

M&Rfi

Weather Generator stocastico sviluppato da Dubrovsky (2007). Nella sua configurazione base **M&Rfi** elabora dati giornalieri di radiazione globale (RAD), temperatura dell'aria minima e massima (TMIN e TMAX) e precipitazione (PREC). Gli eventi piovosi sono determinati utilizzando il metodo della catena di Markov (1°, 2° o 3° ordine) e la quantità di pioggia attraverso la distribuzione Gamma. Le deviazioni di TMIN, TMAX e RAD dal loro valore medio sono calcolate attraverso un modello autoregressivo di primo ordine: deviazioni e medie sono condizionate dal verificarsi o meno di un evento piovoso

Una versione dimostrativa del software e i manuali sono scaricabili gratuitamente dal sito:

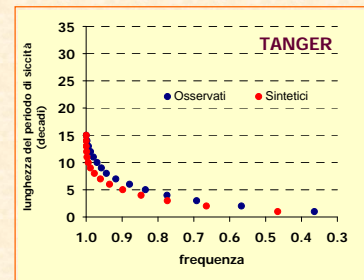
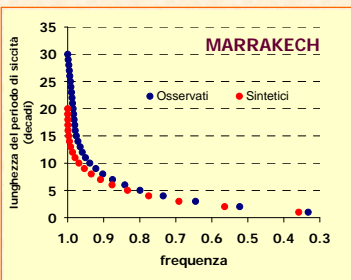
www.ufa.cas.cz/dub/wg/marfi/marfi.htm

Obiettivo: Calibrazione e validazione di un *Weather Generator* utilizzato per la stima degli impatti dei cambiamenti climatici sulle rese del grano duro in Marocco

Metodologia: Le serie climatiche misurate di 16 stazioni situate in altrettante aree agricole del Marocco sono state elaborate utilizzando il *Weather Generator* (WG) M&Rfi. La variabilità climatica è stata legata alla variabilità delle rese di grano duro calcolando le regressioni tra le rese e gli output del bilancio idrico e ottenendo, tramite la tecnica "multiple stepwise regression", una specifica *Weather Yield Function* (WYF). M&Rfi è stato utilizzato per generare serie "sintetiche" che riproducono le caratteristiche del clima attuale e serie climatiche derivate da scenari futuri. L'approccio metodologico è consistito in una serie di procedure di validazione e valutazione delle performance della WYF e del *Weather Generator* per separare e quantificare le incertezze introdotte dall'uso di questi strumenti

