

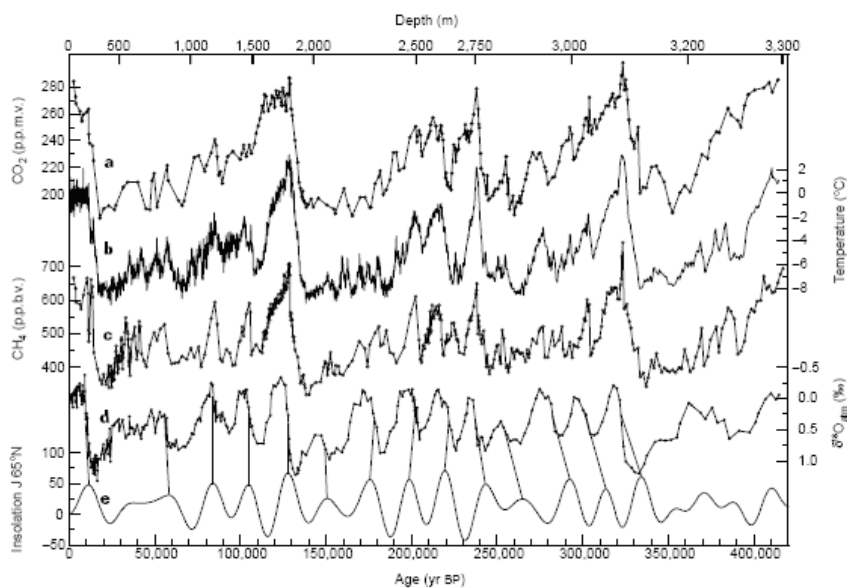
# Cambiamento climatico, biodiversità marina, eventi estremi: una strategia per la ricerca marina in Italia

## Inquadramento paleoecologico

### Cesare Corselli

L'attuale situazione climatica planetaria è, se paragonata ai dati relativi agli ultimi 420.000 anni, tipica di una situazione definita come interglaciale.

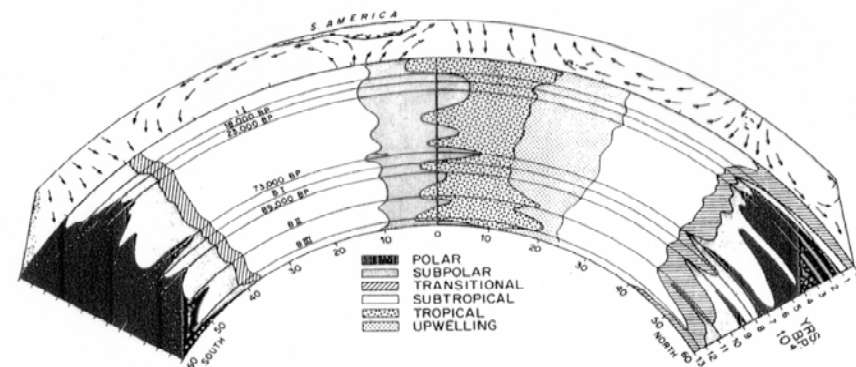
La figura mostra le variazioni in alcuni parametri descrittivi delle caratteristiche del clima terrestre così come sono state dedotte dallo studio delle bolle d'aria intrappolate nei ghiacci antartici. Di



particolare importanza sono i dati relativi all'insolazione (quantità di energia in arrivo dal sole sulla superficie terrestre) e alla temperatura dell'aria (variazione positiva o negativa rispetto alla temperatura media attuale). Sono ben riconoscibili 4 cicli climatici caratterizzati da 5 periodi temporali con clima simile a quello attuale (interglaciale) e 4 periodi temporali con un clima molto più rigido dell'attuale (glaciale). Le cause di queste variazioni sono definite forzanti astronomici e

comprendono diversi fattori. Il pianeta ha risposto alla variazione nell'insolazione con condizioni climatiche più o meno favorevoli al sistema naturale e al suo sviluppo specialmente alle medie e alte latitudini.

Le risposte del sistema marino a tali cambiamenti definibili naturali sono ben evidenti nella figura sottostante che mostra gli spostamenti delle masse d'acqua superficiali nell'Oceano Atlantico nel

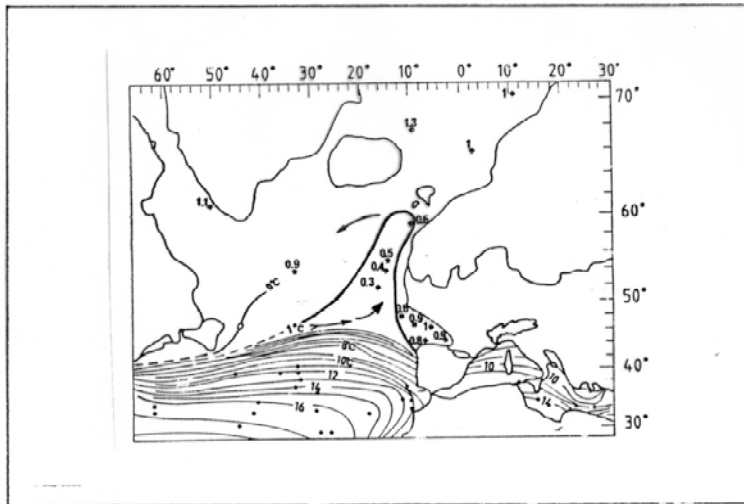


**FIGURE 6.25** Variations of Atlantic surface water masses along the 20° W meridian, from 60° S (left) to 60° N (right) over the last 130,000 yr (vertical axis). Principal ocean currents along the 20° W meridian are shown schematically at top. Water mass variations shown cover the last interglacial-glacial cycle. Note the large latitudinal variations in water masses in the North Atlantic (McIntyre et al., 1975).

