scandagli del nostro Istituto idrografico, carattere che fu poi riconosciuto generale per tutte le altre spiagge. Dalla profondità di 200 metri il fondo del mare si abbassa più rapidamente sino ai 3000 e più dolcemente in seguito a profondità maggiori nei mari più antichi. In complesso, nella parte abissale, esso è più uniforme che non sia la

superficie della terra, perchè meno soggetto alle influenze disgregatrici ed erosive che esercitano la loro azione su questa, tuttavia furono distinti bacini separati da alte scogliere che impediscono alle acque profonde dell'uno di mescolarsi con quelle dell'altro. Il letto dei mari è, al dire del Supan, il regno dei sedimenti e questi fu dimostrato essere regolarmente distribuiti a seconda della profondità.

L'analisi dei sali disciolti nell'acqua di mare è uno dei problemi di chimica pratica più ardui, tuttavia, messa la questione su una via sicura e rapida dal Mohr, il fondatore dell'analisi per mezzo dei liquidi titolati, fu risolta anch'essa con esito soddisfacente e apportò notevoli vantaggi allo studio del mare. Fu così determinata la quantità relativa dei diversi sali che sino ai più recenti tempi fu ritenuta costante almeno negli oceani e solo variabile la salinità, cioè la quantità totale di essi rispetto alla quantità dell'acqua solvente. Derivazione di tale concetto è appunto il metodo di determinazione della salinità totale e di deduzione poi da essa della densità mediante la semplice misura della cosiddetta clorurazione, cioè della quantità dei componenti predominanti, gli alogeni, fatta con liquidi titolati, operazione che si può facilmente e comodamente eseguire a bordo di una nave anche con mare mosso. La salinità così e la temperatura furono considerate, sia insieme nella densità, sia più spesso separatamente, come elementi caratteristici di un'acqua di mare, affine di rintracciarne il cammino per lo studio delle correnti. Le grandi spedizioni misero in evidenza le differenze di questi elementi nelle diverse parti del mare e le incessanti variazioni che esse subiscono col tempo anche in un medesimo luogo, le cui rapidità ed entità sono però molto piccole in confronto delle corrispondenti variazioni che si riscontrano negli elementi meteorici e l'andamento generale della loro distribuzione orizzontale e verticale. Con il medesimo scopo furono pure studiati i gas atmosferici che si trovano in soluzione nell'acqua di mare e ne furono mostrate l'origine, le variazioni e l'ufficio per la vita degli organismi.

È soprattutto in questo campo biologico che furono fatte le maggiori, più interessanti e sorprendenti scoperte. Si tirarono su dalle profondità di 3000 e più metri esseri dei quali prima neppure si sospettava l'esistenza sotto così enormi pressioni. Tutte le profondità dei mari si videro abitate da innumerevoli specie di

organismi provvidamente provvedute di speciali organi e mezzi di esistenza adatti alle particolari condizioni nelle quali vivono. Si riconobbe infine generalmente la dipendenza della distribuzione di essi da quella delle condizioni fisiche.

Tali spedizioni tuttavia non sono che grandi esplorazioni: i dati che si raccolgono si riferiscono a località e tempi diversi e quindi se nel riguardo puramente zoologico possono condurre a risultati brillanti ed anche talora abbastanza completi, nel riguardo biologico e fisico, tali dati non essendo tra loro paragonabili, non possono fornire risposte soddisfacenti a determinate quistioni, ma solo sommarie informazioni generali. Per raggiungere lo scopo scientifico principale, la conoscenza dei fenomeni che hanno luogo nel mare, più importante tra questi, il movimento, e delle relazioni tra le condizioni fisiche e i fenomeni di vita è necessario poter seguire continuamente le variazioni periodiche e non periodiche degli elementi talassologici. Ciò non si può ottenere, come abbiamo veduto per la meteorologia, che con serie regolari di osservazioni eseguite in osservatorî fissi, stabiliti nel maggior numero possibile di luoghi sparsi per la maggiore possibile estensione del mare. L'impossibilità di realizzare anche attualmente una tale organizzazione mantiene la talassologia in un grado d'inferiorità rispetto alla meteorologia.

