



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SICOMAR
plus



Prodotto – Livrable T1.3.1:

Elaborazione Piano di azione congiunta per il monitoraggio integrato per la sicurezza e protocollo di intesa per la condivisione dei dati

Data prevista - Date prévue : 15/01/22

Data di consegna - Date d'échéance : 28/02/22

Versione - Version : V1.3

Informazioni generali sul documento / Informations générales sur le document	
Componente / Composante	T1
Attività/Activité	T1.3 “Preparazione dei piani congiunti per la sicurezza”
Prodotto/Livrable	T1.3.1
Nome Documento / Nom Document	“Elaborazione Piano di azione congiunta per il monitoraggio integrato per la sicurezza e protocollo di



	intesa per la condivisione dei dati"
ID File/ID Fichier	SICOMAR PLUS_T1.3.1.pdf

Processo di approvazione / Procédure d'approbation	Nome/Nom	Ente/Établissement	Data/Date	Visto/Vu
Coordinatore/ Coordinateur	Gilda Ruberti	Regione Toscana	GG/MM/AA JJ/MM/AA	
CP Leader/ CP Leader	Gilda Ruberti	Regione Toscana	GG/MM/AA JJ/MM/AA	

Processo di revisione / Procédure de révision	Autore/Auteur	Data Rev./ Date Rév.	Modifiche/Modifications
V1.0	Carlo Brandini, Valentina Grasso, Manuela Corongiu, Chiara Lapucci, Massimo Perna; Michele Bendoni, Maria Fattorini	02/05/2021	Stesura dell'indice documento
V1.1	Carlo Brandini, Valentina Grasso, Manuela Corongiu, Chiara Lapucci, Massimo Perna; Stefano Taddei; Michele Bendoni; Bartolomeo Doranzo	31/12/2021	Contributo autori LAMMA
V1.2	Lorenzo Corgnati, Carlo Mantovani.	31/01/2022	Contributo altri partner del progetto
V1.3	Carlo Brandini	28/02/2022	Revisione e armonizzazione



			contributi
V1.4		28/02/2022	Condivisione
V1.5	Carlo Brandini, Massimo Perna, Alessio Innocenti	28/02/2022	Revisione, integrazione e traduzione
	Jacopo Riccardi (Regione Liguria)	15/05/2022	Contributo progetto OMD
V1.6	Carlo Brandini Valentina Menonna	15/06/2022	Versione finale



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Introduzione: Verso un piano d'azione congiunto per il monitoraggio integrato per la sicurezza, sistemi di monitoraggio e previsione, e metodi di condivisione dei dati.

Il miglioramento della sicurezza della navigazione è una delle grandi sfide che accompagnano la Blue Growth, con aspettative di sviluppo dei trasporti marittimi e delle infrastrutture portuali, previste nei prossimi decenni, che faranno dell'economia blu uno degli asset trainanti dell'economia globale. Migliorare la sicurezza della navigazione vuol dire, in primo luogo, predisporre azioni per ridurre gli incidenti in mare, quindi ridurre i rischi per la vita umana (cittadini, lavoratori), per i beni trasportati e le infrastrutture, ma anche aumentare la protezione dell'ambiente naturale, e quindi per gli ecosistemi marini e costieri, nonché per l'ambiente costruito, anche considerando l'enorme valore delle aree costiere sia in termini ambientali che legati all'economia del territorio (turismo sostenibile, trasporti, energia, pesca, ecc.).

Nella programmazione 2014-2020 del Programma Interreg di Cooperazione Marittimo Italia-Francia (PC IFM) la tematica della sicurezza della navigazione ha avuto un ruolo centrale e ha richiamato molte risorse attraverso cui sono stati realizzati sia il progetto strategico SICOMAR Plus sia alcuni progetti semplici su varie tematiche (trasporto merci pericolose, sicurezza aree portuali, formazione, riduzione impatto della navigazione sugli ecosistemi). Alcuni di questi progetti, e in particolare SINAPSI e GIAS, hanno richiamato esplicitamente e approfondito contenuti già esistenti in SICOMAR Plus, anche riproponendo alcuni degli stessi partner. Inoltre queste iniziative sono andate in continuità sia con progetti dell'attuale programmazione, come in particolare il progetto IMPACT, sia della passata programmazione, con particolare riferimento ai progetti MOMAR e SICOMAR rispetto ai quali c'è stata una evidente continuità di azioni.

Rispetto ai primi progetti realizzati, a partire proprio da MOMAR, il partenariato nel tempo è stato esteso e rafforzato, inglobando diverse competenze sia di natura politico-istituzionale, sia di capacità operativa e di gestione del territorio, come anche aspetti di ricerca scientifica e di formazione.

Visti nel loro insieme si può dire che i progetti hanno portato a compimento molteplici obiettivi, con poche ma necessarie sovrapposizioni. Un primo obiettivo riguarda la costruzione di rapporti di rete fra differenti soggetti che rappresentano alcuni tra i principali enti istituzionali e di ricerca scientifica e tecnologica presenti nello spazio di cooperazione. La realizzazione di questo obiettivo è dimostrata dalla continuità di queste iniziative nel tempo, infatti molti partner partecipano congiuntamente anche ad altre iniziative su progetti nazionali ed internazionali, o comunque hanno rafforzato la loro collaborazione che sta andando avanti ben oltre la durata dei progetti.

La creazione di rapporti di rete porta con sé sia il vantaggio di estendere il valore delle realizzazioni dei progetti, anche in termini della loro replicabilità, sia di aumentare la capacità dei singoli



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

partner di operare scelte tecniche e di gestione tramite lo scambio virtuoso con partner di maggiore esperienza e competenza tecnica in alcuni ambiti specifici (capacity building).

Un altro obiettivo è di natura strettamente tecnologica, e riguarda la capacità di progettare, acquisire, implementare e mantenere nel tempo strumenti, quali reti di osservazione ad alta tecnologia, che operano in maniera congiunta nel monitoraggio del territorio, ad esempio reti di monitoraggio della qualità ambientale ed ecosistemica utili per misurare le pressioni antropiche sull'ambiente. Questo obiettivo è molto ambizioso, perché normalmente c'è ancora poca attitudine a creare strumenti e reti di osservazione condivisi tra soggetti appartenenti a regioni diverse, istituzioni scientifiche diverse, o addirittura tra diversi stati nazionali. Il fatto che attraverso SICOMAR Plus si sia realizzata una prima rete transfrontaliera di osservazione dello stato del mare tramite un sistema radar HF rappresenta senza dubbio uno dei maggiori successi non solo del progetto, ma di tutto il programma di cooperazione.

Infine un ultimo obiettivo riguarda la governance, per stabilire come le capacità e le competenze degli enti coinvolti, gli strumenti tecnici e le reti di osservazione realizzate con il progetto possano poi essere utilizzate al meglio nei territori, come debbano essere gestite (con quali responsabilità, con quali risorse), e soprattutto come questa aumentata mole di conoscenze possa servire per migliorare gli aspetti di gestione e di pianificazione finalizzati al miglioramento di varie problematiche dell'ambiente marino e costiero, inclusa la sicurezza della navigazione.

Quest'ultimo obiettivo è indubbiamente quello più complicato da raggiungere, per diversi motivi. Il primo è che la disciplina della navigazione e delle attività connesse è definita a livello nazionale e internazionale, e senza il coinvolgimento diretto ed esplicito di enti quali ministeri, agenzie nazionali, ecc., non potendo cioè incidere sulla regolamentazione, è difficile andare oltre il suggerimento e la dimostrazione di buone pratiche.

Un secondo motivo riguarda il coinvolgimento attivo delle stesse regioni del programma. I compiti assegnati alle regioni sono in realtà molto importanti ad esempio nella pianificazione degli spazi marittimi (MSP) ma ancora non è stato trovato, all'interno della progettualità del programma, un terreno comune di confronto per elaborare dei possibili piani di azione congiunta su questi temi, come peraltro espressamente richiamato dal programma stesso.

Tuttavia ci sono aspetti di governance legati in particolare alla gestione dei dati che possono e devono essere affrontati già dai partner attuali, alcuni dei quali rappresentano alcuni tra i più importanti fornitori di dati ambientali almeno per quanto riguarda le regioni italiane e francesi del Mediterraneo Nord-Occidentale (NWMED) e in particolare per l'area marina che accoglie al suo interno il santuario Pelagos, la più importante area di speciale protezione ambientale (SPAMI) dell'Unione Europea.

