

## **L'orografia come elemento forzante la circolazione in Mediterraneo occidentale: il 'Ritorno di Mistral' sul Golfo Ligure**

La geografia può giocare un ruolo di fondamentale importanza nel condizionare la circolazione a grande scala in particolare nell'emisfero Nord, che è caratterizzato da una prevalenza di terre emerse con rilievi importanti, quali ad esempio Alpi e Pirenei per il continente europeo.

Il tempo nell'area mediterranea è influenzato dalle modificazioni e dalle deviazioni che le masse d'aria provenienti dall'atlantico subiscono, entrando in contatto con un'orografia complessa come quella della fascia costiera del bacino. In particolari condizioni sinottiche post frontali, caratterizzate da una graduale rimonta del campo anticiclonico sulla Penisola Iberica, tende ad instaurarsi un significativo gradiente barico che è responsabile di un deciso rinforzo delle correnti di Maestrale sui settori occidentali. Quest'ultimo si origina per effetto catabatico dal Massiccio centrale e si rinforza nella Valle del Rodano, interessando le regioni costiere del Mediterraneo occidentale. In queste condizioni sinottiche, a causa dell'interazione tra flusso occidentale e l'orografica Corsica, il flusso ai bassi livelli può essere deviato verso il Golfo Ligure e prende il nome di 'Ritorno di Mistral', fenomeno che interessa prevalentemente la Riviera di Levante e la Versilia (vedere **Fig. 1**).

La circolazione da noi analizzata non deve trarre in inganno poiché tale ritorno Sud-occidentale sul settore Ligure e Corsica presenta ben poche affinità con le masse d'aria umide ed instabili provenienti dalle Baleari, che risultano generalmente associate al Libeccio.

Le correnti meridionali, infatti, si originano direttamente dal *Maestrale*, vento che generalmente è legato a masse d'aria più secche e fredde d'origine polare.

Un attento osservatore posto sulla Riviera Ligure può comprenderne l'effettiva origine, analizzando alcuni segnali meteorologici, quali: condizioni meteo relativamente stabili, accompagnate da modesti valori d'umidità in particolare a Ponente, un clima più temperato con escursioni termiche giornaliere più pronunciate ed un aumento significativo della visibilità in alcuni settori. Anche i parametri meteo marini sono caratterizzati da un moto ondoso estremamente lungo ed una ventilazione proveniente dal terzo quadrante (tra Sud e Ovest), che rispetto alle condizioni reali di Libeccio è caratterizzata da intensità generalmente modeste, almeno sottocosta.

### **L'interazione tra le masse d'aria e l'orografia in Mediterraneo**

Se, nel continente europeo i venti più intensi si manifestano lungo le coste esposte alle correnti occidentali atlantiche, invece nel " *Mare Nostrum*" \* che è bacino chiuso da un'orografia complessa, questi fenomeni possono essere incredibilmente esaltati o modificati: si spiegano solo così valori anemometrici talvolta sorprendenti se non incredibili. Basti pensare che il Mediterraneo occidentale (bacino che si estende in longitudine dalla Spagna alle coste tirreniche e in latitudine dal Golfo del Leone fino al *Maghreb*) è circondato da una serie di catene montuose di un certo rilievo, quali i *Pirenei*, il *Massiccio Centrale*, le *Alpi*, gli *Appennini* e più a Sud l'*Atlante*, oltre a essere caratterizzato da una serie d'isole dai rilievi significativi (*Corsica, Sardegna, Baleari* ecc..).

Nel Sud-Est della Francia, la *Porta di Carcassona* rappresenta la principale via d'ingresso delle correnti atlantiche associate a sistemi frontali, che seguono traiettorie più meridionali, interessando direttamente le regioni mediterranee: in particolare la vallata del Rodano e dell'Ebro divengono delle 'vie preferenziali' per l'intenso flusso legato alle depressioni orografiche mediterranee, generando così venti della portata del 'Cierzo' in Catatonia,

della caratteristica *Bora* nell'Adriatico settentrionale e dell'ormai conosciuto *Mistral* nella Francia meridionale (vedi **fig.2**):

