



Raccomandazione sul rischio di insorgenza di patogeni dei molluschi bivalvi in relazione con il cambiamento climatico

CCA 2022-19

Agosto 2022



Il Consiglio consultivo per l'acquacoltura (CCA) ringrazia calorosamente l'UE per il suo sostegno finanziario





Indice

Indice	2
1 RIASSUNTO – OBIETTIVO DI QUESTO DOCUMENTO	3
2 INTRODUZIONE.....	3
3 DIVERSITÀ DEI PATOGENI DEI BIVALVI	4
4. PATOGENI EMERGENTI E MALATTIE CHE COLPISCONO LA MOLLUSCHICOLTURA	5
5. CAMBIAMENTO CLIMATICO E MOLLUSCHICOLTURA	6
6. ESEMPI DI MISURE DI GESTIONE DEI RISCHI EMERGENTI IN LOCO E SUGGERIMENTI PER MIGLIORARE LA RESILIENZA, LA RESISTENZA E LA TOLLERANZA	7
7. CONCLUSIONI	9
8. RACCOMANDAZIONI DEL CCA	9
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	11



1 RIASSUNTO – OBIETTIVO DI QUESTO DOCUMENTO

Questa raccomandazione tratta il rischio di insorgenza di patogeni dei molluschi bivalvi in relazione con il cambiamento climatico. Vuole dimostrare la fragilità della molluschicoltura nei confronti di qualsiasi modifica del suo ambiente e la necessità di predisporre delle misure adatte a proteggere questo settore economico importante in Europa. I molluschi infatti si rivelano fortemente dipendenti dalla buona qualità dell'ambiente in cui si trovano. Ebbene, dopo molti anni, la molluschicoltura europea si trova ad affrontare episodi di mortalità ricorrenti legati all'insorgenza di nuovi patogeni. Questi agenti, potenzialmente già presenti nell'ambiente, possono diventare patogeni in seguito ai cambiamenti delle condizioni ambientali. Il cambiamento climatico gioca un ruolo fondamentale a questo proposito, a causa del suo impatto, ormai da molti anni, sull'ambiente marino e sui suoi ecosistemi costieri.

2 INTRODUZIONE

La molluschicoltura è un settore economico essenziale in Europa. Rappresenta circa 8500 imprese che impiegano oltre 42.000 persone (Arzul et al., 2021) e che allevano una grande diversità di molluschi: ostriche, cozze, cardii, vongole, ecc. L'Europa si attesta tra il 2° e il 3° posto al mondo tra i produttori di molluschi, dopo il continente asiatico e quello americano. In totale, la sua produzione di molluschi da allevamento rappresenta il 47% del peso e il 23% del valore della produzione acquicola europea (FAO, 2018).

La molluschicoltura costituisce una risposta alla necessità di sviluppare un'industria alimentare compatibile con il cambiamento climatico e si inserisce perfettamente nel [Patto verde europeo](#), per il suo ruolo socio-economico di produzione di ricchezza e per la sua utilità essenziale per l'ambiente naturale attraverso i servizi che rende all'ecosistema, ma è fortemente subordinata al suo ambiente e alle relative modifiche. Da molti anni, la molluschicoltura europea è in particolare vittima di episodi di mortalità ricorrenti provocati da numerosi fattori concomitanti: l'evoluzione della qualità dell'ambiente, la modifica della fisiologia dei molluschi e la comparsa di agenti patogeni. Infatti, nel loro ambiente i molluschi sono circondati da e ospitano comunità di microrganismi dei quali alcuni possono diventare patogeni in funzione delle condizioni ambientali del luogo. Da alcuni anni, a questi fattori si aggiunge un'altra incognita: **l'impatto del cambiamento climatico sulla molluschicoltura, e in particolare sulla comparsa di agenti patogeni emergenti.**

La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) definisce il cambiamento climatico attuale come *"un cambiamento attribuito direttamente o indirettamente a un'attività umana che altera la composizione dell'atmosfera globale, che si aggiunge alla variabilità naturale del clima osservata nel corso di periodi confrontabili"* (IPCC, 2014a; IPCC, 2014b). Gli ecosistemi costieri sono già colpiti dal cambiamento climatico, che si traduce nel riscaldamento degli oceani, nella loro acidificazione, nell'innalzamento del livello del mare, ecc. Questi rischi hanno un impatto particolarmente determinante sul settore economico dell'acquacoltura, ma anche sulla pesca e sul turismo. Compromettono la sicurezza alimentare dei prodotti del mare destinati all'uomo e la salute del patrimonio dei molluschi (IPCC, 2019).