La disponibilità di dati ambientali è fondamentale, esiste infatti una crescente esigenza di disporre di dati quanto più possibile precisi e affidabili, rappresentativi di diverse scale spaziali e temporali, dal mare aperto fino alle scale costiere, queste ultime caratterizzate da una variabilità molto maggiore.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

I dati sono prodotti tramite la raccolta delle osservazioni provenienti sia da strumenti di osservazione diretta (boe, sensori oceanografici e biogeochimici, osservazioni ecosistemiche, dello stato di contaminazione ecc.), sia di osservazione indiretta (radar, satelliti, ecc.). L'attività di osservazione in tempo reale, con anche associata la necessità di esporre i dati di osservazione e renderli pubblicamente fruibili, è fondamentale per supportare servizi di sicurezza che operano in tempo reale. Tuttavia è anche importante che questi dati siano raccolti e archiviati per essere visualizzati in un secondo momento, magari dopo essere stati sottoposti a procedure di controllo di qualità e validazione, per poter alimentare database che forniscono dati rappresentativi del passato, utili come riferimento di base, ad esempio per poter costruire dati climatologici di una data area. Un'altra fonte di dati non meno importante è quella dei modelli numerici di ricostruzione e previsione dello stato del mare. Anche in questo caso i modelli possono essere utilizzati per interpolare spazialmente e temporalmente dati di osservazione che sono normalmente piuttosto scarsi (perché anche molto costosi da implementare e mantenere nel tempo), come nel caso dei modelli di analisi, re-analisi, o hindcast. Un utilizzo fondamentale dei modelli riguarda la loro capacità di fornire previsioni ovvero prevedere le condizioni ambientali (meteorologiche, meteomarine, oceanografiche, di contaminazione ecc.) in un dato momento futuro, normalmente, in modo affidabile, entro pochi giorni dal momento di rilascio della previsione.

Sicuramente i dati sia di osservazione che di previsione che passano attraverso le regioni oggi hanno un ruolo fondamentale, soprattutto in questa area del Mediterraneo, basti pensare che le reti di osservazione del mare della Toscana e della Liguria, assieme a quelle francesi, sono state negli ultimi anni le fonti principali di informazione relativa alle condizioni idrodinamiche e di moto ondoso nell'area, anche per colmare l'assenza di dati provenienti da reti nazionali (si pensi, per l'Italia, alla Rete Ondametrica Nazionale, ripristinata solo di recente e solo parzialmente, dopo una lunga assenza). Questo quadro è probabilmente destinato a cambiare nei prossimi anni, almeno per quanto riguarda l'Italia, perché la necessità di disporre di dati di osservazione omogenei a livello nazionale e l'integrazione con altre iniziative a cominciare dal cosiddetto Copernicus Mirror, o più recentemente di varie iniziative legate al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), potrebbe portare a ridefinire la situazione degli strumenti di monitoraggio delle reti sulla base delle necessità nazionali, e della loro possibile integrazione con futuri servizi previsionali (come dimostra la nascita della nuova agenzia di riferimento nazionale per la meteorologia, Italia Meteo).

In ogni caso SICOMAR Plus lascia in eredità, sia al prossimo programma marittimo sia alle altre iniziative a carattere nazionale e transnazionale, un insieme rilevante di reti di osservazione, modelli e servizi dedicati, che andranno gestiti e da cui in ogni caso non si potrà prescindere in futuro.

Nella prima parte di questo rapporto (T1.3.1) si cercherà pertanto di dare una visione complessiva dell'insieme degli strumenti di monitoraggio del mare e della navigazione, di suggerire una possibile governance di un modello di gestione distribuito, e di definire aspetti di gestione dei dati in particolare per quanto riguarda le procedure e gli strumenti che fanno capo alla loro condivisione.



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Monitoraggio della navigazione

SISTEMI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLA NAVIGAZIONE

I sistemi di monitoraggio del traffico navale sono oggi strumenti indispensabili per la prevenzione degli incidenti in mare, per la loro capacità di seguire costantemente i movimenti delle imbarcazioni che operano all'interno delle acque territoriali, e in modo particolare nel seguire la navigazione attraverso zone sensibili o particolarmente pericolose dal punto di vista geografico e morfologico. Allo stesso modo, il monitoraggio del traffico consente di intervenire prontamente in caso di sinistro marittimo, e rispondere in modo adeguato, ad esempio nel caso in cui all'incidente faccia seguito lo sversamento di sostanze pericolose ed inquinanti.

Il servizio di monitoraggio del traffico navale per antonomasia è il VTS, acronimo per *Vessel Traffic Service*, un sistema di monitoraggio del traffico marittimo istituito dalle guardie costiere e dalle autorità marittime e portuali, che è il corrispettivo, per il traffico navale, dei sistemi di controllo del traffico aereo. L'Organizzazione marittima internazionale (IMO) definisce il VTS come "un servizio implementato da un'autorità competente progettato per migliorare la sicurezza e l'efficienza del traffico navale e proteggere l'ambiente".

Non esiste un solo metodo per eseguire questo monitoraggio, ma un insieme di tecnologie che, assieme, costituiscono il VTS, e che comprendono radar, televisioni a circuito chiuso, radiotelefonia VHF e sistema di identificazione automatica (AIS), per tenere traccia dei movimenti delle navi e quindi migliorare la sicurezza della navigazione in un'area geografica limitata.

Per quanto la responsabilità della rotta e della velocità della nave sia affidata al comandante della nave, eventualmente assistito da un pilota ove necessario, strumenti funzionali al miglioramento delle capacità di manovra e di approdo si sono resi sempre più necessari specialmente per consentire l'utilizzo delle strutture portuali in tutte le condizioni di visibilità e densità di traffico, oltre gli ausili audiovisivi alla navigazione "a corto raggio" come ad esempio i segnali di bandiera.

Le tecnologie per il monitoraggio del traffico navale hanno ricevuto una spinta decisiva negli ultimi decenni, a partire dallo sviluppo del radar avvenuto durante la seconda guerra mondiale che ha permesso di monitorare e tracciare accuratamente il traffico marittimo. La prima stazione di controllo portuale basata su tecnologie radar fu realizzata a Douglas, nell'isola di Mann, nel 1948. Nello stesso anno, il porto di Liverpool fu il primo grande porto ad utilizzare un sistema di sorveglianza basato sul radar, a cui seguirono implementazioni nei porti di Rotterdam e a Long beach in California nel 1950. Rapidamente questi sistemi si sono diffusi in Europa e nel mondo. I



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

grandi disastri marittimi avvenuti negli anni '60-'70 hanno accresciuto la consapevolezza dei danni ambientali provocati dagli incidenti navali: la preoccupazione che tali disastri potessero verificarsi nelle aree portuali e nelle aree di approccio al porto ha ulteriormente ampliato l'uso della sorveglianza radar nella gestione del traffico navale.

Il valore del VTS nella sicurezza della navigazione è stato riconosciuto per la prima volta dall'IMO nel 1968 nella risoluzione *A.158 (ES.IV) - Recommendation on Port Advisory Systems* ma con l'avanzare della tecnologia le apparecchiature per tracciare e monitorare il traffico marittimo sono diventate sempre più sofisticate. La necessità di standardizzare le procedure di creazione di un VTS nonché di dissipare i timori in alcuni ambienti che un VTS potesse incidere sulla responsabilità del comandante nella conduzione della nave, nel 1985 l'IMO ha adottato la risoluzione *A.578(14) - Guidelines for Vessel Traffic Services* che affermava che il VTS era particolarmente appropriato negli approcci e nei canali di accesso ad un porto, in aree ad alta densità di traffico, nel caso di movimenti di carichi pericolosi, difficoltà di navigazione, o in aree ad elevata sensibilità ambientale. Le Linee guida hanno anche chiarito che le decisioni relative all'effettiva navigazione e manovra della nave spettavano in ogni caso al comandante della nave ed evidenziato l'importanza del pilotaggio e delle procedure di segnalazione per le navi che attraversano un'area in cui opera un VTS. Una revisione di queste linee guida è stata proposta nel 1997, con le *Guidelines for Vessel Traffic Services, risoluzione A.857(20)*.

Sebbene i servizi di traffico navale non siano specificatamente menzionati nella Convenzione internazionale per la sicurezza della vita umana in mare (SOLAS) del 1974, lo sono nelle successive modifiche, in particolare del giugno 1997 quando il Comitato per la sicurezza marittima ha adottato un nuovo regolamento al capitolo V (*Safety of Navigation*) che stabilisce in che modo il VTS possa essere implementato, e in cui viene stabilito che i servizi di traffico navale (VTS) contribuiscono alla sicurezza della vita in mare, alla sicurezza e all'efficienza della navigazione e alla protezione dell'ambiente marino, delle aree costiere adiacenti, dei porti, dei siti di lavoro e delle installazioni offshore dai possibili effetti negativi del traffico marittimo. I Governi contraenti si impegnano a istituire un sistema VTS qualora, a loro giudizio, il volume del traffico o il grado di rischio giustifichino tali servizi, seguendo per quanto possibile le linee guida stabilite dall'IMO. L'uso del VTS può essere reso obbligatorio solo nelle zone marittime all'interno dei mari territoriali di uno Stato costiero.