Pertanto cominciarono ad istituirsi sino dal 1870 a tale scopo appositi istituti costieri. Primo di essi, se si vuole escludere la Deutsche Seewarte di Amburgo, fondata nel 1868 per iniziativa della Camera di commercio di quella città, ma il cui compito principale è di meteorologia nautica, fu il laboratorio centrale di Kiel che alla sua dipendenza ha una serie di altri osservatorî sulle coste del Baltico, del Mar del Nord e ad Helgoland. Seguirono ben presto molti negli altri Stati, quasi tutti di carattere prevalentemente biologico, principali la stazione di Copenhagen, la Marine Station a Granton, il Board of Norwegian Fishery and Marine Investigations, il Marine Biological Laboratory of Plymouth, il Museo e laboratorio di Helsingfors, la Stazione zoologica di Helder, il Laboratorio e l'acquario di Ostenda, la Stazione svedese di Bornö, quella russa a Villafranca, la Stazione zoologica internazionale di Napoli.

Per le osservazioni da eseguirsi in alto mare, secondo questo indirizzo scientifico sistematico, si cercò di approfittare della piccola

e soprattutto lenta variabilità degli elementi talassologici, eseguendo serie in luoghi diversi in tempo breve abbastanza perchè i dati potessero considerarsi tra loro paragonabili e ripetendo queste serie ad intervalli di tempo così corti da essere autorizzati a ritenere le condizioni di una serie conseguenza immediata di quelle della precedente. Le prime ricerche eseguite con questo metodo furono quelle intraprese dalla spedizione svedese del Baltico nel 1877, sotto la direzione del prof. Ekman. È evidente che per poter attuare praticamente tale sistema su una vasta estensione di mare, occorre possedere grandi mezzi in modo da dividere l'intero campo d'investigazione in tante parti, nelle quali simultaneamente si lavori indipendentemente, ma con metodi perfettamente identici. E così sviluppandosi, specialmente per opera del prof. Pettersson, le ricerche secondo questo indirizzo, fu riconosciuto che la realizzazione della sistematica investigazione del mare si poteva solo raggiungere mediante una cooperazione internazionale. E i professori Ekman e Pettersson ne presentarono un progetto alla sezione fisica del Congresso dei naturalisti a Copenhagen nel 1892. Una prima prova fu fatta negli anni 1893-94 con quattro serie di osservazioni eseguite ad intervalli di 3 mesi, mediante spedizioni simultanee della Svezia, Danimarca, Germania e Gran Bretagna. Questa prova riuscì così soddisfacente che il VI Congresso geografico internazionale, tenutosi a Londra nel 1895, riconoscendo l'importanza scientifica ed economica dei risultati ottenuti, specialmente in riguardo agli interessi della pesca, esprime il parere che l'esame di quelle aree dovesse essere continuato ed esteso mediante la cooperazione dei diversi Stati interessati, secondo le linee dello schema presentato dal prof. Pettersson. Per raggiungere l'attuazione del voto del Congresso, si tennero due conferenze, l'una nel 1899 a Stoccolma promossa dal governo svedese, l'altra nel 1901 dal norvegese a Christiania, nella quale seconda furono completate e poste nella loro forma finale le proposte presentate nella precedente. Così si costituì l'Associazione internazionale per l'esplorazione del mare, di cui fanno parte il Belgio, la Danimarca, la Germania, l'Inghilterra, la Finlandia, l'Olanda, la Norvegia, la Russia e la Svezia, che ha per iscopo lo studio dei mari interni europei settentrionali e dell'Atlantico settentrionale. Le ricerche si eseguono mediante osservazioni giornaliere e periodiche, le prime compiute ogni giorno alle stazioni

biologiche marine costiere e sulle navi faro, le seconde ogni stagione nei mesi di febbraio, maggio, agosto e novembre, in punti fissati di linee stabilite. A queste ultime prendono parte navi appositamente destinate ed equipaggiate da ogni Stato partecipante e bastimenti a vapore commerciali che fanno il servizio di navigazione lungo le linee stabilite. Inoltre frequentemente sono intraprese crociere straordinarie per speciali ricerche.

