

Connessioni tra il clima della regione Mediterranea e l’Africa Occidentale attraverso la circolazione meridiana di Hadley

M. Gaetani¹, M. Baldi¹, G. A. Dalu¹, G. Maracchi²

¹*Istituto di Biometeorologia, CNR, Roma, Italia*

²*Istituto di Biometeorologia, CNR, Firenze, Italia*

m.gaetani@ibimet.cnr.it

SOMMARIO: Attraverso l’analisi delle variabili atmosferiche e dei dati di precipitazione, si riscontra, durante la stagione estiva, una significativa correlazione positiva tra l’intensità del monzone dell’Africa Occidentale e la temperatura dell’aria nel bacino del Mediterraneo. Un monzone intenso rafforza la circolazione meridiana di Hadley, con conseguente rafforzamento dell’anticiclone del nord Atlantico e blocco del flusso occidentale verso il Mediterraneo. Una maggiore penetrazione del monzone nel continente produce uno spostamento verso nord dell’anticiclone Libico che arriva a invadere il Mediterraneo occidentale portando subsidenza e condizioni di stabilità. Questa ricerca è orientata a individuare segnali remoti che rendano possibile diagnosticare l’occorrenza delle ondate di calore che negli ultimi decenni hanno colpito frequentemente l’area Euro-Mediterranea.

1 IL PROBLEMA SCIENTIFICO

Il Monzone dell’Africa Occidentale (*West African Monsoon*, WAM) nasce in Maggio nel Golfo di Guinea, quando il contrasto termico tra il mare e la terraferma orienta il flusso negli strati bassi dell’atmosfera dall’oceano verso il continente, portando umidità e pioggia nella fascia di latitudine compresa tra 5°N e 20°N. La stagione piovosa raggiunge la massima intensità e la massima penetrazione nel continente in agosto, per poi terminare nel mese di Ottobre. Durante l’estate boreale le fluttuazioni del WAM influenzano la circolazione atmosferica regionale dalla costa della Guinea fino al Nord Africa (Tourre *et al.*, 2006) e la circolazione sul nord Atlantico subtropicale (Rodwell & Hoskins, 2001).

L’obiettivo di questa ricerca è analizzare l’impatto che le fluttuazioni del WAM, attraverso la circolazione meridiana di Hadley, hanno sul clima del Mediterraneo, sia intensificando

e spostando verso nord l’anticiclone Libico, sia rafforzando l’anticiclone delle Azzorre, con conseguente blocco del flusso occidentale (Cassou *et al.*, 2005). In particolare, la ricerca è orientata a individuare segnali remoti che rendano possibile diagnosticare l’occorrenza delle ondate di calore che negli ultimi decenni hanno colpito frequentemente l’area Euro-Mediterranea (Baldi *et al.*, 2006).

2 ATTIVITÀ DI RICERCA

2.1 Dati utilizzati

Le variabili atmosferiche utilizzate sono state estratte dalle rianalisi NCEP/DOE (Kanamitsu *et al.*, 2002), hanno una risoluzione spaziale di 2,5° e sono disponibili dal 1979. I dati di precipitazione provengono dal *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP, Xie *et al.*, 2003), hanno una risoluzione spaziale di 2,5° e sono disponibili dal 1979.

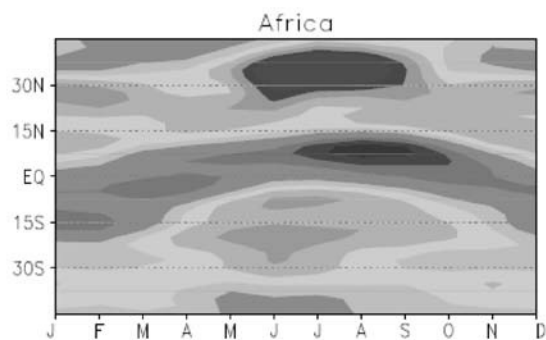


Figura 1: Migrazione stagionale del profilo meridiano della velocità verticale a 500 hPa (Pa / s) su Africa e Mediterraneo.

2.2 Climatologia regionale della circolazione di Hadley e dell'ITCZ

La circolazione di Hadley sulla regione Africana ed Europea (10°E – 40°E) è caratterizzata da una ampia variabilità nell'emisfero nord, con flusso di massa intenso durante i periodi di solstizio e flusso di massa comunque consistente durante gli equinozi. L'emisfero sud mostra un andamento più stabile durante l'anno. La stima delle dimensioni della cella di Hadley si presenta difficoltosa a causa della presenza dei monsoni estivi che rendono più complessa la struttura della circolazione.

Il profilo meridiano di velocità verticale (Fig. 1) ha una estensione di circa 15°, con tre massimi chiaramente separabili, che identificano le regioni monsoniche.