L'Associazione Internazionale delle Autorità per i fari (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA), fondata nel 1957, riunisce rappresentanti degli ausili ai servizi di navigazione di circa 80 paesi per il coordinamento tecnico, la condivisione delle informazioni e il coordinamento dei miglioramenti agli aiuti alla navigazione in tutto il mondo. Uno dei quattro comitati all'interno di IALA si occupa proprio di VTS e raccomanda l'uso di specifici



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

seguenti sensori per i sistemi VTS, come in particolare:

- Radar in banda S/X
- Sistema di Identificazione Automatica (AIS)
- Sistema elettro-ottico (EOS)
- DF: Direction Finder
- Sensori meteorologici

Questo perché nel sistema VTS sono implementati un gran numero di sensori radar per coprire le zone ad alta densità di traffico (es. in prossimità dei porti) e l'intera costa. I radar VTS rilevano il movimento di tutte le navi sulla linea di costa, dalle grandi imbarcazioni fino alle piccole imbarcazioni di legno utilizzate dai pescatori, utilizzando sistemi operanti in banda S o banda X, a seconda del bersaglio, della distanza e delle caratteristiche dell'ambiente con prestazioni tipiche quali:

- range, variabile da 12 a 48 miglia nautiche
- bersaglio della sezione radar equivalente (RCS), da 0,5 m² a 106 m². La RCS è una misura di quanto un oggetto è rilevabile da un radar: più è grande la RCS, maggiori sono le probabilità che un radar rilevi l'oggetto stesso.

Una componente importante dei servizi di monitoraggio del traffico navale, oltre ai sistemi radar, è data dal sistema di identificazione automatica (in inglese: Automatic Identification System – AIS), un sistema di tracciamento automatico utilizzato sulle navi allo scopo principale di evitare collisioni fra le unità di navigazione. Le informazioni AIS integrano quindi quelle dei radar marini, che continuano a essere il metodo principale per evitare le collisioni per il trasporto su acqua. In particolare, quando vengono utilizzati satelliti per rilevare le firme AIS, viene utilizzato il termine Satellite-AIS (S-AIS).

I transponder AIS, durante la navigazione, a seconda della velocità dell'imbarcazione, inviano dati ogni 2-10 secondi, ma con frequenza ridotta (ogni 3 minuti) mentre l'imbarcazione è all'ancora. Questi dati includono:

- a. Un numero di identificazione univoco (MMSI) che rappresenta l'identità del servizio mobile marittimo della nave.
- b. Stato di navigazione (all'ancora, in navigazione con motore/i, o non sotto comando).
- c. Velocità di virata, velocità rispetto al fondo, rotta rispetto al fondo, rotta reale
- d. Longitudine e latitudine.
- e. Data e ora (UTC).

Queste informazioni possono essere visualizzate su schermo e usate dal sistema di pilotaggio per



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

dare un allarme in caso di rotta di collisione. I dati trasmessi consentono inoltre alle autorità marittime di monitorare i movimenti delle navi.

L'AIS normalmente è formato da un ricetrasmittitore VHF collegato a un sistema di posizionamento come un LORAN o un ricevitore GPS, con altri sensori elettronici di navigazione, quali ad esempio una girobussola. La trasmissione avviene su due canali (87B e 88B) della banda destinata alle trasmissioni radio fra mezzi navali.

Date le caratteristiche delle frequenze radio utilizzate, ricevibili solo in condizioni di portata ottica, il segnale copre una distanza relativamente ridotta, dipendente dall'altezza delle antenne, in genere attorno le 20 miglia nautiche. L'Organizzazione marittima internazionale (IMO) e la Convenzione internazionale per la salvaguardia della vita umana in mare (SOLAS) richiede che l'AIS siano montati a bordo di tutte le navi con stazza lorda pari o superiore a 300 tonnellate, e su tutte le navi passeggeri, indipendentemente dalle dimensioni.

Tuttavia l'introduzione nel mercato, a partire dal 2007, di dispositivi AIS "Classe B" ha permesso che una nuova generazione di ricetrasmittitori AIS a basso costo rendesse appetibile per qualunque natante l'uso di questo strumento. Esistono infatti dei ricevitori AIS che, oggi, possono essere installati anche su unità di piccole dimensioni e che consentono la sola ricezione e visualizzazione dei dati utilizzando in genere il display di un plotter cartografico e del radar.

Tuttavia la mancata obbligatorietà di questi dispositivi pone ancora diversi problemi in particolare riguarda all'adozione di pratica di sicurezza più efficaci. Una politica di maggiore diffusione di questi sistemi anche alle piccole imbarcazioni, da svolgere in concertazione con i produttori, sarebbe senz'altro auspicabile.

AMPLIARE LE POTENZIALITÀ DEL SISTEMA AIS

Il sistema AIS ha potenzialità notevoli, infatti solo una parte dei canali a disposizione sono normalmente utilizzati per trasmettere la posizione delle imbarcazioni. Esistono ad esempio già diverse positive esperienze riguardanti la possibilità di utilizzare l'AIS non soltanto come un mezzo di comunicazione passivo, ma come un sistema di comunicazione attivo con cui trasmettere, dalle navi, anche dati relativi ad alcune condizioni delle aree marine di transito delle navi.

Un'applicazione di grande interesse riguarda senza dubbio la possibilità di trasmettere le osservazioni dei cetacei, osservate da una nave, alle altre imbarcazioni. Questo permette di evitare, per quanto possibile, collisioni con i mammiferi marini che hanno una così grande importanza del santuario Pelagos, attraverso dispositivi che consentono alle navi di aggiornarsi, in tempo reale, sulle posizioni e gli spostamenti dei cetacei durante la navigazione, riducendo



considerevolmente i rischi di collisione. Queste applicazioni, all'interno di SICOMAR plus, sono state studiate in sinergia tra la Guardia Costiera e Fondazione CIMA.

Un'altra applicazione molto importante riguarda la possibilità di trasmettere le condizioni meteo osservate in una certa area (ad esempio, un'area portuale). Un sistema simile è stato realizzato dall'Autorità Portuale di Venezia in collaborazione con il al Comando Generale della Capitaneria di Porto. Dati e le rilevazioni su vento, correnti, moto ondoso che riguardano tutta la Laguna, le bocche di porto ed entrambi gli scali di Venezia e Chioggia, sono sintetizzati dall'Autorità portuale e resi immediatamente disponibili a tutta la comunità portuale tramite piattaforme gestite dall'AdSP, e parallelamente i dati sono inviati in tempo reale al COGECAP per la diffusione a tutte le navi il protocollo standard AIS, rendendoli leggibili anche alla strumentazione di bordo.

Altre applicazioni possono riguardare la comunicazione tra le navi e le unità di soccorso impiegate nella gestione delle emergenze, come sperimentato ad esempio dal progetto ISIDE del PCM IF.

Si ritiene che queste indicazioni possano essere sperimentate o implementate anche attraverso altre iniziative del PC IFM della futura programmazione (2021-2027).

Condivisione e interoperabilità dei dati AIS: dove se parla nel progetto?

Output: Disegno, implementazione e messa a sistema di servizi per la sicurezza della navigazione

<i>Componente</i>	<i>Attività</i>	<i>Prodotto</i>
<i>T4 - SERVIZI PER LA SICUREZZA IN MARE, LA PREVENZIONE DEI RISCHI E LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE MARINO</i>	T4.1 Servizi per la condivisione e interoperabilità dei dati inclusi quelli AIS	T4.1.3 Servizi AIS e reportazione navale obbligatoria



Interreg



UNIONE EUROPEA

**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

MONITORARE I FLUSSI DI MERCI PERICOLOSE

Il monitoraggio del traffico via mare delle merci pericolose è un aspetto fondamentale della sicurezza marittima per scongiurare i disastri ambientali nelle coste del Mediterraneo, nonché per predisporre le misure più idonee in caso di incidente. Questi temi, anche se non esplicitamente affrontati in SICOMAR Plus, hanno trovato ampio spazio nel PCM IF, in particolare attraverso alcuni progetti quali:

- ISIDE: per creare un nuovo sistema di comunicazione universale per facilitare lo scambio di informazioni tra i comandanti dei porti e gli utenti del mare;
- OMD: per migliorare la sicurezza del trasporto marittimo di merci pericolose con l'introduzione di sistemi di controllo e monitoraggio innovativi;
- LOSE+: per monitorare, in tempo reale, il rischio derivante dal trasporto di determinate merci pericolose nelle aree marine vicino alla costa ed in quelle portuali.

Il Progetto OMD, capofilato da Regione Liguria, fornisce un importante contributo in particolare nell'acquisizione e condivisione di nuovi sistemi di controllo e monitoraggio delle merci pericolose, volti ad integrare e armonizzare gli attuali sistemi di monitoraggio nella zona di cooperazione del Programma, attraverso la progettazione e la successiva realizzazione di un sistema informativo congiunto che operi come Osservatorio Italo-Francese per il monitoraggio dei flussi marittimi di merci pericolose, ovvero uno strumento condiviso di raccordo tra le regioni, le autorità pubbliche competenti e soggetti privati che a vario titolo gestiscono Merci pericolose.

Gli obiettivi prioritari di OMD sono essenzialmente due:

- 1) costruzione di un metodo condiviso e collaborativo per l'acquisizione di nuovi sistemi di controllo e monitoraggio, al fine di migliorare la sicurezza marittima e la gestione dei rischi in ambito portuale;
- 2) realizzazione del sistema informativo.