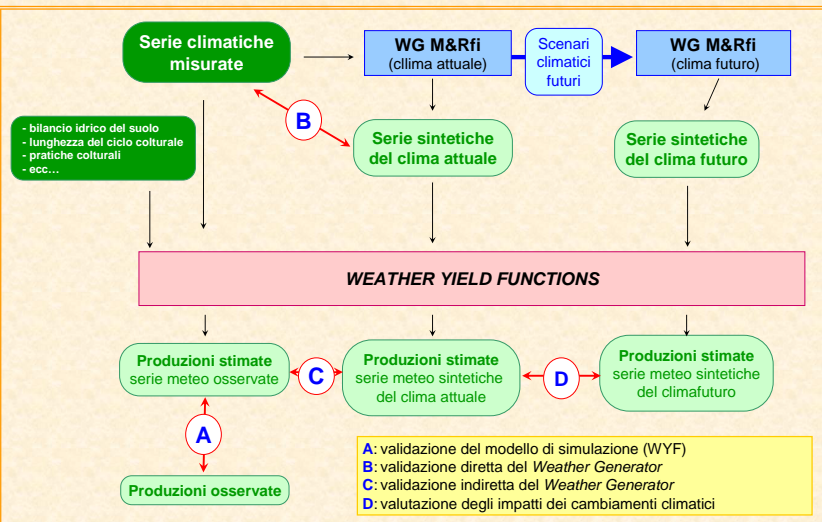


Stazioni	PRECIPITAZIONI (mm)				EVAPOTRASPIRAZIONE (mm)			
	Osservati	Sintetici	Errore assoluto	Errore relativo	Osservati	Sintetici	Errore assoluto	Errore relativo
Benimellal	14.2	13.9	-0.3	-2.3%	27.3	27.4	0.1	0.4%
Casablanca	15.8	15.3	-0.5	-3.2%	22.2	21.3	-0.9	-4.0%
Elkhouejma	10.2	10.4	0.2	2.2%	20.5	20.2	-0.3	-1.4%
Fes	15.6	15.4	-0.2	-1.2%	23.7	23.6	-0.1	-0.5%
Kasbat	14.4	14.1	-0.2	-1.7%	27.0	27.1	0.0	0.1%
Marrakech	7.6	7.4	-0.3	-3.8%	28.5	27.8	-0.7	-2.5%
Meknes	16.1	15.7	-0.4	-2.4%	23.6	22.9	-0.7	-3.0%
Midelt	4.2	4.2	0.1	1.4%	21.7	21.7	0.0	-0.1%
Nador	11.4	11.2	-0.2	-2.0%	21.9	20.9	-1.0	-4.4%
Settat	14.3	14.2	-0.2	-1.1%	25.1	24.4	-0.7	-2.9%
Oujda	8.9	8.7	-0.2	-1.9%	23.9	23.4	-0.5	-2.1%
Rabat	20.5	20.4	-0.1	-0.5%	23.0	22.5	-0.5	-2.2%
Safi	13.9	13.7	-0.1	-0.9%	24.6	24.2	-0.4	-1.4%
Tanger	25.3	25.3	-0.1	-0.4%	20.1	19.6	-0.5	-2.4%
Taza	20.4	19.9	-0.4	-2.1%	21.8	21.5	-0.4	-1.7%
Tetouan	22.8	22.8	0.0	0.0%	19.4	18.6	-0.8	-4.0%
Media	14.7	14.5	-0.2	-1.2%	23.4	22.9	-0.5	-2.0%
Dev. Standard	5.6	5.6	0.2	3.3%	2.6	2.7	0.3	11.5%

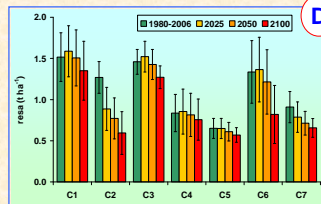
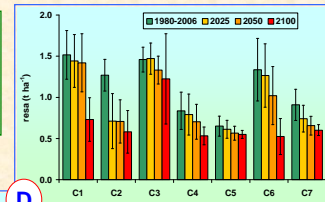


Validazione diretta del WG: confronto fra serie osservate (33 anni) e prodotte da M&Rfi ("sintetici", 1000 anni) su valori medi decadal durante la stagione di crescita del grano duro. La corretta calibrazione del WG consente di riprodurre anche serie con elevata variabilità spaziale

Validazione diretta del WG: l'analisi della distribuzione della frequenza dei periodi di siccità mostra le capacità e i limiti dei M&Rfi nel riprodurre eventi estremi in funzione dell'ampiezza dell'evento. Attraverso la **validazione indiretta** è possibile valutare l'influenza di questi limiti sulla stima delle grandezze derivate



Valutazione degli impatti: variazione delle rese di grano duro in Marocco: scenario di medio impatto (A1B). In alcuni casi l'aumento della temperatura porta a un leggero aumento delle rese nel breve periodo

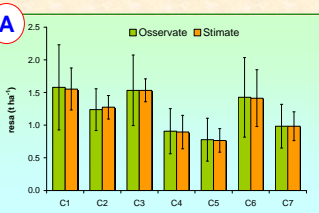


Valutazione degli impatti: variazione delle rese di grano duro in Marocco: scenario di impatto estremo (A2). La riduzione media delle rese supera anche il 60%