corso degli ultimi 125.000 anni (l'ultimo dei 4 cicli prima descritti) lungo il meridiano 20°W fra i paralleli 60°N e 60°S.

Queste variazioni raggiungono le differenze maggiori rispetto alle condizioni attuali durante l'ultimo glaciale (circa 18.000 B.P.) e variazioni si riscontrano anche nel Mare Mediterraneo che se pur favorito da una posizione

geografica particolare doveva presentare temperature nelle acque superficiali molto simili a quelle descritte nella figura seguente.



DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE DELLE ACQUE SUPERFICIALI INVERNALI IN NORD ATLANTICO E MEDITERRANEO OCCIDENTALE DURANTE L'ULTIMO MASSIMO GLACIALE (18.000 ANNI B.P.).

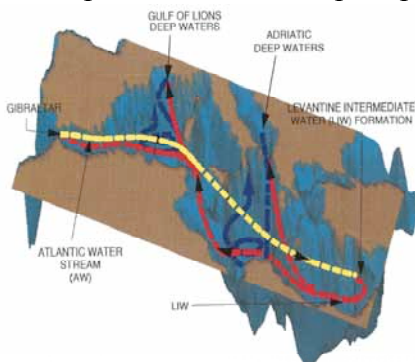
(DA LABEYRIE E DUPLESSY, 1985)

Gli effetti di tali cambiamenti nelle acque superficiali del Mare Mediterraneo hanno influenzato l'ecosistema pelagico e bentonico del bacino che ha visto cambiare in tempi relativamente brevi le specie animali e vegetali presenti. I periodi più freddi vedevano dominare le specie fredde e temperato fredde, nei periodi più temperati o caldi queste specie venivano sostituite da

specie temperato calde e sub-tropicali. Nei periodi di passaggio tra un regime climatico e l'altro i cambiamenti si sono manifestati anche in modo repentino e oscillazioni climatiche a scala minore hanno caratterizzato le fasi fredde e calde.

In sostanza l'ecosistema marino non si è mai stabilizzato nel corso degli ultimi 18.000 anni ma ha visto un continuo ingresso e ricambio nelle specie sia animali che vegetali. Ovviamente l'autoecologia dei singoli taxa ha consentito ad alcuni di permanere più a lungo nell'area mediterranea mentre altri hanno manifestato fugaci comparse nei momenti "climatici" a loro più favorevoli.

Se si vanno poi ad analizzare aspetti particolari del bacino mediterraneo si può facilmente osservare



N. Pinardi, E. Masetti

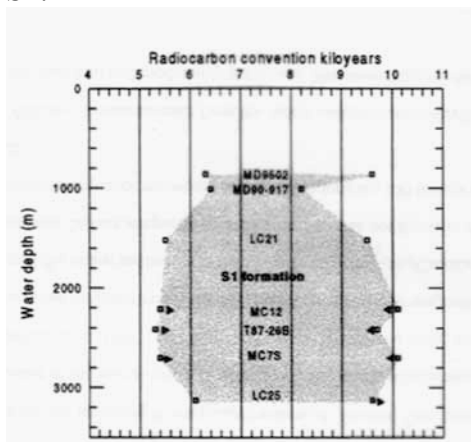
che il sistema climatico condiziona fortemente i meccanismi di circolazione delle masse d'acqua all'interno del bacino sia orizzontalmente che verticalmente. Nella situazione attuale il bacino è condizionato da una forte evaporazione con un bilancio idrico negativo (circa un metro d'acqua all'anno). Questo aspetto e altri fattori legati al clima fanno sì che la circolazione delle masse d'acqua nel bacino sia quella rappresentata in figura.

Schematicamente l'acqua atlantica (linea gialla) entra da Gibilterra a compensare il deficit idrico; nel corso del suo muoversi verso est quest'acqua subisce una serie di modifiche ad opera dei fattori climatici regionali e giunta nel Mediterraneo orientale, profondamente modificata, scende in profondità per riprendere il cammino verso ovest (linea rossa) e immettersi attraverso Gibilterra nell'Oceano Atlantico. Tale sistema di masse d'acqua interessa solo i primi 500-600 metri di profondità. Il rimanente volume d'acqua profonda è regolato nei suoi parametri principali (temperatura, salinità, ossigeno disciolto ecc.) da due diversi meccanismi (linee blu), ubicati rispettivamente nel Golfo del Leone e nel Mare Adriatico, che modificano le caratteristiche delle acque superficiali rendendole più dense e costringendole a "scendere" verso il basso fino alle

massime profondità del bacino. Lo Stretto di Sicilia con le sue relativamente basse profondità opera in modo tale che le acque profonde del Mediterraneo occidentale non giungano nel Mediterraneo Orientale dove solo le acque profonde adriatiche possono raggiungere il fondo del bacino.