3 DIVERSITÀ DEI PATOGENI DEI BIVALVI

L'Organizzazione mondiale della sanità animale (OIE), nel suo [Codice sanitario per gli animali acquatici](#), definisce **una malattia** come "un'infezione, con o senza manifestazioni cliniche, causata da uno o più agenti patogeni" e un **agente patogeno** come "un microrganismo che provoca una malattia o contribuisce al suo sviluppo" (OIE, 2021). Gli agenti patogeni dei molluschi sono di varia natura: virus, batteri e parassiti protozoari.

Tuttavia, la presenza di un agente patogeno non è sistematicamente sinonimo di malattia e di mortalità nei molluschi. Infatti, gli agenti patogeni tendono a svilupparsi e a indurre mortalità quando esiste uno squilibrio delle interazioni tra molluschi, agenti patogeni, ambiente e pratica colturale (Arzul, 2020).

In funzione delle loro zone di ripartizione geografica, questi agenti patogeni sono considerati **presenti o assenti nell'UE**. Attualmente, due parassiti protozoari noti sono indicati come assenti: *Mikrocytos mackini*, presente in America settentrionale dagli anni '60 e associato in Canada a mortalità di ostriche concave (*Crassostrea gigas*), e *Perkinsus marinus*, individuato in particolare negli Stati Uniti e che ha provocato per la prima volta nel 1946 mortalità anormali di ostriche orientali (*Crassostrea virginica*) (Ifremer (LGPM), 2018).

Altri agenti patogeni come il virus *Ostreid herpesvirus* di tipo 1 (OsHV-1) e il batterio *Vibrio aestuarianus* sono, al contrario, ben impiantati nell'Unione europea e responsabili di episodi di mortalità importanti, in particolare in Francia. Infatti, dagli inizi degli anni '80, l'herpes virus è regolarmente associato a episodi di mortalità di ostriche concave (*Crassostrea gigas*) e più in particolare di embrioni e di novellame (Ifremer (LGPM), 2018).

A partire dal 2008, l'insorgenza di un genotipo particolare del virus (OsHV-1) ha provocato un aumento della mortalità negli embrioni dal 60 all'80% (Soletchnik, 2009). Inoltre, da queste mortalità diffuse di embrioni, le ostriche adulte hanno subito dal 2012 tassi di mortalità che sfiorano il 50% degli individui commercializzabili. Il batterio *Vibrio aestuarianus* è stato rilevato sistematicamente nelle ostriche in occasione degli episodi di mortalità (Garnier et al., 2007).

Questi episodi di mortalità esemplificativi dimostrano che il controllo delle malattie dei molluschi si rivela complesso, che la nostra capacità di far fronte alle sfide zoonositarie è ancora fragile e deve tenere conto delle caratteristiche intrinseche della molluschicoltura. I molluschi infatti sono generalmente allevati in un ambiente naturale e si ritrovano quindi in contatto diretto con l'ambiente. Questo ambiente è un ambiente aperto che, diversamente dall'ambiente terrestre, non possiede barriere fisiche, permettendo così la diffusione e la trasmissione rapida degli agenti patogeni.

Inoltre, a causa della loro fisiologia, i molluschi non producono anticorpi e non possiedono immunità acquisita, il che rende impossibile l'utilizzo di vaccini. I vaccini, proprio come i trattamenti di disinfezione, non sono applicabili in un ambiente aperto. Inoltre non presentano segni clinici specifici, il che rende difficili le diagnosi. Pertanto, il confine tra animali selvatici e quelli di allevamento non è sempre definito e i molluschi selvatici sono portatori di numerosi microrganismi potenzialmente patogeni. Di conseguenza, una volta che un agente patogeno si è installato nell'ambiente, la sua eradicazione risulta difficile, persino impossibile (Arzul et al., 2021).



È quindi indispensabile prevenire a monte l'introduzione e la propagazione di queste malattie per limitarne l'impatto sui molluschi bivalvi. Sembra anche cruciale prevenire la proliferazione di malattie attraverso un controllo proattivo degli agenti patogeni emergenti, e questo per due motivi: **mantenere delle produzioni molluschicole durevoli e perpetuare il loro ruolo di sentinella dello stato di salute degli ecosistemi costieri** (Arzul, 2020).