2.3 Correlazione tra il WAM e il clima estivo del Mediterraneo

La variabile scelta per rappresentare l'intensità del WAM è la precipitazione nella regione del Sudan-Sahel, cumulata tra Luglio e Settembre, il trimestre nel quale il monzone è pienamente efficiente. Le variabili scelte per rappresentare il clima estivo Mediterraneo sono la temperatura a 850 hPa e il geopotenziale a 500 hPa, mediate nei mesi di Luglio e Agosto, i mesi nei quali si concentrano il maggior numero di ondate di calore (Baldi *et al.*, 2006). Il periodo analizzato è compreso

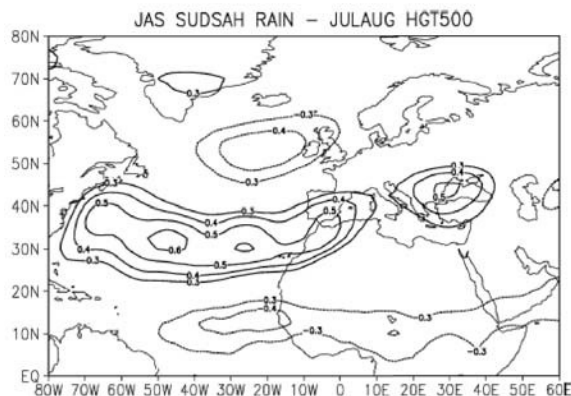


Figura 2: Correlazione tra la pioggia monsonica cumulata nel trimestre Luglio-Settembre e la media Luglio-Agosto del geopotenziale a 500 hPa. Sono rappresentati solo i valori del coefficiente di correlazione significativi al 95%.

tra il 1979 e il 2005.

In Figura 2 è riportata la mappa di correlazione tra la pioggia monsonica e il geopotenziale. Si osservano alti valori del coefficiente di correlazione su tutta la zona dell'anticiclone subtropicale nord Atlantico, con interessamento del Mediterraneo occidentale. Il segnale sul Mediterraneo orientale può essere interpretato come l'impronta della sorgente monsonica del subcontinente Indiano (Raicich *et al.*, 2003). La correlazione tra il campo di temperatura e la pioggia monsonica è elevata in corrispondenza del bacino Mediterraneo (Fig. 3) ed all'interno delle aree ad alta significatività si osservano due massimi. Il massimo localizzato sul bacino orientale è generato dalla subsidenza dovuta, molto presumibilmente, all'effetto del monzone Asiatico. Il massimo localizzato sul bacino occidentale è generato dalla subsidenza dovuta all'anticiclone Libico rinforzato e spostato verso nord dall'intensificarsi della circolazione meridiana di Hadley, diretta conseguenza dell'azione del WAM. La correlazione tra la temperatura mediata sull'intero bacino del Mediterraneo e la pioggia monsonica è $r = 0,65$, valore significativo al 95%. Ripetendo lo stesso calcolo, ma per la temperatura mediata solo sul Mediterraneo occidentale, il coefficiente di correlazione rimane relativamente alto ($r = 0,61$) e significativo.

Prendendo in esame solo gli anni in cui il

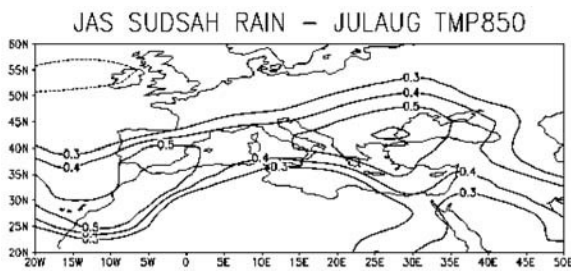


Figura 3: Correlazione tra la pioggia monsonica cumulata nel trimestre Luglio-Settembre e la media Luglio-Agosto della temperatura a 850 hPa. Sono rappresentati solo i valori del coefficiente di correlazione significativi al 95%.

monsone Africano è stato particolarmente intenso, ovvero, quegli anni in cui l'anomalia positiva della pioggia cumulata ha superato la deviazione standard, ed eseguendo la media composita, si osserva, sul Mediterraneo nei mesi di Luglio e Agosto, una anomalia positiva di temperatura di circa 1°C e una vasta anomalia positiva di geopotenziale con un massimo ben localizzato che indica la penetrazione nel bacino occidentale dell'anticiclone Libico.

3 RISULTATI RILEVANTI

L'analisi dell'andamento della circolazione di Hadley e dell'ITCZ sull'Africa e sull'Europa, regioni dove sono presenti grandi masse continentali, mostra variazioni stagionali molto marcate. Le interazioni terra-mare, all'origine del clima monsonico, producono grandi distorsioni nella usuale configurazione a celle proprio in estate, quando l'effetto del monsoone è più intenso.