La dipendenza stretta fra clima e circolazione delle masse d'acque, specialmente per il bacino orientale trova una drammatica testimonianza nel record geologico. Tutti i sedimenti depositatisi nel corso del Quaternario al di sotto di 800-1000 metri di profondità mostrano in modo ciclico un arricchimento in carbonio organico collegato a livelli sedimentari in cui le evidenze di vita bentonica sono scarse o assenti. Questi livelli, a volte laminati, di colore scuro e con un contenuto in materia organica superiore al 2% rispetto al peso totale del sedimento sono conosciuti con il nome di sapropel. L'età della loro deposizione corrisponde sempre a periodi di importante cambiamento climatico.

L'ultimo episodio di deposizione di sapropel è avvenuto tra circa 10000 e 5500 anni B.P. . La figura mostra la distribuzione rispetto al tempo e all'età di questo livello conosciuto come sapropel S1.



Il clima, dunque, secondo quelle che sono le sue variazioni “naturali” condiziona in modo importante l’ecosistema mediterraneo rendendolo un sistema fragile e in precario equilibrio.

Gli attuali cambiamenti anche se visti come legati essenzialmente a variabilità naturale del sistema, cosa per altro non più sostenuta dalla comunità scientifica che indica le attività umane fra i responsabili dei cambiamenti stessi, interagiscono pesantemente con un Mediterraneo importante oggi per gli aspetti sociali ed economici che lo vedono protagonista.

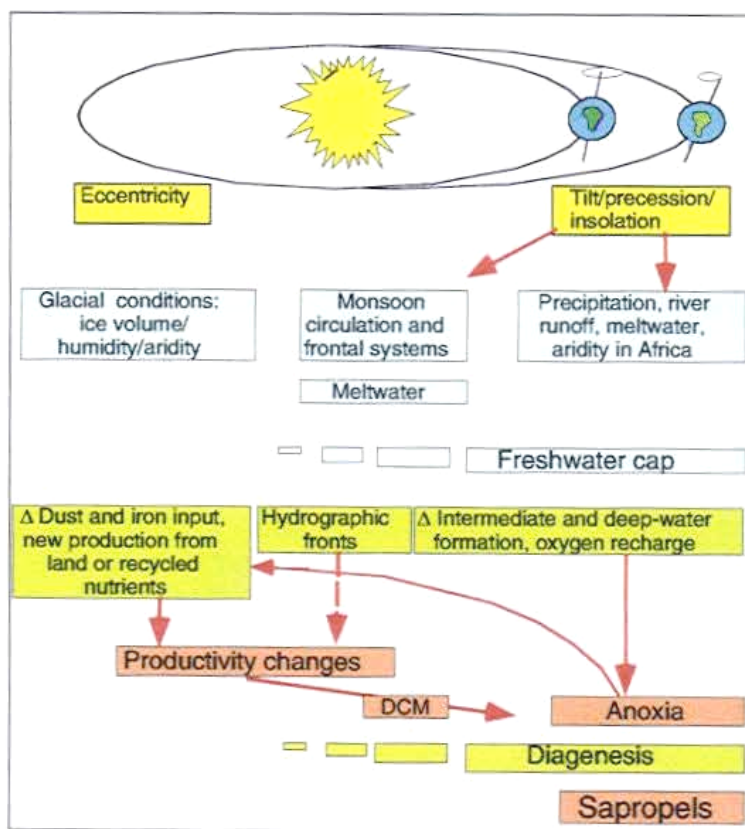
La sua particolare fragilità ecosistemica, rapportata ad una scansione del tempo umana, necessita di una accurata analisi del suo stato di salute fondata su una sempre maggiore conoscenza dei processi che controllano l’evoluzione dello stesso ecosistema.

Alcuni dei fenomeni oggi in atto denunciano l’attuale fase evolutiva che potrebbe portare ad una perdita di valore dell’intero bacino da un punto di vista economico.

I fenomeni più significativi oggi presenti nel bacino sono:

Le cause della formazione dei sapropel sono legate ad una serie di fattori tutti legati più o meno strettamente al clima ed ai suoi cambiamenti.

La figura mostra i diversi meccanismi chiamati in causa.