Per quanto riguarda il primo obiettivo, è necessario verificare l'adeguatezza e coerenza delle politiche vigenti in materia di gestione delle merci pericolose, ma anche della loro implementazione. Esiste infatti una notevole frammentazione normativa e quindi differenze nelle modalità funzionali e organizzative a regime e in caso di eventi incidentali in ambito marittimo che vedano il coinvolgimento di merci pericolose in Italia e in Francia. Allo stato attuale le merci pericolose nei porti sono gestite in modo disomogeneo e, di conseguenza, non uniformemente con quelli che sono gli standard di sicurezza. Visto che le merci pericolose presenti nei porti cambiano continuamente, risulta necessario dotare i porti di sistemi informatici che siano in grado di raccogliere in tempo reale tutte le informazioni utili al monitoraggio del rischio, fornendo così alle Autorità preposte tutte le informazioni necessarie per gestire in modo consapevole eventuali



emergenze, riducendo quindi al minimo le conseguenze di incidenti causati da merci pericolose, anche in transito a bordo nave.

Dalle analisi e ricerche effettuate è emerso che i porti delle realtà italiane e francesi non sono dotati di sistemi informatici per la gestione e il monitoraggio delle merci pericolose. Per adempiere a questo obiettivo, i partner hanno preso spunto dalle best practices in essere presso alcune realtà portuali, e da questa analisi è emerso che le realtà che oggi stanno interpretando al meglio il compito di controllo e monitoraggio delle merci pericolose hanno alcuni aspetti in comune, quali la valutazione del rischio chimico da parte di un esperto qualificato (in Italia il Chimico di Porto), l'ingresso in porto delle sole merci pericolose preventivamente valutate dall'esperto, il monitoraggio in tempo reale della situazione di rischio correlata alla presenza di merci pericolose in ambito portuale, oppure ancora lo scambio dati con le NMSW e con i sistemi AIS, l'integrazione M2M con i sistemi informatici dei terminal o le schede di emergenza online per tutte le merci pericolose. In definitiva, quindi, è emerso che un sistema informatico adibito alla gestione ed al monitoraggio delle merci pericolose debba essere strutturato e implementato in modo tale da garantire l'accesso a tutte le informazioni utili per un'immediata ed efficiente gestione delle emergenze. Un altro aspetto emerso durante il partenariato riguarda l'opportunità della stipula di accordi specifici tra i singoli porti per così permettere lo scambio dei dati relativi alle merci pericolose per ogni MP imbarcata in uno dei due porti e in arrivo in sbarco nel secondo. Per essere efficace, questa condivisione dei dati deve avvenire automaticamente alla partenza dal porto di imbarco, per così consentire al porto di sbarco di possedere tutte le informazioni necessarie a gestire potenziali emergenze, quali la scheda emergenza, l'UN Number, la classe, etc.

Con riferimento al secondo obiettivo del Progetto OMD, invece, l'idea generale, consolidatasi sempre più nel corso delle attività progettuali, è quella di creare un sistema informatico, denominato Osservatorio OMD, in grado di svolgere molteplici funzioni, che tiene conto dei vincoli - oggi esistenti - sulla presenza dei dati, interoperabilità e sulla condivisione delle informazioni.

Queste funzioni includono la capacità di:

- Raccogliere i dati AIS delle navi in transito nei territori del progetto OMD interfacciandoci con la Rete Nazionale AIS del Comando Generale del Corpo delle Capitanerie italiane (OMD_AIS).
- Implementare un'anagrafica nave certificata.
- Ricevere dai sistemi informatici in funzione dei porti dei territori del progetto OMD il previsionale arrivo navi contenente le informazioni delle merci pericolose in imbarco, sbarco e transito.
- Rappresentare su cartografia web in tempo reale o in replay le navi captate dai sistemi AIS, con informazioni riguardanti il tipo di nave, la posizione aggiornata, la direzione di navigazione; le informazioni specifiche (tra cui: nome nave; compagnia di navigazione; call sign; MMSI; tipo nave; foto; velocità; data e ora ultimo segnale AIS; ETA; ETD; porto di provenienza; porto di destinazione; elenco MP alla rinfusa liquide, gassose e solide; elenco MP in colli; schede di emergenza).



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- utilizzare vari moduli software per lo scambio dati con i sistemi informatici nei porti del progetto
- scambiare dati con i sistemi informatici di altre iniziative (in particolare, con riferimento al progetto *Lose+*). In particolare, quando *Lose+* rileverà un'unità di carico in transito nelle vie di comunicazione di accesso al porto, dovrà comunicarne la sigla ad OMD che dovrà fornire a *Lose+* tutte le caratteristiche della merce pericolosa, nonché le schede di emergenza.

Con riferimento all'Osservatorio, un altro obiettivo del progetto è stato quello di definire un modello per la sua gestione, tale da consentirne la sostenibilità economica anche una volta concluso il progetto. Sono state così studiate delle soluzioni per dare una forma giuridica all'Osservatorio, nonché dei modelli di business per definirne e permetterne la sostenibilità a fine progetto.



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Monitoraggio sostenibile dello stato del mare

L'osservazione del mare è fondamentale per l'utilizzo degli spazi marini in modo responsabile e sostenibile poiché oceani e mari stanno diventando sempre più importanti per la società. Molte nazioni stanno collaborando allo sviluppo di un sistema globale di osservazione degli oceani (GOOS) che sta mettendo a sistema le varie reti di osservazione, dall'oceano globale ai mari regionali. Tuttavia, il miglioramento dei sistemi di osservazione esistenti è stato limitato da finanziamenti una tantum e da una cooperazione limitata tra i vari enti, istituzionali e di ricerca. È invece fondamentale sviluppare partenariati ampi, a scala transnazionale, per l'osservazione sostenibile del mare, che possa incorporare un'ampia gamma di esigenze: dal monitoraggio ambientale, allo studio dei cambiamenti climatici, allo sfruttamento delle risorse marine (compresa l'energia, i trasporti, la pesca), alla sicurezza in mare. Per essere più efficaci, questi nuovi partenariati dovrebbero consentire un coinvolgimento più stretto del settore privato, i governi, le ONG e altri gruppi.

In questo senso, il partenariato di SICOMAR Plus, per quanto molto ampio in rapporto anche all'area del Mediterraneo Nord-Occidentale considerata, e pur non essendo sufficiente per soddisfare tutte queste esigenze, rappresenta un forte miglioramento del quadro esistente. Una priorità importante è ridurre la dipendenza dalle costose navi da ricerca per le misurazioni di routine, e quindi quella di puntare sull'utilizzo di veicoli autonomi che stanno aumentando la nostra capacità di misurare lo stato del mare alle scale spaziali e temporali di cui abbiamo bisogno.

Una notevole quantità di dati proviene dai satelliti, i quali mettono a disposizione la temperatura superficiale delle acque (SST) o l'andamento della superficie libera (SSH). Inoltre tutta una serie di strumenti immersi e/o flottanti, fissi e/o mobili (CTD: Conductivity Temperature Depth, ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler, boe, gliders) forniscono osservazioni su temperatura, salinità e velocità anche nella parte interiore del mare, pur essendo misurazioni che coprono necessariamente una piccola porzione di spazio rispetto ai bacini marini. Lungo la costa, i radar HF (High-Frequency-Radar) raccolgono dati sulle correnti superficiali su un'area che si estende fino a circa 70-80 km dalla costa.

Sicuramente vanno nella direzione di migliorare la sostenibilità dei sistemi osservativi varie azioni portate avanti dal progetto che includono:

- 1) sistemi in-situ sostenibili (di cui sono un esempio gli strumenti di osservazione lagrangiana e i veicoli autonomi);
- 2) i radar marini, che rappresentano uno degli investimenti principali del progetto;
- 3) l'utilizzo dei dati satellitari, i cui prodotti sono a disposizione anche tramite varie iniziative europee, a cominciare da Copernicus.

Nel seguito viene fornita una descrizione di questi sistemi.



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SISTEMI DI OSSERVAZIONE IN-SITU

Le osservazioni in-situ sono quelle tradizionalmente più diffuse, e sono di tante diverse tipologie.

In campo oceanografico, ad esempio, si fanno ancora campagne di misura da nave in cui vengono misurati parametri oceanografici di importanza lungo la colonna d'acqua tramite diversi strumenti, quali sistemi profilanti (sonde multiparametriche), correntometri, campionatori di acqua (tradizionali o automatici), supporto di strumenti robotici (AUV, ROV, ecc.). Oltre che da nave, queste osservazioni "single-point and single time" sono prese anche tramite veicoli marini autonomi, come ad esempio veicoli autonomi di superficie (ASV), glider sottomarini. Un'altra fonte di informazioni e dati, di crescente utilizzo, è data dall'utilizzo di strumenti lagrangiani, che si muovono alla deriva tramite le correnti marine e al tempo stesso trasmettono dati importanti quali, oltre alla loro posizione e agli spostamenti nel tempo (da cui possono essere dedotte le correnti marine superficiali), altri parametri come temperatura, salinità, clorofilla, pressione atmosferica, ecc. Oppure profilatori lagrangiani (boe profilanti ARGO) che si muovono in verticale lungo la colonna d'acqua e raccolgono dati fisici (tramite CTD) e in alcuni casi biogeochimici.