4. PATOGENI EMERGENTI E MALATTIE CHE COLPISCONO LA MOLLUSCHICOLTURA

L'OIE (2021) definisce **malattia emergente** qualsiasi "*malattia, diversa da quelle elencate [...], avente ripercussioni significative sulla salute animale o dell'uomo e derivante da:*

- a. *La modificazione di un agente patogeno noto o dalla sua propagazione in una nuova area geografica o ad una nuova specie, oppure*
- b. *La presenza di un agente recentemente riconosciuto o sospettato di essere patogeno".*

L'UE caratterizza anche il **concetto di malattia emergente** nel suo regolamento (UE) 2016/429 all'articolo 6:

"[...] 2. Una malattia diversa da una malattia elencata è considerata una malattia emergente [...] a condizione che abbia la possibilità di soddisfare i criteri per la redazione dell'elenco delle malattie di cui all'articolo 5, paragrafo 3, e:

- a) *risulti dall'evoluzione o dalla modifica di un agente patogeno esistente;*
- b) *sia una malattia nota che si diffonde ad una zona geografica, specie o popolazione nuova;*
- c) *sia diagnosticata per la prima volta nell'Unione; oppure*
- d) *sia provocata da un agente patogeno non riconosciuto o non riconosciuto in precedenza."*

Sono numerosi i criteri che possono favorire l'insorgenza di agenti patogeni in molluschicoltura. I molluschi, nel corso del processo di allevamento, sono sottoposti a numerosi cambiamenti delle zone di produzione. Di conseguenza, durante questi spostamenti possono veicolare delle specie invasive o degli agenti patogeni.

Inoltre, i molluschi sono animali a sangue freddo molto sensibili ai fattori di stress, spesso prodotti fuori dalla loro zona di diffusione naturale, e che vivono in un ambiente naturalmente ricco di agenti patogeni. Questi ultimi si sviluppano principalmente all'interno delle popolazioni selvatiche di molluschi per andare a contaminare, successivamente, una o più zone di allevamento. In modo generale, qualsiasi modificazione dell'ambiente, delle pratiche colturali o della fisiologia dei molluschi può provocare l'insorgenza di un patogeno che induce mortalità. Infatti, un'epidemia può essere favorita da condizioni ambientali modificate, che possono aumentare la prevalenza e la virulenza di una malattia già esistente o facilitare la comparsa di una nuova malattia (Krause, 1998; Harvell et al., 1999; Burge et al., 2014).



Infine, la mancanza di dati sui patogeni e sui loro ospiti rende difficili le diagnosi, che sono essenzialmente incentrate sulle malattie note o regolamentate. Oggi constatiamo che **esistono pochi inventari di patogeni e dei loro ospiti presenti sui territori nazionali esistenti e che le misure attuali di sorveglianza e di gestione restano insufficienti.**

5. CAMBIAMENTO CLIMATICO E MOLLUSCHICOLTURA

L'ambiente marino, come anche le attività economiche che ne derivano, come la molluschicoltura, sono già interessati dagli effetti del cambiamento climatico. I cambiamenti ambientali influenzano la salute e la produttività degli ecosistemi marini su una scala spazio-temporale estesa (Harvell et al., 1999).

Infatti, il riscaldamento climatico potrebbe indurre delle modifiche nella biologia delle popolazioni marine, rendendole così più sensibili alle malattie. In particolare, il **riscaldamento degli oceani** ha numerose conseguenze sulle dinamiche delle malattie. Negli Stati Uniti, gli ultimi 25 anni mostrano un riscaldamento delle temperature invernali sulla costa Est, fatto che ha facilitato il diffondersi di *Perkinsus marinus* e di *Haplosporidium nelsoni* (malattia MXS) (Cook et al., 1998; Dittman et al.). Inverni più caldi diminuiscono la mortalità parassitaria e generano infezioni delle ostriche più gravi dovute alla malattia MSX (Harvell et al., 1999). Pertanto, gli scenari delle emissioni future anticipano che la temperatura superficiale dell'oceano dovrebbe ancora aumentare da 0,6 a 2,0 °C nei primi 100 metri entro il 2100 (IPCC, 2013), considerato che dal 1970 l'oceano mondiale si è riscaldato (0,11 °C per decennio) e ha assorbito più del 90% del calore eccessivo del clima.