I risultati delle analisi di correlazione e delle medie composite mostrano che l'ipotesi di una connessione tra il WAM e il clima estivo del Mediterraneo non solo è ampiamente fondata ma, soprattutto, mostrano che la connessione tra monsoone intenso e anomalie positive di temperatura sul Mediterraneo (con la possibilità di avere ondate di calore) è indiscussa. Il meccanismo proposto per spiegare la dina-

mica di questa connessione si articola su una regione ampia. Il fenomeno monsonico in Africa Occidentale produce come primo effetto il rafforzamento dell'anticiclone subtropicale sul nord Atlantico (Rodwell & Hoskins, 2001), con la conseguente deviazione del flusso occidentale verso le regioni del nord Europa e la permanenza di condizioni di stabilità sul Mediterraneo. Un monsoone forte intensifica la circolazione meridiana di Hadley che ha il suo ramo discendente sul Nord Africa, ampliando l'estensione della cella convettiva. I venti orientali che incontrano l'orografia dei massicci dell'Atlante e dell'Ahaggar producono un dipolo alta-bassa pressione, in cui il polo di alta pressione è noto come anticiclone Libico. La circolazione di Hadley agisce modulando l'intensità e la posizione dell'anticiclone Libico, che può arrivare a invadere il Mediterraneo occidentale, contribuendo a mantenere condizioni di tempo stabile. Al rafforzamento del polo di alta pressione corrisponde il rafforzamento del polo di bassa pressione localizzato sulla costa occidentale dell'Africa. Questa circolazione ciclonica genera un flusso umido verso la zona monsonica del Sudan-Sahel (Semazzi & Sun, 1997). Un *feedback* positivo è rappresentato dall'azione remota del monsoone Asiatico che, attraverso l'alta pressione sul Mediterraneo orientale, intensifica il flusso dei venti Etesi dal Mediterraneo verso l'Africa sub-Sahariana (Raicich *et al.*, 2003). L'incontro tra il flusso occidentale dall'oceano Atlantico e i flussi orientali provenienti dagli anticicloni presenti sul Mediterraneo rafforza il fronte intertropicale nella regione del Sudan-Sahel, favorendo le piogge monsoniche.

4 PROSPETTIVE FUTURE

Per la sua collocazione geografica, il clima del bacino del Mediterraneo è influenzato da diverse connessioni remote. Il successivo sviluppo di questa ricerca è orientato a isolare e identificare i diversi segnali climatici che arrivano sul Mediterraneo determinandone il clima. Lo studio delle tendenze a medio e lungo ter-

mine della circolazione meridiana di Hadley e dell'ITCZ ricopre una posizione di grande importanza nell'ambito della comprensione dei cambiamenti climatici. In particolare, il possibile intensificarsi dell'attività dell'ITCZ e il conseguente ampliamento della fascia tropicale, rappresenta un problema per i paesi del bacino del Mediterraneo, dato l'impatto che ne deriva in termini di siccità, desertificazione e maggiore frequenza di ondate di calore.

Dal punto di vista dell'utilità operativa, l'esistenza di una connessione tra il WAM e il clima Mediterraneo rende già da subito possibile la diagnosi delle anomalie di temperatura e di geopotenziale sul Mediterraneo, utilizzando la pioggia monsonica come indicatore. L'IBIMET ha elaborato un metodo statistico per la previsione stagionale del WAM (pubblicato sulla pagina web <http://web.fi.ibimet.cnr.it/seasonal/>) che permette di stimare l'intensità del monzone già in aprile utilizzando come predittori le temperature di alcuni domini oceanici. L'obiettivo delle prossime ricerche è elaborare un metodo per la previsione delle anomalie sul Mediterraneo in periodo estivo utilizzando come predittori l'intensità del monzone dell'Africa occidentale, previsto in aprile, e/o le stesse temperature oceaniche utilizzate nella previsione del WAM.

5 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Baldi M., G. Dalu, G. Maracchi, M. Pasqui, F. Cesarone, 2006: Heat waves in the Mediterranean: a local feature or a larger scale effect? *Int. J. Climatol.* 26: 1477–1487 DOI: 10.1002/joc.1389.
- Cassou, C., L. Terray, A.S. Phillips, 2005: Tropical Atlantic influence on European heat waves. *J. Climate*: 18, 2805-2811.
- Kanamitsu, M. & co-authors, 2002: NCEP-DOE AMIP-II reanalysis. *Bull. Am. Met. Soc.*: 83, 1631-1643.
- Raichich, F., Pinardi N., Navarra A., 2001. Teleconnections between Indian Monsoon and Sahel rainfall and the Mediterranean. *Acho Oceanogr. Limnol.*, 22, 9-14.
- Rodwell, M.J. & Hoskins B.J., 2001: Subtropical anticyclones and summer monsoons. *J. Climate*: 14, 3192-3211.
- Semazzi, F.H.M. & Sun L. 1997. The role of orography in determining the Sahelian climate. *Int. J. Climatol.*: 17, 581-596.
- Tourre, Y.M., S. Paz, C. Cassou, H. Kutiel, 2006: Atmospheric dynamics over north-west Africa and linkages with Sahelian rainfall. *Geophys. Res. Lett.*: 33, L14808.
- Xie, P. & co-authors, 2003: GPCP pentad precipitation analysis: an experimental dataset based on gauge observations and satellite estimates. *J. Climate*: 16, 2197-2214.