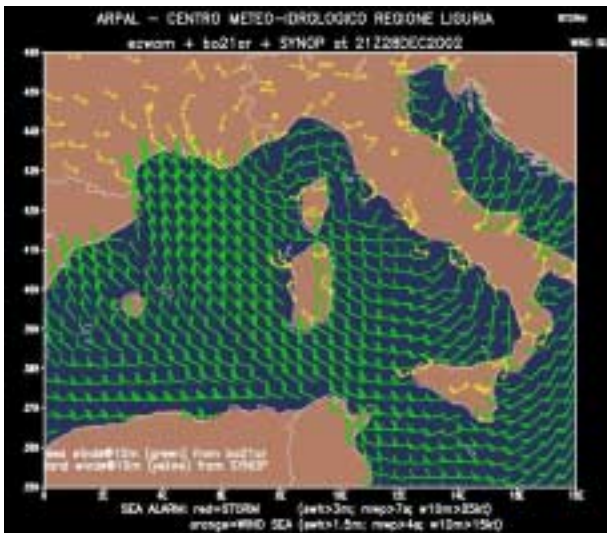


Fig. 1 Mappa dei venti a 10 m prevista dal modello Bolam 21 km\*\* (per le 21 UTC del 28 Dicembre 2002), sovrapposta alle osservazioni di vento (elaborazione ARPAL-CMIRL su dati UGM).



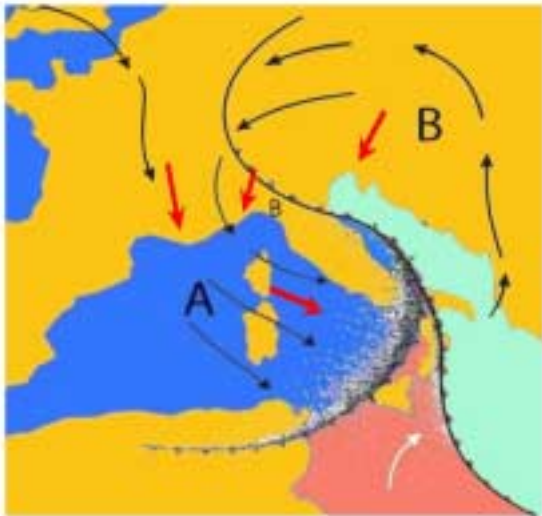
Fig. 2 Il flusso attraversando le maggiori barriere orografiche europee si ripropone in Mediterraneo attraverso venti locali caratteristici, quali il Cierzo, la Tramontana, il Mistral, la Bora ecc.. (Fonte: C. D. Whiteman, 2000 - Adapted from Wanner and Furger, 1990)

Il *Maestrale*, i cui effetti sono ben conosciuti dai marinai francesi e dalle popolazioni rivierasche della Provenza, è ormai famoso a livello mondiale per la sua frequenza ed intensità. Nel Golfo del Leone presenta massimi di frequenza di circa 4-5 casi al mese nella stagione invernale (per una durata tra le 5 e le 36 ore) e può assumere già nell'arco di qualche ora intensità di burrasca forte (forza 9 della scala Beaufort), risultando quindi pericoloso per il diporto. Non di rado può sorpassare i 90 km/h creando problemi anche alla navigazione commerciale: le massime intensità possono essere confinate in corridoi anche ristretti a 30-40 miglia, secondo un asse Nord-Sud.

Nella maggior parte dei casi, la presenza di depressioni nel Mediterraneo è associata ad una ciclogenesi significativa il cui sviluppo è strettamente condizionato dalla morfologia del territorio. Le zone dove lo sviluppo ciclonico presenta una maggiore attività sono quella Orientale in cui prevale però l'effetto termico marino e quella Occidentale in cui è preponderante la ciclogenesi alpino-mediterranea dovuta all'interazione di un'onda baroclina con una barriera montuosa (es. Alpi) posta ortogonalmente al suo movimento. Questo tipo di ciclogenesi è teoricamente giustificato dal principio di conservazione della vorticità potenziale, in virtù del quale una colonna rotante in atmosfera genera una vorticità anticiclonica sulla sommità dell'ostacolo orografico e ciclonica sottovento (Holton 1992). Da recenti studi (Barry & Chorley, 1998) emerge anche come le depressioni atlantiche che interessano direttamente il nostro bacino costituiscono solo un 9% del totale, mentre il restante 74% tende a svilupparsi sottovento ai rilievi presenti lungo la zona costiera settentrionale e occidentale mediterranea. Il rimanente 17 % delle ciclogenesi si forma per l'interazione della saccatura con la catena dell'atlante (nel periodo fine invernale- inizio primaverile). Nel secondo caso le masse d'aria fredda di prevalente origine polare marittima (PM), tendono ad attestarsi a Nord delle Alpi, fronteggiandosi più a sud dello

spartiacque alpino con un richiamo più umido e mite d'origine mediterranea, in scorrimento verso Levante. Ne consegue un abbassamento della pressione sul Nord Italia con la formazione della depressione del Golfo di Genova (*Trigo et al., 1999; Besson et al., 1996*), responsabile di un deciso rinforzo del gradiente barico secondo una rotazione ciclonica che si manifesta sottoforma di correnti di Maestrale sul *Golfo del Leone* e come richiamo di aria più umida di origine mediterranea sui settori Nord occidentali italiani (associata a venti tra Libeccio e Scirocco).