L'**acidificazione degli oceani** (AO) comporta una diminuzione della concentrazione di ioni carbonato (CO_3^{2-}), un elemento costitutivo del carbonato di calcio (CaCO_3) indispensabile per la fabbricazione dei gusci dei molluschi (Gazeau et al., 2007). Un numero crescente di pubblicazioni descrive gli effetti negativi dell'AO sullo sviluppo, la crescita, la calcificazione, la sensibilità alle malattie e la sopravvivenza di numerose specie di molluschi. Gli effetti diretti dell'AO sulla molluschicoltura sono già stati osservati quasi dieci anni fa su scala locale sulla costa Ovest degli Stati Uniti (Barton et al., 2015). Gli scienziati e i molluschicoltori, da allora, hanno messo in evidenza una forte correlazione tra l'acidità dell'acqua e la mortalità delle larve di ostrica (Barton et al., 2015) e hanno sviluppato delle strategie adattive locali (Barton et al., 2015; Ekstrom et al., 2015).

È anche possibile notare altre conseguenze del cambiamento climatico, i cui effetti sulla molluschicoltura sono ancora poco documentati, ma rivelano già impatti di grande portata sugli ecosistemi marini: la stratificazione degli oceani, la perdita di ossigeno in superficie con le modifiche della ventilazione e della biogeochimica, l'alterazione della produzione primaria netta, la variazione delle zone di distribuzione geografiche e delle attività stagionali delle specie marine (IPCC, 2019).

In generale, il cambiamento climatico e le attività umane hanno accelerato (Harvell et al., 1999; Burge et al., 2014):

- l'accrescimento dei trasporti di specie su scala mondiale, esponendo così certe popolazioni marine a nuovi patogeni. È stato suggerito che i fenomeni più importanti di mortalità dei molluschi bivalvi derivano dal trasferimento di merci contaminate.



- l'indebolimento degli animali di allevamento che utilizzano energia per acclimatarsi o adattarsi a queste nuove condizioni.

Tuttavia, secondo le recenti scoperte della genomica, i molluschi sembrano dotati di **capacità di adattamento al cambiamento climatico**. I bivalvi possiederebbero una tolleranza e una resilienza a una serie di stress ambientali e dei tratti fenotipici plastici che assicurano un adattamento genetico ai loro habitat. Queste caratteristiche saranno determinanti per aiutare le imprese di molluschicoltura a "resistere al clima" (Byrne et al., 2020) e ai nuovi patogeni (Yu and Guo, 2006; Lallias et al., 2009; Sauvage et al., 2010).

Infatti, certe specie di molluschi - più precisamente alcune specie di ostriche - presentano un'elevata polimorfia e una ricchezza di sequenze ripetitive che permettono loro di sviluppare una grande variazione fenotipica (Zhang et al., 2012). Pur essendo tentati di minimizzare il ruolo dell'immunità in questi invertebrati, recenti progressi hanno anche permesso di comprendere meglio i genomi degli ospiti e dei loro parassiti. Numerosi studi hanno infatti rivelato dei sistemi immunitari innati sorprendentemente sofisticati nei molluschi (Guo and Ford, 2016). Le principali vie dell'immunità innata sono presenti nei molluschi attraverso numerosi recettori, regolatori ed effettori immunitari estesi. Le famiglie di geni estese offrono una grande diversità e complessità nella risposta immunitaria innata, elemento che può essere la chiave della difesa dei molluschi contro svariati agenti patogeni in assenza di immunità adattiva (Guo and Ford, 2016).

Tuttavia, la base genetica della resistenza alle malattie o allo stress ambientale della maggior parte delle specie di molluschi di interesse commerciale in tutto il mondo (e in particolare nell'Unione europea) resta in gran parte sconosciuta (Gómez-Chiarri et al., 2015). Pertanto, lo studio dei trascrittomi dei molluschi di interesse e dei loro parassiti, nonché l'avanzamento delle conoscenze sull'adeguamento fenotipico e/o la selezione genetica, tenendo conto delle interazioni complesse tra plasticità e adattamento, sarebbero delle opzioni da considerare per migliorare la nostra comprensione della variazione genetica nella virulenza del parassita e la resistenza dell'ospite alle malattie (Guo e Ford, 2016; Byrne et al., 2020).