Le osservazioni da nave hanno un'importanza soprattutto dal punto di vista scientifico, e meno a livello tecnico-operativo, vengono infatti svolte solo in certi periodi dell'anno, per periodi limitati di tempo (es. 1-2 settimane) e comunque rappresentativi solo di aree molto limitate, quindi sono adatte per attività di ricerca e di studio, per studiare processi fisici, o ad esempio per raccogliere dati per la validazione di modelli, ma da sole non possono soddisfare le necessità di fornire dati a sistemi dedicati alla sicurezza della navigazione.

Tra le misure in-situ un'importanza specifica è rivestita dagli strumenti che misurano in continuo le condizioni meteorologiche, meteomarine ed oceanografiche, ad esempio le stazioni meteo per la misura dei parametri meteorologici o le boe per la misura del moto ondoso. L'osservazione dei parametri atmosferici avviene grazie a stazioni meteorologiche che misurano parametri come il vento, la pressione atmosferica, la temperatura dell'aria, l'umidità, la pioggia, la visibilità. Le stazioni meteorologiche forniscono un quadro completo dell'evoluzione atmosferica in atto, attraverso la rilevazione di svariati parametri ambientali tramite sensori opportunamente interfacciati con un sistema di acquisizione (datalogger), per elaborare i dati raccolti e trasmetterli in remoto.

Se adeguatamente progettate, le stazioni meteo possono operare in ogni tipo di ambiente, anche se le condizioni ambientali (alta corrosività della salsedine), rendono difficile l'installazione di stazioni meteorologiche in mare (montate sopra boe o piattaforme offshore).

Per quanto riguarda i parametri marini, le boe ondometriche (di varia natura, accelerometriche o GPS) normalmente misurano lo stato di agitazione del mare dovuto al moto ondoso oppure anche altri parametri ad esempio la temperatura. La Francia, attraverso vari enti, mette a disposizione molte boe anche per l'area del Mediterraneo Nord-Occidentale mentre, per l'Italia, il servizio ondometrico nazionale (RON), gestito dall'ISPRA, dopo una lunga pausa ha ripristinato alcune boe (La Spezia). Le Regioni (in particolare Toscana e Liguria), contribuiscono all'osservazione dello stato del mare tramite alcune boe gestite direttamente dalla Regione o dalle agenzie (ARPAL). Profilatori acustici (ADCP) sono utilizzati sia per la misura delle onde sia delle correnti marine lungo la colonna d'acqua, normalmente su profondità non troppo elevate (fino a 100-150 m, a seconda della frequenza caratteristica dello strumento).



Figura 1: Il Wave Glider, veicolo autonomo marino di superficie, è uno strumento condiviso del Consorzio LAMMA e di IFREMER, e permette di misurare variabili dell'interfaccia aria-mare (moto ondoso, correnti dei primi strati, vento, parametri atmosferici e marini, variabili legate allo stato di contaminazione).

Nel parlare della necessità di realizzare e mantenere nel tempo reti di misura in-situ, ci sono diversi aspetti che occorre segnalare:

1. la presenza di sistemi in-situ è molto importante perché si tratta di dati normalmente di migliore qualità, quindi spesso utilizzati come verità a terra, e questo è molto importante specie se si utilizzano queste osservazioni come confronto con tutte le altre fonti di informazione, ad esempio dati satellitari o dati dal modello, per operazioni di Cal/Val e, in alcuni casi, per l'assimilazione nei modelli (quindi, per la riduzione dell'incertezza associata ai modelli previsionali);
2. I sistemi in-situ sono normalmente molto difficili da mantenere. Sia che si tratti di stazioni meteorologiche in mare sia che si tratti di strumenti di misura oceanografica, questi richiedono frequenti manutenzioni e la loro durata nel tempo è comunque limitata.
3. Non esiste ancora un coordinamento nazionale delle reti in situ, mentre esistono varie iniziative di coordinamento transnazionale (es. EuroGOOS, MONGOOS) che però non sono cogenti ma operano su base volontaria, Questo fa sì che non ci sia ancora una politica condivisa di osservazione dello stato del mare. Ad esempio, alcune zone sembrano sufficientemente coperte da reti di osservazione in-situ che integrano i dati provenienti da altre fonti (satelliti, modelli), mentre altre aree non lo sono affatto, creando di fatto un quadro disomogeneo di conoscenza;
4. Pur essendo così alto il valore dell'informazione raccolta dai sistemi in-situ, molto difficilmente questi dati vengono condivisi ad altri utenti specialmente quando si tratta di osservazioni di campagne di misura che, come sopra riportato, hanno un alto valore scientifico;
5. alcuni parametri di fondamentale importanza sono praticamente mancanti o comunque fortemente lacunosi. Ad esempio non si hanno serie di dati sufficientemente lunghe e accurate relative al vento in mare, che è forse il parametro più importante per la



sicurezza, assieme al moto ondoso e alla visibilità atmosferica, questo perché è oggettivamente difficile misurare i parametri atmosferici in mare e la presenza di anemometri costieri non soddisfa l'esigenza di avere i dati sul mare perché la presenza stessa della terra è molto disturbante.

Sistemi di osservazione in-situ: dove se ne parla nel progetto?

Output: Disegno, implementazione e messa a sistema di servizi per la sicurezza della navigazione

<i>Componente</i>	<i>Attività</i>	<i>Prodotto</i>
<i>T2 – TECNOLOGIE ABILITANTI E RETI DI SORVEGLIANZA PER LA SICUREZZA IN MARE</i>	T2.2 Integrazione e implementazione sistemi di monitoraggio da piattaforma mobile	T2.2.1 T2.2.2 T2.2.3
	T2.3 Integrazione ed implementazione dei sistemi di rilevamento in situ	T2.3.1
	T2.4 Utilizzo di strumenti lagrangiani ai fini della sicurezza in mare	T2.4.1

RADAR MARINI

I sistemi radar ad alta frequenza (HF) per il monitoraggio marino sono strumenti che permettono di misurare, su vaste aree costiere, in continuo, e quasi in tempo reale (*near real time*), in qualsiasi condizione meteorologica e con elevata risoluzione spaziale (1-6 km) e temporale (oraria o, in alcuni casi, più alta), la velocità e la direzione delle correnti marine superficiali e, sebbene con minore efficacia, alcuni parametri del moto ondoso e del vento. I radar HF sono impianti solitamente installati a terra, molto vicino alla linea di costa, che non necessitano di manutenzione frequente e che hanno quindi costi relativamente sostenibili. Le reti di sistemi radar possono essere estese facilmente (almeno dal punto di vista tecnico) mediante l'aggiunta di nuovi radar, fino a coprire aree marine molto vaste. Una conseguenza positiva e non trascurabile di questo aspetto è che tali reti hanno in modo naturale un carattere transfrontaliero che favorisce la cooperazione internazionale. I radar HF sono sistemi complementari agli strumenti in-situ, rispetto



Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ai quali hanno inferiore accuratezza nelle misure, ma il vantaggio di un'ampia copertura spaziale. I dati osservati sono ristretti tipicamente alle zone costiere (con coperture dell'ordine di alcune decine di km dalla costa) e sono complementari quindi anche alle osservazioni satellitari, rispetto alle quali hanno il vantaggio di una risoluzione spazio-temporale molto più elevata. Questi impianti permettono di ottenere dati fondamentali sullo stato e sulla variabilità delle aree marine costiere e, dunque, una migliore comprensione dei processi a mesoscala e sub-mesoscala che le interessano.

La tecnologia dei radar HF si basa sull'emissione di onde elettromagnetiche ad alta frequenza (3-30 MHz, e quindi lunghezza d'onda 100-10 m). Queste onde si propagano nelle acque salate (altamente conduttrici) della superficie marina per lunghe distanze che dipendono innanzitutto dalla frequenza e, poi, da altri fattori come l'ubicazione delle antenne, la loro vicinanza all'acqua, il rumore elettromagnetico presente (nel caso di 12.5 MHz, per esempio, possono arrivare fino a circa 90 km). L'interazione tra le onde elettromagnetiche e le onde marine di gravità che hanno certe determinate lunghezze, dell'ordine di quelle trasmesse, dà luogo ad un segnale riflesso costituito da alcuni picchi (risonanza di Bragg); l'analisi dei picchi del primo e secondo ordine, in particolare, permette di stimare vari parametri relativi allo stato del mare.

In particolare, la velocità radiale (da o verso l'antenna) della corrente in un punto si ricava osservando i picchi del primo ordine, derivanti dalla riflessione dovuta ad onde marine con lunghezza uguale alla metà di quella delle onde elettromagnetiche, e misurando la differenza in frequenza rispetto al segnale emesso (effetto Doppler). Più precisamente in questo modo si ottiene la velocità delle onde che hanno riflesso il segnale. La differenza tra le velocità misurate e quelle teoriche delle onde marine (ottenute mediante la relazione di dispersione in acque profonde) fornisce la velocità della corrente. La posizione (distanza e direzione) del punto di misura si ottiene invece nel modo seguente: la distanza dall'antenna si ricava misurando il ritardo tra il segnale trasmesso e quello riflesso, mentre per la determinazione della direzione vengono solitamente utilizzati algoritmi basati su due metodi distinti, a seconda della tipologia di radar, detti 'direction finding' e 'beam forming'. Normalmente i radar che utilizzano il primo metodo sono quelli di tipo compatto, un esempio è il CODAR SeaSonde; mentre quelli che utilizzano il secondo metodo sono invece di tipo 'phased array', come il WERA. I valori della corrente superficiale ottenuti in questo modo, però, rappresentano solo le componenti radiali, quindi, per ricostruire l'intero campo bidimensionale, sono necessari almeno due sistemi radar.