- cambiamenti nelle temperature delle acque superficiali con la tendenza ad una progressiva scomparsa dal bacino delle specie temperato fredde a favore di specie temperato calde e sub-tropicali, favorite nella loro “invasione” da meccanismi legati strettamente all’uomo come il taglio del canale di Suez e il trasporto di specie aliene tramite le acque di zavorra;
- cambiamenti nei fattori che favoriscono la crescita di specie algali sia microscopiche che macroscopiche, sia bentoniche che pelagiche alcune delle quali accompagnate da fenomeni quali proliferazione di “mucillagini” o il rilascio nell’acqua o in atmosfera di tossine dannose per altre specie e per l’uomo;
- cambiamenti negli equilibri e nella distribuzione delle specie marine con fenomeni di vistosa proliferazione di alcune specie particolarmente “aggressive” sia per la posizione che occupano nella catena trofica sia per taluni meccanismi utilizzati dalle stesse specie nelle loro attività biologiche (meduse);
- indebolimento o malfunzionamento nei processi di circolazione delle masse d’acqua specialmente per quanto riguarda la formazione di acqua profonda e il trasporto dell’ossigeno in profondità. Alcuni di questi fenomeni sono ulteriormente rafforzati direttamente dall’azione umana attraverso i meccanismi che utilizzano il bacino come punto di arrivo di sostanze e prodotti inquinanti dei i quali spesso poco si conosce l’effetto sulla fisiologia animale e vegetale, e con uno sforzo di pesca molto superiore alle potenzialità del bacino stesso.

## La situazione attuale

### Ferdinando Boero

Il primo e più sensibile sintomo del cambiamento climatico è identificabile nell'aumento di temperatura (riscaldamento globale) nell'atmosfera. Tale aumento si ripercuote sulle masse d'acqua che, notoriamente, tendono a accumulare e cedere calore in modo più lento rispetto all'atmosfera.

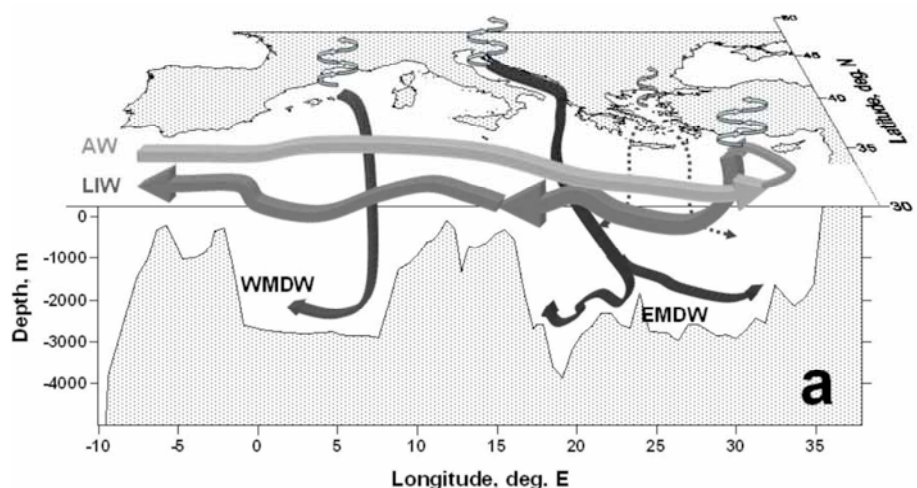
La **tropicalizzazione** dei biota mediterranei è evidente dalla provenienza delle specie aliene che, in questi ultimi decenni, sono entrate a far parte della fauna e della flora del bacino: sono quasi tutte di origine tropicale, e la maggior parte è entrata da Suez (Migrazione Lessepsiana). La biodiversità del Mediterraneo, quindi, sta assumendo molto rapidamente caratteristiche ad affinità tropicale.

Assieme alla tropicalizzazione, inoltre, si assiste allo spostamento verso nord delle specie tipiche della parte meridionale del bacino. Tale fenomeno è noto come **meridionalizzazione**. Un effetto collaterale di tropicalizzazione e meridionalizzazione dei biota mediterranei è la progressiva **riduzione** dei periodi favorevoli alle specie ad affinità **fredda** che si spingono verso la superficie, restando però al di sotto del termoclino estivo. Gli eventi di **mortalità massiva** di gorgonie, ad esempio, sono spesso legati all'**approfondimento del termoclino estivo**. Le specie ad affinità fredda, quindi, rispondono al cambiamento globale rarefacendo le loro popolazioni superficiali e restando al di sotto del termoclino estivo, a maggiori profondità.

Mentre la parti meridionali e orientali del Mediterraneo stanno diventando più ricche in specie, quasi a soddisfare un'affinità calda mai realizzatasi dopo la crisi del Messiniano, le parti più soggette a stress termico sono proprio le parti più settentrionali del bacino, come il Nord Adriatico, il Golfo del Leone, il Golfo di Genova, il Nord Egeo. In queste aree si trovano spesso biota particolari, ad **affinità boreale**, il più originale di tutti essendo quello Nord Adriatico, dove è presente l'unica specie di *Fucus* del bacino (*F. virsoides*).