A questo punto possiamo soffermarci a ricercare qual'è il contributo portato dall'Italia nel progresso della talassologia. Con dolore, come Italiani, dobbiamo riconoscere che mentre vantiamo aver avuto nella nostra patria i natali il fondatore di questa scienza, quasi nulla si è poi fatto presso di noi per lo sviluppo di essa; con soddisfazione, come appartenenti all'Istituto idrografico, possiamo ben asserire che quel che si è fatto è opera del nostro Istituto, che il Ministero della marina si è mostrato sempre non solo disposto a favorire, ma pronto a promuovere tutto ciò che, pur non essendo sua diretta competenza, può giovare ad accrescere le conoscenze del mare. Ed infatti le uniche ricerche talassologiche italiane furono quelle eseguite negli anni 1881-82-83 sul *Washington*, comandato dal Magnaghi, allora direttore dell'Ufficio idrografico di Genova. Nelle spedizioni del 1881-82 era a bordo il prof. Giglioli che con i risultati delle sue pesche abissali dimostrò non giusta la supposizione del Carpenter, membro della celebre spedizione del *Challenger*, che le grandi profondità del Mediterraneo fossero azoiche. Il Magnaghi prese tanto interesse alle ricerche che egli medesimo perfezionò alcuni e ideò altri nuovi apparecchi, ed entusiasmato degli splendidi risultati ottenuti per assicurare la stabilità e quindi la riuscita delle future esplorazioni presentò, d'accordo col Giglioli, un apposito progetto alla presidenza dell'Accademia dei Lincei. Il progetto fu approvato e fu nominata in conseguenza una Commissione composta di rappresentanti dell'Accademia e dei Ministeri della marina, dell'agricoltura, industria e commercio, dei lavori pubblici e della pubblica istruzione che doveva dirigere ed organizzare le ricerche. Nella campagna del 1883 così a bordo del *Washington*, oltre al prof. Giglioli per la parte zoologica, vi era il Pisati per le ricerche fisiche, ma non si ricavò alcun risultato scientifico degno di menzione. La Commissione si adunò ancora alla fine di dicembre del medesimo anno e da allora in poi, se si eccettuino limitati studi com-

più da privati studiosi, nulla più si fece non ostante le proposte e gli ordini del giorno di quasi tutti i congressi geografici e zoologici italiani. In quest'anno, sotto gli auspici della Società italiana per il progresso delle scienze, si è costituito un Comitato talassografico, che ha aderito al lavoro internazionale che tende ora ad estendersi anche al resto dell'Atlantico ed al Mediterraneo; ed è da augurarsi che possa così la nostra patria riacquistare presto, in questo campo, il posto che le compete. È necessario perciò che si arrivi a comprendere anche presso di noi l'importanza e l'utilità pratica delle ricerche talassologiche.

Lo scopo che si propongono le ricerche internazionali è il favorire ed aumentare l'esercizio e il prodotto delle pesche, ed è appunto perciò che sono state tanto promosse ed aidate dai governi stessi.

A raggiungere tali intenti pratici si è mostrato alla prova nulla più giovevole che uno studio eseguito secondo rigorosi metodi scientifici. Duplice è la via seguita, da una parte si ricercano le condizioni di vita e le migrazioni degli animali particolarmente più utili, sia mediante esperienze nelle apposite stazioni biologiche sia mediante osservazioni dirette nell'elemento naturale di quegli esseri durante le crociere, dall'altra parte si indaga ove quelle condizioni esistono e si producono.

I metodi di misura e di ricerca sia nell'uno sia nell'altro campo sono andati continuamente perfezionandosi. Da dominatrice è entrata l'esperienza nella biologia; il Regnard nel laboratorio della Sorbona già nel 1880 determinava l'influenza delle variazioni di temperatura e pressione sugli organismi; al giorno d'oggi si seguono negli acquarî tutte le successive fasi di sviluppo degli animali acquatici, dall'uovo per lo stato larvale sino a quello d'individuo perfetto; si studiano le influenze della luce, della temperatura delle varie specie di nutrimento di qualunque altro fattore d'ambiente. Con i moderni attrezzi di pesca si raccolgono separatamente gli organismi alle date volute profondità alle quali si determinano contemporaneamente la temperatura, la salinità, la qualità e quantità di gas disciolti. Un pesce catturato si studia nelle sue forme e colore, se ne misurano le dimensioni, quindi si marca con segno speciale e si rigetta in mare per poi riconoscerlo e ristudiarne le variazioni quando venga catturato di nuovo dopo un certo tempo in altro luogo, in altre condizioni. Così si vanno

svelando i segreti della vita nel mare che viene in tal modo anche esso assoggettato al razionale sfruttamento dell'uomo.