Le mappe di corrente superficiale rappresentano il prodotto principale dei sistemi radar HF. Oltre a queste, sfruttando le informazioni contenute nella regione dei picchi di segnale del secondo ordine, molto meno evidenti rispetto a quelli del primo ordine, si possono ottenere anche alcuni parametri di moto ondoso. L'analisi dei picchi di primo e secondo ordine permette inoltre una stima della velocità e della direzione del vento, ma gli algoritmi relativi non sono al momento altrettanto affidabili. Sviluppi recenti hanno portato anche all'utilizzo dei dati dei radar HF per il rilevamento degli tsunami (compresi i meteo-tsunami, piuttosto comuni anche nel Mediterraneo). Il principio su cui si basano è che le velocità orbitali delle onde indotte dagli tsunami possono essere rilevate dal radar HF come correnti superficiali che variano lentamente con scale spaziali e temporali caratteristiche. Infine, un ulteriore utilizzo che può essere menzionato, è quello riguardante l'individuazione delle navi (ship detection).



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

La misura e lo studio delle correnti marine superficiali, oltre che, come prodotti secondari, delle onde e del vento, sono molto importanti sia per gli aspetti legati alla sicurezza e sorveglianza marittima, sia per quelli legati alla tutela e salvaguardia dell'ambiente marino e costiero. Questa tecnologia ha quindi molti campi di applicazione. Può essere utilizzata, per esempio, a supporto della sicurezza della navigazione, delle operazioni di ricerca e soccorso in mare (SAR), degli interventi nel caso di sversamento in mare di sostanze inquinanti, dello studio del trasporto di rifiuti marini od oggetti galleggianti, della rilevazione degli tsunami, delle attività ricreative in mare, della pianificazione e gestione costiera, delle applicazioni ingegneristiche in mare e a costa, dell'acquacoltura, dello studio degli ecosistemi e della connettività tra aree marine. Inoltre le mappe di corrente ad alta risoluzione spazio-temporale possono essere utilizzate sia per la validazione dei modelli numerici di circolazione, che per il miglioramento delle loro capacità di ricostruzione e previsione dello stato del mare tramite tecniche di assimilazione. Modelli che a loro volta rappresentano un ulteriore potente strumento per le applicazioni suddette.

Grazie a questa ampia area di impiego, le informazioni ottenute mediante i radar HF hanno molteplici potenziali utilizzatori, come per esempio i fornitori di servizi meteorologici, le agenzie che si occupano di ricerca e soccorso, i governi e le autorità regionali e locali, nonché gli enti pubblici o le società private che studiano gli ecosistemi marini o lavorano nella valutazione della qualità delle acque costiere, nel campo delle energie rinnovabili o di altri servizi ambientali. A fronte di una così ampia possibilità di utilizzo e relativa semplicità tecnica di installazione e manutenzione, l'implementazione, lo sviluppo e la sostenibilità delle reti di radar HF presenta comunque delle criticità. La prima di queste riguarda la difficoltà di individuare luoghi idonei per l'installazione. I vincoli tecnici a cui tali luoghi sono sottoposti sono molteplici. Innanzitutto l'antenna deve essere il più possibile vicina al mare, il sito deve essere dotato di energia elettrica, l'area deve essere priva di interferenze elettromagnetiche che disturbino il segnale (non sempre facili da valutare mediante test preliminari), deve esserci la possibilità di trasmettere i dati (connessione internet o GSM). Oltre a tali vincoli, devono anche essere valutati sia l'impatto ambientale che quello sociale del sistema, soprattutto in aree densamente popolate; ovvero devono spesso essere rispettati vincoli paesaggistici e architettonici e devono essere garantite le condizioni di sicurezza delle persone che potrebbero frequentare l'area (impatto elettromagnetico e rischi di altro genere). Un'altra criticità è la sostenibilità nel tempo di tali impianti. Benché questi sistemi abbiano costi di manutenzione relativamente bassi, specie nel breve e medio termine, con l'estendersi delle reti radar e con il passare del tempo, la necessità di interventi e pezzi di ricambio o aggiornamenti dei sistemi potrebbe diventare non facilmente sostenibile per enti regionali o singoli istituti che non abbiano ben pianificato le spese, coordinato gli sforzi e trovato finanziamenti a lungo termine a livello governativo o internazionale.

In definitiva, per sfruttare nel modo migliore le potenzialità che questi sistemi offrono, è importante delineare quelle che possono essere delle raccomandazioni per gli sviluppi futuri. Tra queste sicuramente la necessità di espandere la rete dei radar HF, di incrementare l'accessibilità e l'interoperabilità dei dati, di estendere le serie temporali, di integrare i dati dei diversi sistemi di monitoraggio, di migliorare gli algoritmi per la stima dei parametri ambientali e per il riempimento dei dati mancanti, di sviluppare le metodologie di assimilazione di dati, di rinforzare i rapporti tra i vari enti che gestiscono reti radar, di individuare fonti di finanziamento a lungo termine.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Per concludere questa panoramica sul funzionamento e l'utilizzo dei radar marini, è il caso di menzionare che i radar HF non sono la sola tipologia di radar utilizzabili per il monitoraggio oceanografico. Un altro strumento utile basato su una tecnologia simile è costituito dai radar in banda X. Questi radar sono tipicamente utilizzati per individuare ostacoli o navi. A tal fine, i segnali riflessi dalla superficie del mare vengono generalmente filtrati poiché considerati un disturbo. Un'analisi opportuna di questi segnali consente invece di ottenere informazioni sui principali parametri caratteristici dello stato del mare, con un raggio di azione di alcuni chilometri (3-5 km), una risoluzione spaziale di qualche metro e una risoluzione temporale di pochi secondi. I radar in banda X possono essere utilizzati per impieghi oceanografici sia da piattaforme mobili (navi) sia da postazioni costiere fisse.

Il funzionamento di questo tipo di radar nelle applicazioni oceanografiche è anch'esso basato sul fenomeno fisico della risonanza di Bragg. In particolare, dato che le onde elettromagnetiche in banda X (8-12.5 GHz) sono lunghe pochi centimetri, queste interagiscono con le increspature generate dal vento (onde capillari) sulla superficie delle onde di gravità. Le onde capillari sull'oceano riflettono infatti l'energia radar, producendo un'immagine "luminosa" nota come clutter di mare (sea clutter). Affinché la superficie dell'acqua sia sufficientemente increspata, però, sono necessarie adeguate condizioni di vento e situazioni meteomarine di una certa intensità. I casi in cui i radar in banda X non riescono a restituire un'adeguata immagine della superficie marina sono purtroppo non infrequenti: includono per esempio stati di mare calmo o con altezze significative di onda sotto una certa soglia (tipicamente 0.7-0.8 m), pioggia sul mare o presenza di onde lunghe in totale assenza di vento. Quando le condizioni per la produzione di un'immagine sono soddisfatte, il segnale di ritorno del radar risulta modulato dalla presenza delle onde di gravità e contiene preziose informazioni sullo stato del mare. Analizzando lo sviluppo spaziale e temporale di queste immagini della superficie marina, si ottengono informazioni su altezza, lunghezza, direzione e periodo delle onde, sulle correnti superficiali, sulla batimetria del fondale e sulla direzione ed intensità del vento. Occorre precisare, però, che il valore assoluto dell'altezza significativa dell'onda non può essere calcolato direttamente dalle immagini dei radar in banda X, ma occorre una calibrazione preliminare ottenuta confrontando i valori stimati di altezza d'onda con misurazioni in-situ indipendenti. Tuttavia l'analisi del segnale del clutter di mare nel dominio in direzione e frequenza, permette di avere un'immagine molto completa delle componenti del moto ondoso su un'area limitata, molto superiore a quella ottenibile da una singola boa (che registra l'oscillazione su un singolo punto) e permette di derivare un'ottima rappresentazione dello spettro di moto ondoso (wave spectrum), fondamentale per moltissime applicazioni legate alla sicurezza (ad esempio, per il rilevamento di stati di mare multimodali che, nel caso in cui siano molto energetici, possono essere molto pericolosi per la navigazione). Insomma, la conoscenza di tali informazioni sullo stato del mare risulta essere utile per molti scopi, come per esempio protezione della costa, sicurezza sia in fase di navigazione che durante le manovre in aree portuali, sicurezza delle piattaforme off-shore, supporto alle operazioni di ricerca e soccorso. Dato che la riflettanza delle onde elettromagnetiche della banda X avviene sulle onde capillari, poiché l'olio sulla superficie del mare smorza alcune di queste onde capillari, la presenza di una chiazza di petrolio può essere rilevata come un mare "scuro" ovvero come un'area in cui il clutter di mare è assente. Questo permette un'ulteriore applicazione dei radar in banda X, per il rilevamento degli sversamenti di idrocarburi direttamente dalla nave, o da radar lungo la costa.