6. ESEMPI DI MISURE DI GESTIONE DEI RISCHI EMERGENTI IN LOCO E SUGGERIMENTI PER MIGLIORARE LA RESILIENZA, LA RESISTENZA E LA TOLLERANZA

In Francia, l'insorgenza dei patogeni dei bivalvi è sorvegliata per mezzo della rete REPAMO (REseau de surveillance des PATHologies des MOllusques marins). Creata nel 1992, questa rete assicura una missione di regolamentazione e di servizio pubblico del Ministero dell'Agricoltura e dell'Alimentazione, delegata da poco alle organizzazioni di categoria della molluschicoltura e della pesca professionale. L'obiettivo di REPAMO è di rilevare e identificare il più precocemente possibile gli agenti patogeni regolamentati e/o emergenti infettivi, associati agli episodi di mortalità dei molluschi marini selvatici e di allevamento. Si tratta di una sorveglianza passiva legata a eventi, basata sulla dichiarazione obbligatoria degli operatori riguardo a qualsiasi aumento anomalo della mortalità.



Sfortunatamente, questa rete di sorveglianza è migliorabile e risponde solo parzialmente alla problematica della lotta contro l'introduzione/la comparsa e la propagazione dei patogeni emergenti. Infatti, questa rete si concentra solo sui patogeni elencati e noti grazie all'analisi istologica dei molluschi. Questo metodo è tuttavia poco specifico per gli agenti patogeni diversi dai parassiti e la comunicazione dei risultati può essere effettuata solo come minimo dopo dieci giorni. Questo ritardo importante rende incompatibile la rilevazione di agenti patogeni emergenti, nonché l'attuazione di misure di gestione efficaci. Infine, non include alcun monitoraggio dei parametri ambientali del luogo.

In Europa esistono altre iniziative di sorveglianza dei patogeni emergenti, come il lavoro della rete europea degli operatori della Native Oyster Restoration Alliance (NORA), che si occupa dell'elaborazione di politiche che riconoscano l'importanza dell'habitat creato dall'ostrica europea indigena, *Ostrea edulis*, e i vantaggi del suo ripristino in tutta la sua area di diffusione storica (Pogoda et al., 2019). La rete NORA propone delle direttive di biosicurezza per il ripristino delle ostriche indigene in Europa che si concentrano su diversi aspetti, come la produzione di embrioni di ostriche, ma soprattutto sulla prevenzione del diffondersi di *Bonamia* e di altri patogeni marini, di malattie e di specie invasive. È necessario tener conto di tutte le malattie note e di anticipare la comparsa di malattie o di specie invasive inattese, potenzialmente indotte dal cambiamento climatico e dalle temperature elevate del mare (Pogoda et al., 2020).

Infine, in questi ultimi anni sono apparsi in letteratura numerosi rapporti scientifici che elencano raccomandazioni volte a migliorare le pratiche per una migliore resistenza, resilienza o tolleranza nei confronti dei patogeni emergenti. Tra questi, il progetto [VIVALDI](#) che si prefigge di migliorare la durata e la competitività del settore europeo della molluschicoltura, colpito in questi ultimi anni da un numero crescente di casi di mortalità. A questo scopo, dal 2016 al 2020 sono stati messi a punto strumenti e strategie volti a prevenire al meglio e ad attenuare l'impatto delle malattie dei molluschi bivalvi. Tra le raccomandazioni proposte, rileviamo in particolare quella riguardante lo sviluppo di programmi mediante metodi di selezione volti a per migliorare la resistenza alle malattie seguendo le buone prassi di produzione (Arzul et al., 2021).

Peraltro, numerosi lavori hanno rilevato l'importanza della definizione e la necessità di un riconoscimento unico dei termini "resistenza", "resilienza" e "tolleranza" per la realizzazione di meccanismi normativi che sottendono la gestione marina (Holbrook et al., 2021). Pertanto, al fine di evitare qualsiasi stallo nelle discussioni future sull'elaborazione di politiche necessarie ed evitare la propagazione della malattia in luoghi e popolazioni nuovi, sembrano necessari lavori supplementari per risolvere l'incertezza pratica legata alla definizione e all'applicazione di questi termini (Holbrook et al., 2021).