Come, quando e dove effettivamente trarre partito di questi dati biologici è l'altro campo di ricerche, il fisico, che unicamente ci può insegnare. Si è così avuto particolarmente in mira di accertare le condizioni locali delle regioni marittime studiate e le loro variazioni da stagione a stagione, da anno ad anno, nell'intento di metterli in relazione con i redditi diversi della pesca a seconda delle località, delle stagioni, degli anni. Una delle particolarità più speciali ed interessanti dei mari interni dell'Europa settentrionale e dell'Atlantico settentrionale studiati dalla Commissione internazionale, è il fatto che in essi vengono ad incontrarsi tre acque di caratteri diversi, le atlantiche relativamente calde e salate, le polari anch'esse ricche di sali ma molto più fredde, ed infine le locali a temperature intermedie ma relativamente povere di sali per l'afflusso di acque dolci. Dallo spostamento dei rispettivi limiti e dal variabile mescolamento di esse risultano alternative condizioni diverse che influiscono grandemente sulla distribuzione degli organismi. Immenso vantaggio ne ha ricavato l'industria delle pesche; nuovi campi ove esercitarla sono stati prima preveduti poi effettivamente scoperti mediante apposite esplorazioni; nuovi e razionali metodi di cattura sono stati ideati, altri organismi utilizzabili sono stati rinvenuti e così i profitti sono considerevolmente aumentati.

Con ciò si è stati condotti a studiare sotto un punto di vista generale e comprensivo le correnti marine, le loro diverse cause, le leggi, le variazioni a cui vanno soggette. All'epoca del Maury due erano principalmente le teorie dominanti relativamente alla formazione delle correnti. L'una considerava negli oceani una grande circolazione analoga a quella atmosferica originata dalle differenze di densità in conseguenza del diverso riscaldamento dell'acqua di mare alle regioni polari e alle equatoriali. Da queste a quelle sarebbe spinto il mare a muoversi alla superficie, ma arrivate le acque ai poli si raffredderebbero e aumentando di densità scenderebbero al basso e strisciando quindi sul fondo del mare ritornerebbero all'equatore ove risalendo verticalmente alla superficie ricomincerebbero il loro giro. Carpenter appunto, in base alle osservazioni del Challenger, sostiene tale teoria, mentre Croll

già nel 1870 credeva aver dimostrato che per differenze di densità non possono generarsi correnti di sensibile velocità.

Zöppritz in quest'ordine d'idee analiticamente mostra l'azione trascinatrice che il vento può esercitare sulla superficie del mare e la sua memoria pubblicata nel 1878 è stata sino ai primi anni di questo secolo la base fondamentale dell'altra teoria che ascrive al vento, particolarmente allo spirare dei costanti alisei, la causa della circolazione superficiale oceanica. Frattanto però Mohn nel resoconto dei risultati della spedizione polare Nord Norvegese tiene conto di ambedue le cause e sviluppa un metodo per cui dalle osservazioni barometriche alla superficie del mare e dalle misure di densità dell'acqua a diverse profondità si può dedurre l'andamento delle correnti circolanti in un dato bacino marittimo. Egli basa la sua trattazione sulla considerazione dei valori della pressione idrostatica nel mare e sulle deviazioni dalle condizioni di equilibrio che derivano dall'inclinazione della superficie libera in causa dell'andamento delle distribuzioni della pressione atmosferica e delle differenze di densità.

Secondo il medesimo punto di vista fondamentale l'Ekman F. L. (1876) esamina in modo veramente magistrale le diverse specie di correnti mostrando anche come possano generarsene di secondarie per azione di altre porzioni di acqua già in moto e per inclinazione della superficie superiore del mare in conseguenza di accumulamento di acqua prodotto dal vento contro una costa. Negli anni più recenti per opera sempre della scuola scandinava, centro degli studi talassologici, il progresso verso una comprensione del fenomeno della circolazione marina fa passi giganteschi.

Nansen discutendo i risultati della sua spedizione polare insiste sulla necessità di dare il dovuto conto all'azione deviatrice della rotazione terrestre. Byerknes con le sue classiche memorie su *una proposizione idrodinamica fondamentale e l'uso di essa particolarmente nella meccanica dell'atmosfera del mare*, svela una nuova maniera di trattare la questione fecondissima di risultati. In questa via W. Eckmann e Sandström particolarmente, completando le loro ricerche teoriche con esperienze in laboratori, giungono a deduzioni importantissime e studiando le diverse specie di correnti a seconda delle cause da cui possono essere generate e prendendo in esame anche casi reali, ne mostrano i caratteri e le leggi di formazione e di procedimento.