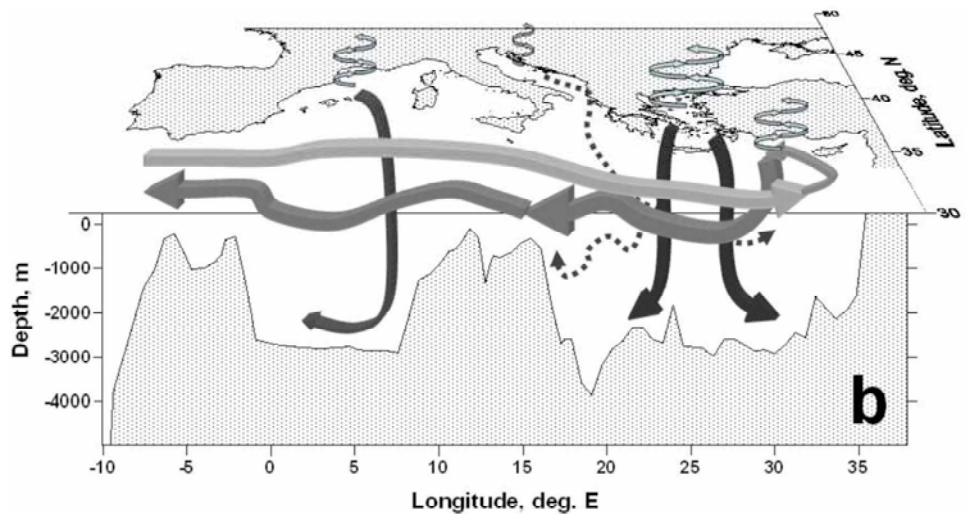
L'importanza delle parti settentrionali del bacino, inoltre, è dovuta al loro contributo alla **circolazione** nell'intero Mediterraneo. I venti freddi da nord (mistral, tramontana, bora), infatti, provocano notevoli abbassamenti della temperatura superficiale che, nel Golfo di Trieste, può anche raggiungere i 4°C, anche a causa di apporti fluviali derivanti dallo scioglimento delle nevi invernali.

L'acqua fredda che si forma in queste porzioni del bacino è anche più densa e tende ad approfondirsi, arrivando a sostituire le **acque profonde** che, quindi, sono spinte verso l'alto. Il fenomeno è particolarmente evidente nel Mediterraneo Orientale, dove l'acqua profonda dello Ionio si forma nell'alto Adriatico, scende lungo le coste adriatiche italiane e poi si approfonda a sud del Salento. La corrente fredda che rifornisce i bacini profondi innesca una corrente di risalita dell'acqua profonda che va a sostituire e che viene infatti spinta in alto dall'acqua fredda di origine adriatica.

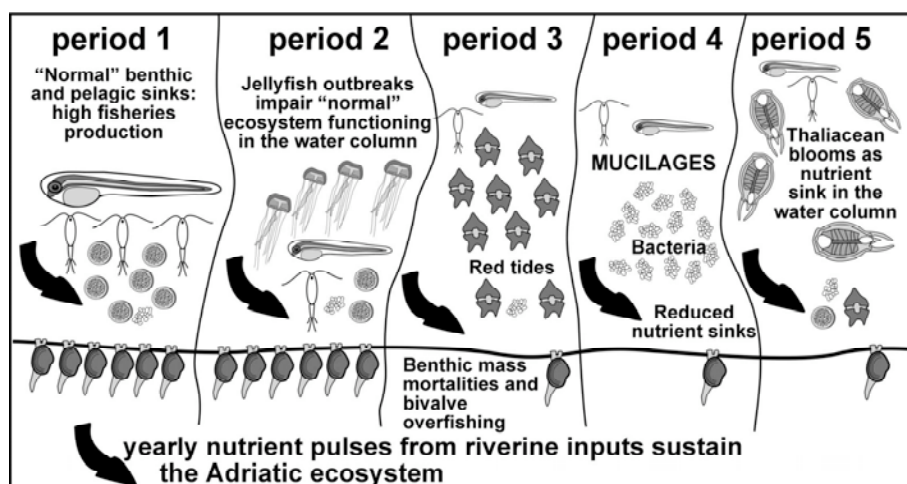


Il **motore** della circolazione del Mediterraneo, quindi, è dovuto al raffreddamento delle acque di punti nevralgici del bacino, **siti superficiali di formazione di acque profonde**.

L'interruzione di tali correnti fredde può portare a fenomeni di grave impatto sugli ambienti profondi, portando a situazioni di **anossia** analoghe a quelle del Mar Nero. La mancanza di correnti fredde di origine nord adriatica ha già portato a eventi particolari, noti con il nome di **transient**, in cui l'acqua profonda del bacino orientale si è formata nell'Egeo settentrionale. Il persistere di condizioni di riscaldamento, con mancanza di fenomeni superficiali di raffreddamento, può portare al persistere di una rallentata dinamica correntizia dell'intero bacino Mediterraneo, con gravi ripercussioni sul funzionamento dei biota, sia superficiali che profondi.



L'alternanza di una stagione fredda e di una stagione calda costituisce il **volano** che innesca i processi bio-ecologici del bacino. Le **fioriture fitoplanctoniche** di febbraio-marzo sono seguite da incrementi quantitativi dello **zooplancton erbivoro** e, da esso, partono poi le reti trofiche che



sostengono le popolazioni ittiche che costituiscono il prodotto della pesca (period 1).

In questi ultimi decenni si sono verificati eventi di notevole entità che hanno cambiato il normale susseguirsi di fenomeni ecologici caratteristici per il bacino.