La massa d'aria fredda post frontale non riuscendo a scavalcare la barriera alpina viene rallentata nel suo movimento verso il Mediterraneo ed è costretta a deviare verso Sud/Sud-Ovest, forzando così il passaggio lungo la Valle del Rodano per raggiungere le zone costiere (vedi **fig. 3**), ulteriormente accelerata sotto l'effetto della depressione Ligure (*Besson et al., 1996*). Contemporaneamente sul versante orientale l'aria fredda può aggirare le Alpi, interessando con intense correnti di Bora anche le regioni adriatiche.



*Fig. 3 Situazione sinottica classica in cui un flusso d'aria fredda interessa, **attraverso alcune vie preferenziali**, le regioni mediterranee in seguito al passaggio frontale (Fonte: S. Sannino, 1998 rielaborato da L. Onorato 2003)*

Solo quando lo spessore dell'aria fredda in quota si attesta attorno ai 3000 m (con il sopraggiungere della saccatura), la barriera Alpina non rappresenta più un ostacolo: si verifica così una repentina discesa della massa d'aria a Sud dello spartiacque alpino verso le regioni padane con il conseguente colmamento la depressione di Genova. Quindi, a causa dell'orografia i sistemi frontali atlantici tendono a scavalcare con un significativo ritardo (in media tra le 12-18 ore) le regioni alpine (**Fig 4**) e di conseguenza la rotazione ciclonica del flusso si manifesta sul Golfo Ligure ed i settori Tirrenici con un rinforzo locale delle correnti di Tramontana sulla Riviera di Ponente (con valori massimi anche significativi) e la prevalenza di venti di *Grecale* meno intensi sulla Riviera di Levante (*Rusca et al. 1999*).

Ma quando nei bassi strati le correnti aeree vengono bloccate e le masse d'aria sono costrette ad aggirare l'ostacolo a Ovest delle Alpi, accade che queste ultime si rinforzano e così il moto del sistema frontale risulta accelerato. Nella Valle del Rodano, tra le Alpi e il

massiccio centrale, questa accelerazione orografica delle correnti porta ad un avanzamento del fronte più a occidente ed a oriente della barriera alpina (**Fig 5**),

attraverso il fenomeno ormai consueto del Mistral in Francia e della Bora in adriatico (*Kappenberger and Kerkmann, 2000*).

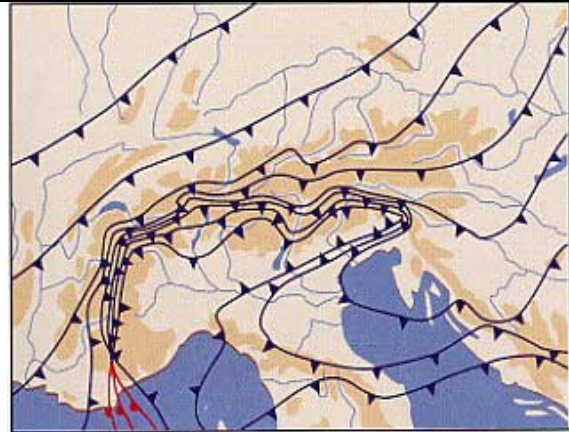


Fig. 4 Un fronte rallentato dalle Alpi, visto ogni 3 ore (ALPEX, caso di studio del 4 Marzo 1982) raggiunge il Golfo di Genova prima da Sud-Ovest e da Est, rispetto a Nord-Ovest. In questo caso il maggiore contributo di aria fredda proviene dal settore orientale, come Bora (*Fonte: C. D. Whiteman, 2000 - adapted from Steinacker, 1987*).