Il coinvolgimento e la partecipazione di tutti gli attori (autorità competenti, associazioni di categoria e operatori, mondo della ricerca) sarebbe evidentemente una condizione *sine qua non* della riuscita di questi progetti. Occorre inoltre definire in modo chiaro vie di comunicazione tra tutte le parti interessate (Arzul et al., 2021).



7. CONCLUSIONI

Malgrado le numerose ricerche, l'evoluzione dei patogeni marini e il loro impatto ecologico restano incerti (Harvell et al., 1999). Al contrario, esistono poche ricerche e si assiste ad una mancanza di conoscenza sul cambiamento climatico e sul suo impatto sulla molluschicoltura e sui relativi agenti patogeni noti ed emergenti.

Tuttavia, i rari studi realizzati riguardano un certo numero di impatti economici negativi del cambiamento climatico, sia in termini di valore attuale netto, di profitti, di benessere dei consumatori o ancora di valore nutrizionale dei prodotti (Falkenberg e Tubb, 2017; Narita e Rehdanz, 2017; Froehlich et al., 2018). L'impatto annuo dell'acidificazione degli oceani sulla produzione molluschicola europea è stato stimato a più di un miliardo di dollari nel 2100, distribuiti in modo diseguale a seconda dei Paesi (Narita e Rehdanz, 2017). Più in generale, il cambiamento climatico, e in particolare l'acidificazione degli oceani comportano delle variazioni dei beni e servizi forniti dalla molluschicoltura e dagli ecosistemi dediti a questa attività (Le Bihan-Charpentier, 2015; Smaal et al., 2019).

È quindi essenziale **lavorare in modo più approfondito su queste due tematiche che sono intimamente legate: l'insorgenza di agenti patogeni dei molluschi bivalvi e l'impatto del cambiamento climatico sulla molluschicoltura.**

8. RACCOMANDAZIONI DEL CCA

In conclusione, il Consiglio consultivo per l'acquacoltura raccomanda **alla Commissione europea** di:

- Proteggere la qualità delle acque destinate alla molluschicoltura formalizzando il buono stato del settore come descritto nella raccomandazione CCA disponibile [QUI](#), relativa alla protezione della qualità delle acque destinate alla molluschicoltura (aprile 2020);
- Valutare l'impatto a lungo termine del cambiamento climatico sulla molluschicoltura, in particolare mediante lo sviluppo di modelli climatici e socio-economici;
- Prevedere dei finanziamenti per la sorveglianza zoosanitaria del patrimonio di molluschi e per il miglioramento della qualità delle acque destinate alla molluschicoltura, direttamente correlata alla buona salute dei molluschi;
- **Includere queste necessità di ricerca nella visione e nelle priorità di lavoro dell'EATIP;**
- Aggiungere una pagina specifica per la molluschicoltura e il settore zoosanitario sul sito futuro della Commissione europea, dedicata all'acquacoltura, per condividere qualsiasi informazione legata ai temi seguenti: monitoraggio della biodiversità, cambiamento climatico, sorveglianza zoosanitaria e patogeni emergenti, condivisione delle buone pratiche zoosanitarie, ecc.
- Identificare e rafforzare i canali di comunicazione, lo scambio di informazioni su questi argomenti e integrare i lavori di definizione dei termini zoosanitari regolamentati adatti tra gli attori europei (Stati membri, autorità competenti, ricercatori, rappresentanti degli operatori), ma anche con gli attori internazionali.



Il Consiglio consultivo per l'acquacoltura raccomanda inoltre **agli Stati membri** di:

- **Difendere la buona qualità delle acque destinate alla molluschicoltura, applicando le normative in vigore e lottando contro qualsiasi nuovo inquinamento, rivolgendosi alle fonti all'origine della contaminazione e non agli operatori molluschioli;**
- **Coinvolgere i molluschiolitori nei processi di valutazione della qualità dell'acqua;**
- Migliorare la rilevazione e l'identificazione dei patogeni emergenti: studiando la diversità dei patogeni noti, l'evoluzione delle condizioni ambientali, i diversi serbatoi esistenti (sedimenti, acqua, plancton, ecc.), sviluppando degli strumenti di rilevazione rapidi, multi-patogeni e adatti alle necessità degli operatori (sensori passivi, PCR a più inneschi, sequenziamento del DNA, ecc.);
- Adattare le strategie di sorveglianza zoonosanitaria al cambiamento climatico e ai patogeni emergenti: sorveglianza programmata, monitoraggio dei parametri ambientali, misure di gestione;
- Migliorare i meccanismi di difesa dei molluschi generati dai vivai ottimizzando i programmi di selezione genetica con lo studio della virulenza dei patogeni, l'identificazione dei marcatori associati a una migliore sopravvivenza, stimolando l'immunità e misurando i meccanismi di difesa;
- Rafforzare la comunicazione tra le autorità competenti responsabili della qualità dell'acqua e delle aree costiere, la ricerca e la filiera molluschiola;
- Rafforzare il legame tra la ricerca e gli operatori creando dei programmi di ricerca applicata (pratiche colturali, impatti ambientali...) in relazione con le necessità della professione e proponendo strumenti e applicazioni adatti a queste necessità;
- **Utilizzare la piattaforma specchio dell'EATiP e integrare queste raccomandazioni nei programmi di lavoro.**



Raccomandazione sul rischio di insorgenza di patogeni dei molluschi bivalvi in relazione con il cambiamento climatico

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Anderson, R. M.** (1998) Analytic theory of epidemics, p. 23-50. In R. M. Krause (ed.), *Emerging infections*. Academic Press, New York, N.Y.
- Arzul I** (2020) Pourquoi les huîtres sont-elles de plus en plus souvent malades? The Conversation, <http://theconversation.com/pourquoi-les-huitres-sont-elles-de-plus-en-plus-souvent-malades-152005>
- Arzul I, Furones D, Cheslett D., Gennari L., Delangle E., Enez F., Lupo C., Mortensen S., Pernet F. et Peeler E.** (2021) Manuel de gestion des maladies des mollusques bivalves et de biosécurité - Projet H2020 VIVALDI -p.44.
- Barton A, Waldbusser GG, Feely RA, Weisberg SB, Newton JA, Hales B, Cudd S, Eudeline B, Langdon CJ, Jefferts I, et al** (2015) Impacts of Coastal Acidification on the Pacific Northwest Shellfish Industry and Adaptation Strategies Implemented in Response. *Oceanography* **28**: 146–159
- Burge CA, Mark Eakin C, Friedman CS, Froelich B, Hershberger PK, Hofmann EE, Petes LE, Prager KC, Weil E, Willis BL, et al** (2014) Climate Change Influences on Marine Infectious Diseases: Implications for Management and Society. *Annu Rev Mar Sci* **6**: 249–277
- Byrne M, Foo SA, Ross PM, Putnam HM** (2020) Limitations of cross- and multigenerational plasticity for marine invertebrates faced with global climate change. *Global Change Biology* **26**: 80–102
- Cook T, Folli M, Klinck J, Ford S, Miller J** (1998) The Relationship Between Increasing Sea-surface Temperature and the Northward Spread of *Perkinsus marinus* (Dermo) Disease Epizootics in Oysters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **46**: 587–597
- Dittman DE, Ford SE, Padillai DK** EFFECTS OF PERKINSUS MARINUS ON REPRODUCTION AND CONDITION OF THE EASTERN OYSTER, *CRASSOSTREA VIRGINICA*. DEPEND ON TIMING. **11**
- Ekstrom JA, Suatoni L, Cooley SR, Pendleton LH, Waldbusser GG, Cinner JE, Ritter J, Langdon C, van Hooidonk R, Gledhill D, et al** (2015) Vulnerability and adaptation of US shellfisheries to ocean acidification. *Nature Clim Change* **5**: 207–214
- Falkenberg LJ, Tubb A** (2017) Economic effects of ocean acidification: Publication patterns and directions for future research. *Ambio* **46**: 543–553
- FAO** (2018) FIGIS - Fisheries Statistics - Aquaculture. <https://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector>
- Froehlich HE, Gentry RR, Halpern BS** (2018) Global change in marine aquaculture production potential under climate change. *Nat Ecol Evol* **2**: 1745–1750
- Garnier M, Labreuche Y, Garcia C, Robert M, Nicolas J-L** (2007) Evidence for the Involvement of Pathogenic Bacteria in Summer Mortalities of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Microb Ecol* **53**: 187–196
- Gazeau F, Quiblier C, Jansen JM, Gattuso J-P, Middelburg JJ, Heip CHR** (2007) Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*. doi: 10.1029/2006GL028554
- Gómez-Chiarri M, Warren WC, Guo X, Proestou D** (2015) Developing tools for the study of molluscan immunity: The sequencing of the genome of the eastern oyster, *Crassostrea virginica*. *Fish & Shellfish Immunology* **46**: 2–4
- Guo X, Ford SE** (2016) Infectious diseases of marine molluscs and host responses as revealed by genomic tools. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **371**: 20150206
- Harvell CD, Kim K, Burkholder JM, Colwell RR, Epstein PR, Grimes DJ, Hofmann EE, Lipp EK, Osterhaus ADME, Overstreet RM, et al** (1999) Emerging Marine Diseases--Climate Links and Anthropogenic Factors. *Science* **285**: 1505–1510
- Holbrook Z, Bean TP, Lynch SA, Hauton C** (2021) What do the terms resistance, tolerance, and resilience mean in the case of *Ostrea edulis* infected by the haplosporidian parasite *Bonamia ostreae*. *Journal of Invertebrate Pathology* **182**: 107579
- Ifremer, Laboratoire Génétique et Pathologie des Mollusques Marins (LGPMM), Ifremer, Direction de la communication (DCOM)** (2018) Les agents pathogènes affectant les mollusques marins. Fiches pédagogiques.
- IPCC** (2014a) AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC.
- IPCC** (2014b) AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
- IPCC** (2019) Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate —.
- IPCC** (2013) AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis.