Tutto è iniziato nei primi anni ottanta, con i **bloom di meduse** (*Pelagia noctiluca*) praticamente in tutto il bacino (period 2). In Adriatico, dove il fenomeno è stato particolarmente acuto, si è passati poi a **maree rosse** causate da fioriture di dinoflagellati che, a loro volta, hanno portato a **crisi anossiche** con **morte di fauna bentonica**. La **riduzione degli stock di bivalvi** ha innescato una corsa agli armamenti da parte dei pescatori, con l'utilizzo di mezzi sempre più efficaci che, alla fine, hanno portato alla rarefazione delle comunità di bivalvi eduli e, anche, all'introduzione di **specie aliene** a sostituire le specie autoctone, decimate dalle pressioni ambientali e antropiche (period 3). Dopo le maree rosse, l'Adriatico ha sofferto della presenza di **mucillagini**, fenomeno già noto sin dal settecento con il nome di "mare sporco" e già da allora imputato alla stagnazione delle acque (mancanza di mareggiate dovuta ad assenza di vento e, quindi, mancanza anche di correnti fredde dovute al raffreddamento causato dai venti da nord) (period 4). Le **mucillagini adriatiche**, probabilmente di origine batterica, hanno come contraltare le **mucillagini tirreniche**, causate principalmente da alghe filamentose che ricoprono i fondali e che, eventualmente, possono risalire in superficie, formando agglomerati mucosi. In questi ultimi tempi,

...

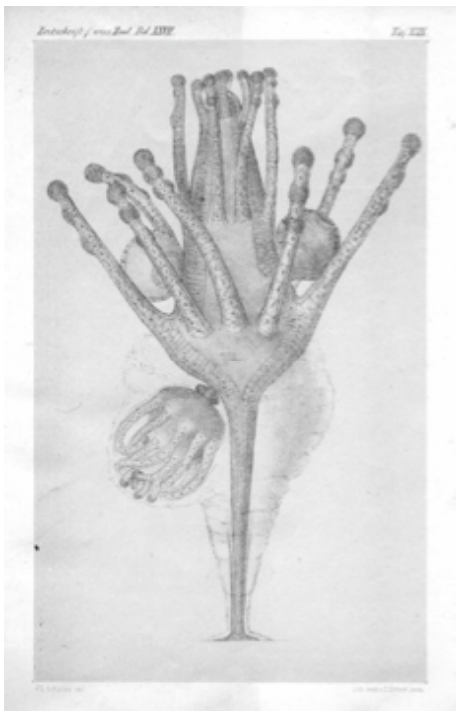
oltre alle fioriture di alghe planctoniche tossiche, si sono avuti anche fenomeni di **alghe bentoniche tossiche** (soprattutto del genere *Ostreopsis*). I fenomeni distrofici non si verificano in presenza di bloom di filtratori planctonici come i tunicati (period 5).

La **semplificazione delle reti trofiche**, dovuta anche al prelievo indiscriminato di specie appartenenti ad alti livelli trofici (necton) e di specie filtratrici bentoniche (bivalvi) ha lasciato ulteriore spazio a **specie opportuniste** che, di volta in volta, utilizzano i nutrienti immessi nel bacino in inverno e formano popolazioni di grandi dimensioni che hanno effetti devastanti sulle attività antropiche, dalla pesca, al turismo, alla stessa salute umana.

Il quadro che si presenta è molto complicato e va affrontato in modo gerarchico. Questi fenomeni, è vero, fanno parte della normale dinamica della biota del bacino e, in passato, si sono già verificati. Il loro verificarsi, quindi, fa parte delle potenzialità biotiche del Mediterraneo. In questi ultimi decenni, però, tali eventi estremi, a forte impatto, si verificano in modo sempre più frequente, portando ad una situazione di sequenze parossistiche di eventi in passato considerati come anomali e che, oramai, sono diventati parte della “normalità” del bacino.

La causa ultima di questi eventi è da imputarsi, con ogni probabilità, al **cambiamento climatico** e al **riscaldamento delle parti più fredde del bacino**, con la mancanza del volano correntizio descritto sopra e che mantiene la normale dinamica delle acque mediterranee. I fenomeni di **stagnazione**, associati alla **rimozione delle porzioni “alte”** delle reti trofiche (attraverso la pesca) sono quindi i principali responsabili di una prevalenza di specie opportuniste a crescita rapida, con forti tendenze ad un monopolio paucispecifico nell'utilizzazione dei nutrienti derivanti dagli apporti terrigeni.