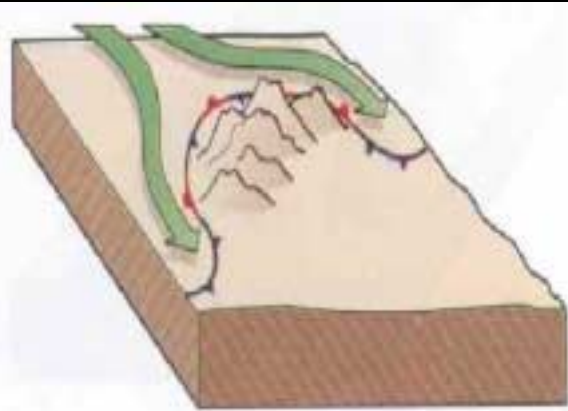


Fig. 5 Modello idealizzato di flusso d'aria diviso dalla catena montuosa nel caso di un fronte che giunge sulle Alpi. Il flusso freddo tende a aggirare l'ostacolo avanzando ad occidente ed oriente delle Alpi (*Fonte: C. D. Whiteman, 2000*)

Ma se in seguito al passaggio frontale, la massa d'aria più fredda resta confinata a Nord delle Alpi non si verifica la consueta rotazione ciclonica sui settori Nord occidentali italiani: il flusso, come in questo caso studio, tende a mantenersi attorno ai quadranti Sud-Occidentali, conseguentemente all'instaurarsi di un marcato gradiente di Maestrale tra il Leone e la Sardegna (vedere **fig. 1**), condizionando di conseguenza i fenomeni meteomarinari sui settori Nord-occidentali italiani, come avremo modo di approfondire in un secondo tempo.

## **Bibliografia:**

Darchen J., 1957. *Le Mistral et ses tempetes*. *Boll. Met. Mar*, **2** (13-15)

Holton, J., 1992: *An Introduction to dynamic Meteorology*. 3rd ed. Ac. Press, 511 pp.

Besson J., Hontarède M., Macé R., Moyençon R., 1996: *Météo Pratique en Méditerranée*, Nathan Paris, pp. 259

Barry R.G. and Chorley R.J., 1998: *Atmosphere and Wheather Climate*, pp 409

Sannino S., 1998: *Meteorologia Nautica, DaItalibri*, pp.366

Rusca L., Castino F. e Solari G., 1999: *Analisi probabilistica della velocità e direzione del vento*, pp.193

Trigo I.F., Davies T.D. and. Bigg G.R., 1999: *Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region*. *Jurnal of climate*, **12**, 1685-1696

Whiteman C.D., 2000: *Mountain Meteorology*, Oxford University Press, pp 355

Kappenberger G. and Kerkmann J., 2000. *Il tempo in montagna*, Zanichelli, pp 254.

## **Note**

*\*Il Mediterraneo occidentale si estende in longitudine dalla Spagna alle coste tirreniche italiane e in latitudine dal Golfo del Leone e dal Golfo Ligure fino al Maghreb. Questo bacino presenta un superficie di 820.000 km<sup>2</sup>, 2500 m di profondità media ben differenziata all'interno di un bacino. Si trova tra la placca eurasiatica e africana ed è naturalmente circondato da una serie di rilievi significativi caratterizzati da un'altezza media di oltre 2000 m. Questa collocazione geografica, congiuntamente a una posizione subtropicale lo caratterizza in maniera unica: un area influenzata da un mare caldo in superficie d'estate (23°C-25°C) e relativamente tiepido d'inverno ( 12 a 15°C,) con omeotermia fino al fondo, aperto a possibili irruzioni di masse d'aria polare con la formazione di fenomeni spinti di ciclogenesi mediterranea, e più sporadicamente ad irruzioni di aria artica (in media dalle 6 alle 9 irruzioni/anno).*

*\*\* Il Bolam è un modello ad area limitata, i cui run sono resi possibili grazie alla collaborazione tra l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC-CNR) di Bologna, il Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI) e il Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria (ARPAL-CMIRL).*

*E' disponibile in due versioni al sito <http://www.meteoliguria.it/map/bolam/bolamit.htm>:*

*1) risoluzione di 21 km caratterizzata da condizioni iniziali e al contorno fornite ogni 6 ore dai campi su livelli ibridi dell'ECMWF (analisi delle 00 UTC su griglia ruotata, ricevute tramite l'Aeronautica Militare); run di 72 ore (dalle 00 alle 72 UTC); griglia orizzontale ruotata di 154'144 punti con risoluzione di 0.20 gradi; 30 livelli verticali;*

*2) risoluzione di 6,5 km: condizioni iniziali e al contorno fornite dal BOLAM 21 km ogni 90 minuti; run di 36 ore (dalle 12 alle 48 UTC); griglia orizzontale ruotata di 140'130 punti con risoluzione di 0.06 gradi; 40 livelli verticali.*