Infine un possibile importante sviluppo riguarda il fatto che i radar di navigazione in banda X sono compatibili con i radar per la misura dello stato del mare. Sono stati concepiti e sperimentati metodi che prevedono l'utilizzo congiunto di un radar di navigazione sia come strumento di ship-detection, sia per il monitoraggio marino (wave radar), in pratica per una frazione di tempo (pochi minuti ogni ora) il segnale del radar di navigazione viene analizzato per misurare lo stato del mare. Questi usi non sono però ancora operativi.

Sistemi di osservazione radar: dove se ne parla nel progetto?

Output: Sistema integrato delle reti ad alta tecnologia per il monitoraggio marino ai fini della sicurezza

Componente	Attività	Prodotto
T2 – TECNOLOGIE ABILITANTI E RETI DI SORVEGLIANZA PER LA SICUREZZA IN MARE	T2.1 Implementazione della rete transfrontaliera di radar meteoceanografici	T2.1.1
		T2.1.2
		T2.1.3

Output: Sistema radar Toscana (I1), Sistema radar Liguria (I2), Sistema radar Sardegna (I3)

Componente	Attività	Prodotto
I1, I2, I3 – INVESTIMENTI	I1.1, I2.1, I3.1 Antenne radar Toscana, Sardegna, Liguria	I1.1.1
		I2.1.1
		I3.1.1

DATI SATELLITARI

I dati satellitari rappresentano oggi la più potente fonte di informazione per descrivere lo stato e l'evoluzione dei sistemi terrestri, per la loro incredibile capacità di monitorare le varie componenti del nostro pianeta (atmosfera, idrosfera, criosfera, ecc.) a varie scale a seconda del tipo di satellite (es. polari o geostazionari).

Esistono alcune limitazioni che limitano la capacità di questi satelliti di raccogliere dati in ogni situazione ambientale (ad esempio, la copertura nuvolosa può limitare la capacità di osservare la superficie del mare). In oltre, per alcuni satelliti, i tempi di rivisitazione (il passaggio da una stessa

zona) sono ancora piuttosto bassi specialmente per applicazioni operative come ad esempio la gestione delle emergenze.

Pur con questi limiti, non si può negare che la gran parte delle scienze della terra abbiano incrementato enormemente la conoscenza dei sistemi terrestri attraverso dati che sono oggi raccolti, elaborati e diffusi, attraverso le agenzie spaziali e importanti centri mondiali.

In Europa, attraverso i servizi Copernicus, questi dati sono distribuiti gratuitamente per varie applicazioni a supporto del monitoraggio ambientale, della sicurezza, della gestione delle emergenze, e quindi disseminati in modo crescente per applicazioni downstream, a valore aggiunto.



La rete radar HF transfrontaliera tra Italia e Francia

L'investimento principale del progetto SICOMAR plus ha riguardato il sostanziale ampliamento e messa a sistema di una rete di radar HF per la misura dello stato del mare, permettendo di aumentare il numero di stazioni radar HF operative sulle coste dell'area transfrontaliera, sia con l'acquisto di nuove unità, sia con il ripristino di unità obsolete. Il risultato di questo investimento è un sistema osservativo operativo che si snoda su 600km di costa, tra il Sud della Toscana e Tolone, in modo pressochè continuo, e con una prima copertura dell'area a nord della Sardegna (Golfo dell'Asinara).

Le stazioni, operanti alle frequenze di 13.5 MHz e 25 MHz, sono posizionate in zone strategiche per la presenza di importanti porti e aree marine protette, in gran parte tra le regioni Toscana e Liguria e in parte minore nella regione Sud PACA, arrivando così a poter monitorare un'area complessiva di oltre 20.000 Km². SICOMAR plus, capitalizzando gli investimenti sulla tecnologia radar HF avviati in seno ai progetti RITMARE, MOMAR, SICOMAR e IMPACT, ha anche consentito di creare una rete tra i diversi Enti gestori dei singoli strumenti, favorendo e promuovendo modelli di gestione condivisa che migliorano la sostenibilità e l'usabilità dell'intero sistema. Grazie questa collaborazione è possibile oggi condividere le conoscenze e le buone pratiche per l'installazione e la gestione degli strumenti, applicare gli standard nella gestione dei dati e creare e distribuire dataset interoperabili per le applicazioni legate alla sicurezza in mare.



Figura 2: attuale copertura della rete radar transfrontaliera tra Italia e Francia



Osservazioni e previsioni

I modelli numerici utilizzati per simulare l'atmosfera e il mare rappresentano una formidabile sorgente di informazioni che richiede però, a monte, una grande esperienza in vari ambiti, dalla fisica dell'atmosfera e del mare, all'analisi numerica, alle competenze strettamente informatiche e di gestione delle risorse hardware e, perché no, ad una sorta di specifica capacità nell'implementare, configurare, settare una serie di parametri fisici o numerici che caratterizzano i modelli che, per certi aspetti, richiede una capacità più artigianale che puramente scientifica o comunque un opportuno mix tra conoscenza teorica ed empirica.

Nell'approcciare la tematica della sicurezza in mare, in particolare durante il progetto, sono stati utilizzati modelli in tanti diversi modi. I modelli hanno una capacità straordinaria di un collegare informazioni su scale spaziali e temporali differenti. A differenza dei dati osservativi, rispetto ai quali sono spesso contrapposti, i dati dei modelli, pur non potendo mai essere assimilabili a dati di verità, sono caratterizzati da una continuità spaziale e temporale delle informazioni fornite su una certa area e su un certo intervallo di tempo che, se opportunamente integrate con un sistema di dati osservati, e attraverso varie tecniche e metodologie, permettono:

- di essere usati come interpolatori fisicamente basati di dati puntuali osservati altrimenti in maniera sparsa;
- di propagare questa informazione nel tempo, permettendo cioè di fare previsioni future a breve e a lungo termine o addirittura, ricostruendo informazioni passate, fornendo una ricostruzione del clima passato o di specifici eventi di interesse.

In base alla capacità di fornire informazioni relative al passato, più o meno prossimo, o al futuro più o meno lontano, si utilizzano dei termini specifici che vale la pena ricordare: analisi, reanalisi, hindcast, forecast, nowcast, proiezione climatica.

Analisi: nei modelli atmosferici o marini corrisponde alla ricostruzione degli ultimi giorni, ad esempio della settimana o dei 10 giorni precedenti. Questa ricostruzione viene normalmente fatta combinando il modello con un certo numero di osservazioni scelte (dati in-situ e satellitari). L'analisi viene normalmente utilizzata per inizializzare i modelli di previsione.

Reanalisi: si tratta della ricostruzione di un periodo passato che può essere anche molto lungo, in ogni caso dipendente dalla disponibilità di osservazioni su un certo periodo (ad esempio 30, 50 o più anni). Normalmente è utilizzata come miglior ricostruzione dello stato dell'atmosfera e del mare di un certo numero di anni del passato, in modo da fornire una climatologia su basi omogenee. Anche la reanalisi si basa sull'utilizzo di algoritmi di *data ingestion*, un esempio sono le serie di dati ERA-Interim o ERA5 di ECMWF.

Hindcast: si tratta di una ricostruzione passata che normalmente utilizza come dati di forzante e/o condizioni iniziali e/o al contorno dati di modelli di analisi o reanalisi, quindi è soprattutto diffusa



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

per simulazioni a scala regionale. Tuttavia non vengono utilizzate altre costrizioni, tipo assimilazione di dati, ma al più i modelli vengono validati a posteriori.

Forecast: è la tradizionale previsione meteorologica o oceanografica di durata normalmente variabile da 24-48 ore fino al massimo a 10-15 giorni. Le previsioni sono caratterizzate in termini di affidabilità, in pratica lo scarto tra la previsione quantitativa di un fenomeno e il fenomeno realmente osservato. L'affidabilità di un modello decade allontanandosi dal tempo di emissione della previsione. Oggi si considerano sufficientemente affidabili i modelli fino a 3-5 giorni dal giorno di emissione della previsione, tuttavia si utilizzano anche i risultati delle previsioni da 5 a 10-15 giorni specialmente se si hanno a disposizione molte run di uno stesso modello (ensemble) da utilizzare soprattutto per comprendere le tendenze a medio termine.

Nowcast: da now, "adesso", sono le previsioni a brevissimo termine o scadenza (entro poche ore) su un particolare territorio d'interesse, diffuse soprattutto in ambito meteorologico. Vanno di pari passo con l'osservazione immediata in tempo reale delle condizioni atmosferiche e marine e fanno uso di strumenti e informazioni meteorologiche opportune quali dati forniti da stazioni meteorologiche, radiosondaggi verticali atmosferici, radar, immagini da satellite. Per applicazioni di nowcasting, piuttosto che risolvere modelli deterministici come nel caso dei modelli di forecast, si sta diffondendo l'utilizzo di modelli basati sull'intelligenza artificiale (machine learning, deep learning).