Il Nord Adriatico, e in particolare il Golfo di Trieste, costituisce il punto più **sensibile** al riscaldamento climatico di tutto il bacino mediterraneo e, forse, di tutto il mondo. In Nord Adriatico, infatti, è presente un **biota ad affinità boreale e pontica** che persiste proprio a causa delle basse temperature determinate da un particolare regime climatico. Oltre ad essere il motore delle correnti del Mediterraneo orientale, il Nord Adriatico è quindi un **hot spot di biodiversità** con



caratteristiche uniche. Sono molte le specie che sono state descritte per quest'area nei secoli scorsi da ricercatori austriaci, italiani e slavi. Molte di tale specie sono state trovate esclusivamente nel Nord Adriatico. In gran parte si tratta di specie di piccole dimensioni, percepibili solo agli specialisti che, in effetti, ne registrano la presenza quando le trovano, ma non fanno caso alla loro assenza quando esse diventano sempre più rare. A parte il già citato *Fucus virsoides* (la cui rarefazione o scomparsa può essere percepita da molti) si presta poca attenzione a tali specie. Ma se da più parti si sostiene che il riscaldamento climatico e l'impatto antropico sono causa di una estinzione di massa, dove sarà maggiore l'impatto di tali fenomeni se non nelle parti più fredde del pianeta? Il Nord Adriatico è un punto sensibile al riscaldamento globale, più di qualunque altro punto del Mediterraneo.

*Tricyclusa singularis* è stata descritta nella seconda metà dell'Ottocento da un ricercatore austriaco. Si tratta di una specie di idrozoa molto particolare, riconoscibile dalla presenza di tre file di tentacoli. Si tratta di un carattere talmente distintivo che il nuovo genere è stato addirittura

ascritto ad una nuova famiglia.

*Tricyclusa* vive sulle alghe superficiali, ed ha dimensioni di pochi millimetri. Si tratta di un animale che vive in un ambiente facilmente campionabile e che ha dimensioni che la rendono visibile durante un campionamento faunistico.

A parte la descrizione originale, non esistono altre segnalazioni di *Tricyclusa singularis* in Mediterraneo. La specie è segnalata da Roscoff, lungo la costa atlantica francese, ma è poco probabile che si tratti della stessa specie, a causa della separazione geografica degli areali e della mancanza di popolazioni di connessione. Dato che *Tricyclusa* non viene trovata da più di un secolo e mezzo, forse è da considerare estinta. Le condizioni chimico fisiche che permettevano la sua esistenza non sussistono e la specie non ha potuto spostarsi a nord o a maggiore profondità per ritrovarle, dato che il suo ambiente esclusivo è un *cul de sac*. Se sarà possibile documentare **estinzioni** di specie marine dovute al cambiamento climatico, questo avverrà per la fauna e la flora del nord Adriatico.

### ***Una strategia nazionale per affrontare gli effetti del cambiamento climatico nei mari italiani***

L'oceanografia fisica e la meteorologia sono alla base della comprensione dei fenomeni che tanto influenzano la produzione di **beni e servizi** da parte della biodiversità costiera e, anche, profonda. Gli spazi lasciati alle specie opportuniste determinano l'instaurarsi di un sistema "a **lotteria**" in cui i biota sono di volta in volta monopolizzati da specie che, di solito, hanno effetti negativi sulle nostre attività e che si sostituiscono a specie a noi favorevoli. Non c'è possibilità di intervento diretto su tali accadimenti e, anche, non è facile prevedere quale, tra i tanti possibili monopolizzatori, "vincerà la lotteria" in un determinato momento nella storia futura del bacino. L'esito delle lotterie, per definizione, **non può essere previsto**. Inoltre, con il passare del tempo, i possessori di "biglietti della lotteria" tendono ad aumentare e sempre nuovi attori entrano in scena, sul palcoscenico del Mediterraneo.

I vari fenomeni che, di volta in volta, si sono verificati, sono stati studiati in modo sordinato, ognuno con gruppi di ricerca formati ad hoc (a causa della improvvisa disponibilità di fondi a fronte di **emergenze**) e che, a emergenza finita, sono stati sciolti. Questa visione **a-storica** della storia del Mediterraneo non può che portare alla comprensione delle cause **prossime** di tali eventi (ad esempio l'eutrofizzazione, l'arrivo di specie aliene, la stagnazione delle acque nei golfi, l'approfondirsi del termocline) ma impedisce una consapevolezza delle cause **ultime**. Tale riduzionismo ecologico non porta alla comprensione della situazione nel suo complesso e costituisce una sequenza di tattiche non sostenute da una opportuna strategia. La modellistica, basata sulla riduzione delle variabili, tende a trasformare i sistemi complessi in sistemi semplici, i sistemi storici in sistemi a-storici. Le promesse di previsioni si sono sempre rivelate fallaci. Nessuno ha mai previsto i bloom di meduse, le maree rosse, le mucillagini, *Ostreopsis*, i bloom di taliacei, l'arrivo di specie aliene e nessuno è in grado di prevedere con magiche formule il comportamento futuro del Mediterraneo e dei suoi biota. Abbiamo una situazione estremamente dinamica che deve prima di tutto essere descritta e compresa. Solo dopo una fase di accurata descrizione, e di identificazione di cause ed effetti prossimi, sarà possibile delineare scenari che potranno anche portare alla identificazione di strategie di intervento per mitigare gli effetti delle nostre azioni.

La strategia per affrontare almeno a livello conoscitivo questi eventi consiste nel monitoraggio sistematico delle temperature superficiali del Mediterraneo e della profondità raggiunta dal termocline estivo. Occorre controllare in modo capillare gli eventi che determinano i fenomeni di raffreddamento delle acque superficiali, per identificare lo stato dei siti di formazione delle acque profonde. Occorre inoltre seguire il destino delle acque fredde formatesi a nord, in modo da seguirle nel loro spostamento verso sud, verificando la intensità delle correnti che portano al rimescolamento



delle acque profonde che, a loro volta, andrebbero seguite nella loro risalita verso profondità intermedie.