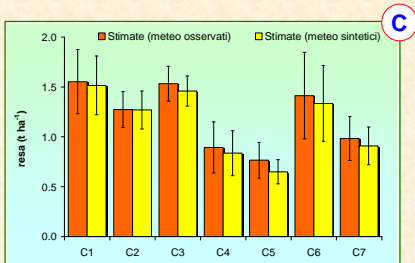
AREE AGRICOLE	A1B								
	2025	2050	2100	2025	2050	2100			
C 1	-7.3	0.9	0.8	-14.2	0.8	1.7	-26.8	3.7	3.4
C 2	-8.2	1.4	0.8	-16.1	3.0	1.8	-28.8	4.1	3.3
C 3	-7.5	1.2	0.9	-14.8	2.4	1.9	-28.4	4.9	3.8
C 4	-7.1	1.3	0.9	-14.3	2.8	1.8	-26.6	5.6	3.6
C 5	-7.6	0.9	0.9	-15.2	1.9	1.8	-27.9	3.7	3.7
C 6	-8.0	0.8	0.9	-14.7	1.4	1.8	-29.2	3.3	3.7
C 7	-8.7	0.8	0.9	-17.3	1.6	1.9	-31.6	3.1	3.9

AREE AGRICOLE	A2								
	2025	2050	2100	2025	2050	2100			
C 1	-19.2	1.2	1.4	-24.1	2.5	2.8	-48.2	6.0	6.8
C 2	-16.0	1.6	1.3	-28.8	3.4	3.0	-51.2	8.1	7.3
C 3	-16.1	1.7	1.4	-30.0	3.4	3.2	-58.0	8.0	7.7
C 4	-16.0	2.0	1.5	-29.6	4.2	3.1	-55.3	10.0	7.4
C 5	-15.5	1.8	1.5	-27.7	3.6	3.1	-55.6	8.4	7.5
C 6	-14.7	1.6	1.5	-27.7	3.3	3.2	-53.8	8.0	7.6
C 7	-14.9	1.6	1.4	-28.0	3.2	3.3	-54.4	7.7	7.9

Incrementi di temperatura e radiazione e variazioni delle precipitazioni in Marocco rispetto al clima attuale (Scenari SRES A1B e A2 - IV rapporto IPCC - 2007)



Validazione del modello di simulazione: confronto fra produzioni osservate (1980-2006) e stimate attraverso la WYF e relative deviazioni standard. La validazione consente di valutare le performance della WYF e di separare l'incertezza introdotta dalla WYF da quelle introdotte dal WG nelle fasi successive. Le 16 stazioni sono state raggruppate in 7 aree agroclimatiche



Validazione indiretta di M&Rfi: confronto fra rese medie ottenute con serie meteo osservate (33 anni) e serie meteo sintetiche (1000 anni). I valori medi e le deviazioni indicano che l'incertezza introdotta dal WG ha scarsa influenza nel processo di stima delle produzioni. Le serie sintetiche prodotte da M&Rfi, modificate in funzione degli scenari climatici, sono usate nella stima degli impatti del clima futuro

CONCLUSIONI

L'applicazione di uno schema di validazione diretta e indiretta degli output prodotti dai WGs è necessaria per comprendere meglio quali incertezze vengono introdotte dall'uso di questi strumenti nel *downscaling* degli scenari climatici e nell'analisi degli impatti

La metodologia di valutazione e validazione adottata mostra che **M&Rfi** è capace di riprodurre correttamente le principali caratteristiche della struttura climatica delle serie misurate e di esprimere la maggior parte della variabilità annuale e interannuale

Anche se difficilmente riproducono informazioni su eventi estremi quali piogge molto intense o lunghi periodi di siccità, i WGs dimostrano di essere utili strumenti nello studio degli impatti climatici in agricoltura

Bibliografia essenziale

Dubrovsky, M., 2007. *M&Rfi weather generator*. 34pp. www.ufa.cas.cz/dub/wg/marfi/marfi.htm
 Dubrovsky M., Buchtele J., Zalud Z., 2004. *High-Frequency and Low-Frequency Variability in Stochastic Daily Weather Generator and Its Effect on Agricultural and Hydrologic Modelling*. *Climatic Change* 63 (No.1-2), 145-179.
 Dubrovsky M., Zalud Z., Stastna M., 2000. *Sensitivity of CERES-Maize yields to statistical structure of daily weather series*. *Climatic Change*, 46: 447- 472.
 Griesler J., 2007. *Investigation of Climate Change Impact on Agriculture - Application of the FAO Strategy to Cereals in Morocco*, draft report.