Raccomandazione sul rischio di insorgenza di patogeni dei molluschi bivalvi in relazione con il cambiamento climatico

Krause RM (1998) 1 Introduction to emerging infectious diseases; stemming the tide. *In* RM Krause, ed, Biomedical Research Reports. Academic Press, pp 1–22

Lallias D, Gomez-Raya L, Haley CS, Arzul I, Heurtebise S, Beaumont AR, Boudry P, Lapègue S (2009) Combining Two-Stage Testing and Interval Mapping Strategies to Detect QTL for Resistance to Bonamiosis in the European Flat Oyster *Ostrea edulis*. *Mar Biotechnol* **11**: 570

Le Bihan-Charpentier V (2015) Analyse économique du risque en conchyliculture. These de doctorat. Nantes

Narita D, Rehdanz K (2017) Economic impact of ocean acidification on shellfish production in Europe. *Journal of Environmental Planning and Management* **60**: 500–518

Pogoda B, Boudry P, Bromley C, Cameron TC, Colsool B, Donnan D, Hancock B, Hugh-Jones T, Preston J, Sanderson WG, et al (2020) NORA moving forward: Developing an oyster restoration network in Europe to support the Berlin Oyster Recommendation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **30**: 2031–2037

Pogoda B, Brown J, Hancock B, Preston J, Pouvreau S, Kamermans P, Sanderson W, Nordheim H von (2019) The Native Oyster Restoration Alliance (NORA) and the Berlin Oyster Recommendation: bringing back a key ecosystem engineer by developing and supporting best practice in Europe. *Aquat Living Resour* **32**: 13

Sauvage C, Boudry P, De Koning D-J, Haley CS, Heurtebise S, Lapègue S (2010) QTL for resistance to summer mortality and OsHV-1 load in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Animal Genetics* **41**: 390–399

Smaal AC, Ferreira JG, Grant J, Petersen JK, Strand Ø, eds (2019) Goods and Services of Marine Bivalves. doi: 10.1007/978-3-319-96776-9

Soletchnik P (2009) Mortalités exceptionnelles d’huîtres creuses dans les Pertuis Charentais. Synthèse des résultats 2008-2009.

Yu Z, Guo X (2006) Identification and mapping of disease-resistance QTLs in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin. *Aquaculture* **254**: 160–170

Zhang G, Fang X, Guo X, Li L, Luo R, Xu F, Yang P, Zhang L, Wang X, Qi H, et al (2012) The oyster genome reveals stress adaptation and complexity of shell formation. *Nature* **490**: 49–54

(2021) Code sanitaire pour les animaux aquatiques (2021). OIE - Organisation Mondiale de la Santé Animale



Consiglio consultivo per l'acquacoltura (CCA)

Rue Montoyer 31, 1000 Bruxelles, Belgio

Tel: +32 (0) 2 720 00 73

E-mail: secretariat@aac-europe.org

Twitter: @aac_europe

www.aac-europe.org