La questione non è certo esaurita nè completamente risolta; molti dati di fatto occorre conoscere per poter applicare le deduzioni analitiche a casi pratici. Particolarmente è difficile nella talassologia la verifica sperimentale dei risultati teorici per la grande difficoltà di poter eseguire con continuità, osservazioni specialmente di correnti a profondità nel mare; tuttavia anche in questo senso molto è stato fatto: basti citare le ricerche del Pettersons e del Helland Hansen.

Un altro punto molto interessante messo in luce da questi recenti studi è la relazione che corre tra i fenomeni talassologici e meteorologici. Pettersson e Meinardus principalmente hanno mostrato una evidente dipendenza dei caratteri delle stagioni, specialmente dell'inverno, nell'Europa occidentale e media dalle condizioni marittime particolarmente del Gulf-Stream. Ciò si ricollega con le ricerche intorno ai centri di azione di Hildebrandsson e Teisserenc de Bort, e mostra una ragione di più dell'importanza degli studi talassologici e un altro ramo di queste scienze, le mutue relazioni e dipendenze del mare e dell'atmosfera, nella conoscenza delle quali sarà forse la base più razionale per una sicura previsione delle condizioni atmosferiche e marine.

*
* *

Per concludere cerchiamo ora di riassumere sotto il punto di vista dell'intento per cui abbiamo passato rapidamente in rassegna il progredire di queste due scienze, gli ammaestramenti che esso ci offre. Riconosciamo innanzi tutto che lo scopo ultimo delle ricerche scientifiche è uno scopo utilitario. Non temiamo con tale concetto di avvilire la scienza, ne apprezzeremo anzi in tal modo giustamente il vero e reale valore.

Giacchè il progresso umano, sia nel campo morale, sia in quello materiale, non è che un continuo, successivo, laborioso acquisto di nuovi beni. Ciò importa un apprezzamento più preciso e completo delle relazioni che corrono tra uomo ed uomo, nell'un campo, tra l'uomo e l'ambiente in cui vive e tra le diverse parti di questo fra di loro nell'altro; ed a farci acquistare tali conoscenze tende appunto la scienza. Non è certo da attendere o da pretendere che ad ogni scoperta scientifica debba tener dietro un immediato vantaggio appariscente, ma certo per quanto piccola

possa quella essere stata, è sempre un passo verso la verità e quindi un passo nell'interminabile scala del progresso. In tale senso è che lo scienziato va meritatamente considerato come un benefattore dell'umanità, a lui si deve affettuosa e rispettosa riconoscenza.

Una scienza quindi ha tanto maggior diritto ad essere tenuta in considerazione, e a noi compete tanto maggior dovere di coltivarla, quanto maggiori e più numerosi vantaggi sono da attendersi da essa. Tra tutte adunque occupa un primo posto la Geofisica che è la conoscenza di quella piccolissima porzione dello spazio incommensurabile sulla quale siamo legati a vivere, ad esplicare la nostra attività, quella porzione che con i fenomeni periodici ed irregolari che in essa hanno luogo, regola e domina l'estrinsecarsi delle nostre energie e le obbliga a volgersi in una direzione o in un'altra se vogliamo che raggiungano il desiderato fine.

In particolare è per noi indispensabile la conoscenza di quei due elementi fluidi Atmosfera e Mare, nei quali abbiamo eletto di esercitare la nostra attività per il bene della patria e dell'umanità.

Quali siano i vantaggi pratici che ha recato lo studio della meteorologia e della talassologia, quanto ne sia stata facilitata e assicurata la navigazione, come interessi quello della prima per l'agricoltura, quello della seconda per l'industria delle pesche, è ben noto. Molto più ampi e proficui risultati sono da attendersi se con metodo adatto cercheremo di avanzarci verso la soluzione degli interessanti problemi che si presentano attualmente. Questo è il campo che si offre al nostro lavoro, dobbiamo vederlo ben chiaro innanzi a noi. Oltre lo studio dell'alta atmosfera, fondamentale allo stato attuale delle ricerche meteorologiche, come abbiamo rilevato innanzi, e che acquista ancora maggiori interessi in riguardo alla navigazione aerea, a noi compete principalmente quello della meteorologia marittima che è quasi tutto da fare secondo le vedute moderne e in cui sta forse la chiave per la soluzione dei problemi più importanti. Questo si ricollega con le ricerche talassologiche, come precedentemente ho accennato e ambedue insieme vengono a formare un complesso di capitale importanza al quale noi, più che altri, possiamo e dobbiamo portare un ampio e fruttifero contributo. In particolare, ristretto in confronto dell'ampia distesa degli oceani, festoso nel suo scintillio