Accanto allo studio delle condizioni chimico fisiche delle acque, con considerazione anche agli apporti fluviali in termini di acqua dolce e di apporti sedimentari e di nutrienti, sarà poi necessario apprestare una task force che possa entrare in funzione appena sia percepita l'insorgenza di fenomeni quali: bloom di meduse, bloom di alghe planctoniche tossiche, bloom di alghe bentoniche tossiche, mucillagini tirreniche, mucillagini adriatiche, bloom di tunicati, morie massive di organismi bentonici e nectonici, etc.

Tale task force dovrebbe essere messa in condizione di seguire il formarsi di questi fenomeni, valutarne l'entità e l'impatto, eventualmente cercandone le cause e valutando i possibili effetti a breve, medio e lungo termine sulle comunità marine e, anche, sulle attività antropiche.

In un periodo di cambiamento rapido come questo, la cosa più importante è la comprensione delle irregolarità, delle deviazioni dalla norma, degli eventi che potrebbero scatenare dei cambiamenti di fase nell'assetto degli ecosistemi. Bisogna identificare tali tendenze e vedere come si potrebbero invertire.

La disponibilità di grandi quantità di nutrienti rende potenzialmente vincenti le specie opportuniste, se non esistono specie più stabili che si impadroniscono delle fonti trofiche. La semplificazione delle reti trofiche, con la rimozione di specie persistenti, quindi, favorisce fenomeni che, di solito, sono avversi alle esigenze dei sistemi socio-economici sviluppati lungo le coste del Mediterraneo.

È sempre più diffusa, in tutta l'area mediterranea, la presenza di fenomeni di desertificazione causati dalle esplosioni demografiche di ricci di mare (*Arbacia lixula* e *Paracentrotus lividus*). Le alghe che formavano dense canopie (consumando nutrienti e producendo ossigeno) stanno scomparendo. Altre specie prendono il loro posto. Le aree marine protette portano ad un aumento di pesci predatori di ricci e alla ricostituzione delle canopie algali, con l'instaurarsi di sink di carbonio che, con ogni probabilità, forniscono meno energia alle specie opportuniste.

Conoscere la presenza, la causa e la dinamica dei problemi può portare a soluzioni gestionali, come il caso della desertificazione combattuta con le Aree Marine Protette. Attualmente manca una strategia nazionale volta in questa direzione. Esistono studi ad hoc separati concettualmente gli uni dagli altri. Questo atteggiamento culturale risulta di grave nocimento ad una corretta gestione delle risorse marine.

Lo studio sistematico dell'ambiente nella sua dimensione storica (intrinsecamente imprevedibile, ma descrivibile e delineabile) è alla base di ogni futura strategia. I tempi sono maturi perché questo avvenga e per correggere gli errori del passato nell'impostazione delle strategie di ricerca.

Lo sforzo non deve essere solo di tipo economico ma per prima cosa di tipo concettuale. I diversi specialisti presenti nelle Università e negli Enti di ricerca devono coordinarsi in reti di ricerca ognuna finalizzata a seguire e approfondire un aspetto particolare dei fenomeni. Una volta create le diverse reti queste vanno interconnesse fra di loro per mettere in evidenza le strategie che hanno in comune (tecniche di campionamento, cadenze temporali del campionamento, accesso ai dati meteo-climatici disponibili, utilizzo delle reti di monitoraggio esistenti).

A questo punto sarà possibile valutare i costi e stendere programmi di ricerca a lunga durata per legare fra di loro i diversi fenomeni e poter delineare scenari evolutivi e suggerire eventuali misure di contenimento o di prevenzione.

Sul territorio nazionale esistono già realtà che potranno essere componenti fondamentali di tali programmi. Alcune di queste realtà formano almeno a livello regionale un punto di partenza importante e significativo. Si fa qui riferimento alla rete geografica, distribuita sul territorio, rappresentata dalle Aree Marine Protette, alla rete di monitoraggio di alcuni parametri dell'ecosistema marino costiero sostenuta dalle Arpa regionali, alla rete di raccolta dei dati meteo-

marini gestita dall'APAT, e ad altre realtà che operano a diversi livelli sul territorio. A queste reti vanno aggiunte le reti della ricerca scientifica, alcune delle quali formatesi spontaneamente (Bentoxnet). Oltre a quest'ultima dovrebbero essere attivate reti relative alle alghe tossiche planctoniche, alle mucillagini nelle loro diverse componenti, alle invasioni legate alle meduse, allo sviluppo dei tunicati.

Lo sviluppo del programma dovrebbe per prima cosa prevedere l'identificazione di punti fissi di controllo per tutta la colonna d'acqua in aree offshore, zone chiave per registrare i cambiamenti nelle dinamiche interne del sistema. Alcuni di questi punti fissi sono già attivi altri debbono essere identificati.