splendente di luce, affascinante col suo profondo azzurro, mite come l'indole degli abitanti delle sue ricche sponde, glorioso quale culla delle più antiche potenti civiltà, innanzi a noi si estende il Mediterraneo che un giorno pomposamente, ma ben a diritto per doppia ragione, potevamo dichiarare nostro e che tuttora, ancora per doppia ragione, al sommo grado ci interessa. A questo volgiamo il nostro culto, consacriamo il nostro lavoro, pensando che conoscere è possedere; per questo primo titolo facciamo di poterlo di nuovo chiamare nostro.

Due sono i punti di vista sotto i quali si possono eseguire le ricerche meteorologiche e talassologiche. Si può cercare di determinare le condizioni, l'insieme dei fenomeni meteorici o marini che caratterizzano il clima di una località o regione; tale studio allora costituisce la climatologia atmosferica o marina. Possiamo invece ricercare le leggi secondo cui si originano, si determinano, variano i valori di questi elementi, le mutue relazioni che corrono tra essi ed allora abbiamo la meteorologia e la talassologia generali. Ma il cammino della scienza è lungo e faticoso; mai tutta intera giungiamo a scoprire la verità, non possiamo ottenere che un successivo apprezzamento sempre meno inesatto delle cercate relazioni per giungere a formulare la legge sintetica fondamentale che tutte le altre abbracci come casi particolari nel suo enunciato più generale. La storia stessa, oltre la logica, ci insegna il cammino da percorrere per giungere allo scopo. Doppio è il mezzo che abbiamo a nostra disposizione: l'osservazione o l'esperienza e il ragionamento matematico rigoroso. Dobbiamo saperci servire dell'uno e dell'altro a tempo debito. È prima l'osservazione dei fatti che precede e deve formare la solida base sicura al calcolo; questo ci condurrà così dall'esame dei singoli casi particolari all'enunciato della relazione più generale, la legge del fenomeno. Ma questa riescirà spesso da un lato manchevole perchè non abbiamo saputo al principio tener conto di tante circostanze particolari che o sono del tutto sfuggite alla nostra osservazione o abbiamo creduto poter trascurare come secondarie, e dall'altro troppo comprensiva come più generale dei casi particolari dai quali è dedotta. Tocca allora di nuovo all'esperienza completarla nel primo riguardo e verificarla nel secondo in tutte le conseguenze che con l'analisi se ne possono dedurre. Così l'antica legge o verrà confermata o modificata, mentre a fianco di

essa nuovi fatti saranno scoperti mediante l'osservazione, ed il calcolo nuovamente applicato a questi fornirà nuove relazioni, nuove leggi più generali ed esatte.

Lo stato attuale della talassologia e in parte ancora della meteorologia, specialmente la marittima, richiede un copioso e ineccepibile, rispetto al modo di raccolta, materiale di osservazioni. Niuna altra classe di persone più che gli uomini di mare è al caso e all'occasione di poterne raccogliere. Quello a cui dobbiamo rivolgere in modo speciale l'attenzione è che in ogni occasione le osservazioni siano fatte in maniera che riescano veramente ben utilizzabili sia immediatamente per i bisogni continui, correnti della navigazione, sia per lo studio tranquillo, lungo, paziente della scienza. A renderci di ciò capaci mira appunto questo corso. Accingiamoci con entusiasmo e con seri propositi.

L'Italia, conscia della sua posizione geografica, ammaestrata dalle sue gloriose tradizioni, vede ora più che mai nel mare la base del suo progresso futuro. A voi quindi principalmente, e sotto ogni rispetto, sono affidati i destini della patria; e l'Italia, culla del genio, altrice dei forti, è stata sempre grande per i suoi uomini e maestra a tutte le nazioni. Che la bandiera d'Italia dunque portata sempre gloriosamente, spiegata in alto per i mari della terra, illumini come faro splendente della sua fatidica luce il cammino dei popoli nelle vie del progresso.