Proiezione climatica: è la previsione a lunghissimo termine, utilizzata in ambito climatico per prevedere la potenziale evoluzione del sistema clima, in cui atmosfera e oceano sono strettamente accoppiati. In Europa i servizi climatici più importanti sono oggi gestiti dal Copernicus Climate Change Service (C3S).

Le osservazioni e le previsioni, discusse in precedenza, e a cui si legano, rispettivamente, la componente T2 e la componente T3 del progetto SICOMAR Plus, sono intimamente collegate da una serie di esigenze, principalmente legate alla necessità di:

1. interpolare in modo fisicamente consistente le osservazioni misurate in maniera sparse o comunque non continue nello spazio e nel tempo;
2. ridurre l'incertezza delle previsioni. La riduzione dell'incertezza richiede sia il settaggio di alcuni parametri dei modelli per ridurre lo scarto tra simulazioni e osservazioni (calibrazione), sia di verificare a posteriori la qualità dei dati in uscita dai modelli (validazione) sia infine una serie di operazioni finalizzate ad ingerire il contenuto dei dati di osservazione nei modelli, per ridurre errori del modello che si propagano nel tempo, e rendere così più affidabili le previsioni.

Questi concetti sono discussi nei successivi paragrafi.



Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

MODELLI

Per poter fare previsioni sullo stato dell'atmosfera o quello del mare, sia su un arco temporale di alcuni giorni (ovvero effettuare un forecast) sia per periodi più lunghi, come pure per fare simulazioni di periodi passati, sono necessari modelli numerici che permettano di risolvere, con l'aiuto di un calcolatore, la forma discretizzata delle equazioni fondamentali della dinamica dei fluidi in ambito geofisico. Tali modelli sono composti da un insieme di programmi informatici che contengono le istruzioni ed i compiti (algoritmi) che il calcolatore deve svolgere, in un tempo finito, detto tempo di calcolo, per trovare una soluzione approssimata delle equazioni della fluidodinamica.

Le equazioni che descrivono la dinamica dei fluidi geofisici, dette anche primitive, sono equazioni alle derivate parziali e rappresentano matematicamente i principi da cui prendono il nome: l'equazione di conservazione della massa, l'equazione di conservazione della quantità di moto e l'equazione di conservazione dell'energia. Ad esse si aggiungono anche l'equazione di stato del fluido in esame ed ulteriori semplificazioni che permettono di ridurre, ove siano verificate opportune ipotesi, il grado di complessità del sistema (es. approssimazione idrostatica). Si parla di fluidi geofisici poiché nelle equazioni sono considerati anche gli effetti della rotazione terrestre (accelerazione di Coriolis) e le sostanze in esame (aria, acqua salata) hanno caratteristiche e composizione variabili.

La previsione o forecast non è altro che la soluzione approssimata del set di equazioni sopra menzionato, ottenuta a partire da una particolare configurazione iniziale (e condizioni al contorno per modelli che non raggiungono la scala globale), e descrive l'evoluzione temporale e spaziale delle diverse variabili che appaiono nelle equazioni primitive fino ad un certo istante futuro detto tempo di forecast.

Si parla di soluzione approssimata poiché ad oggi non è possibile determinare la soluzione esatta della forma continua del set di equazioni. Si ricorre quindi al calcolo di una loro versione discretizzata per cui il dominio spaziale e temporale su cui le equazioni valgono assume una forma discreta. In base alla tipologia di metodo risolutivo, si parla di differenze finite, volumi finiti, elementi finiti e metodi spettrali.

La necessità di suddividere lo spazio (tempo) in punti o celle di calcolo (Figura 3) porta alla definizione della risoluzione del modello, ovvero una misura del grado di dettaglio impiegato nella discretizzazione delle equazioni: risoluzioni più alte implicano celle più piccole e quindi dettagli maggiori, al costo però di tempi di calcolo potenzialmente molto più lunghi. Inoltre, al processo di discretizzazione consegue l'impossibilità di conoscere la variabilità dell'informazione a scale spaziali (temporali) più piccole della risoluzione adottata, dette anche di "sotto-griglia". Ciò vuol dire che il modello numerico non è in grado di "risolvere" tali scale spaziali (temporali), ovvero non



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

può dare una descrizione della loro evoluzione. Tuttavia, il loro effetto sulla dinamica generale, ovvero quella che il modello numerico è in grado di risolvere, viene tenuto in conto attraverso opportune parametrizzazioni (es. turbolenza; scambi quantità di moto, calore, umidità aria-mare).

I modelli atmosferici sono alla base delle previsioni meteorologiche. Le variabili prognostiche (variabili che hanno una esplicita dipendenza dal tempo nel sistema di equazioni alle derivate parziali) sono generalmente le velocità orizzontali dell'aria u e v (quella verticale w se il modello non è idrostatico), la temperatura (potenziale) e l'umidità dell'aria. Tuttavia, nella pratica, queste possono variare in base alla tipologia di modello e tecnica risolutiva, ad esempio per il IFS (Integrated Forecasting System) dell'ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecast) queste sono temperatura, divergenza e vorticità, umidità, pressione superficiale, nuvolosità e precipitazione.

L'orizzonte temporale della previsione è strettamente legato alla risoluzione del modello e tende ad accorciarsi a mano a mano che la risoluzione incrementa (vedi paragrafo su Incertezza). In base a questo i modelli si possono suddividere in modelli globali (GM) e modelli ad area limitata (LAM): i primi considerano tutta l'atmosfera terrestre mentre i secondi, generalmente a risoluzioni maggiori, si concentrano su porzioni limitate di territorio. Per dare una idea, il modello globale IFS dell'ECMWF ha una risoluzione orizzontale dell'ordine di 9-10 km ($\approx 0.1^\circ$), 137 livelli verticali e un tempo di forecast di 10 giorni, mentre il GFS (Global Forecast System) modello americano operato dal NCEP-NOAA (National Centers for Environmental Information – National Oceanic and Atmospheric Administration) ha una risoluzione orizzontale di 0.25° ed un tempo di forecast di circa 16 giorni. Modelli ad area limitata come quelli operativi presso il consorzio LaMMA hanno risoluzioni che variano dai 7 km ai 2.5 km e range di forecast tra i 5 ed i 3 giorni. Anche altri partner del progetto (ARPAL, Università di Toulon, Università di Genova, ARPAS, CNR) girano essi stessi modelli di previsione atmosferica, non necessariamente per necessità di previsione operativa.

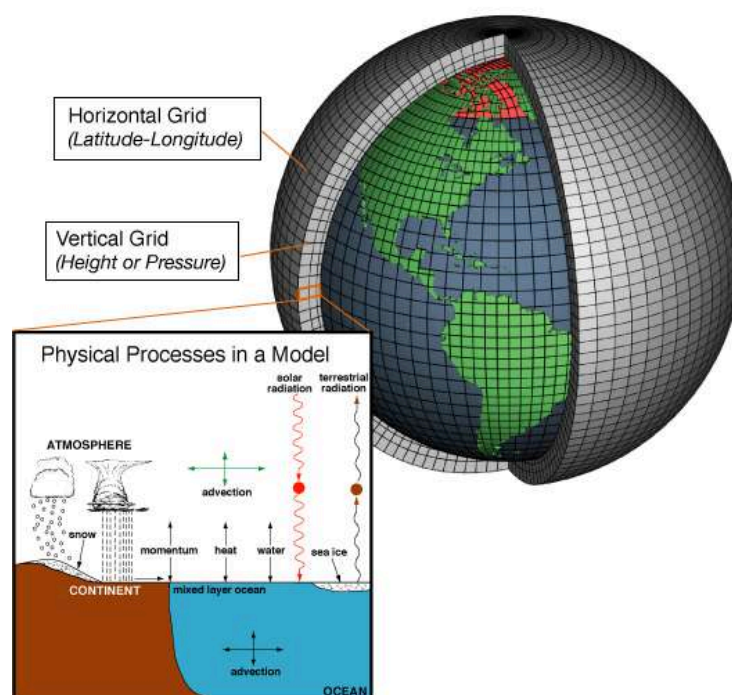


Figura 3: Schema esemplificativo della discretizzazione dell'atmosfera effettuata in un modello numerico e sketch dei processi fisici considerati (fonte <https://www.noaa.gov>).

Le previsioni possono essere effettuate anche in ambito marino e possono riguardare sia le grandezze oceanografiche quali correnti, temperatura e salinità, sia il cosiddetto “stato del mare”, ovvero altezza, direzione e periodo delle onde superficiali da vento.

I modelli oceanografici si basano anch'essi sulle equazioni di conservazione della massa, della quantità di moto, dell'energia e sull'equazione di stato per l'acqua salata, che lega tra loro salinità, temperatura e densità. Inoltre, ove possibile, possono essere assunte come valide delle ipotesi semplificative. L'approssimazione di Boussinesq assume che le variazioni di densità siano piccole rispetto al valore assoluto della densità del fluido, permettendo di trascurare gli effetti di tali variazioni su tutti i termini delle equazioni di continuità (fluido incompressibile) e del moto, eccetto che per il termine in cui la densità moltiplica l'accelerazione gravitazionale. L'approssimazione idrostatica permette invece di trascurare le accelerazioni verticali rispetto all'accelerazione di gravità e semplifica la componente verticale dell'equazione di conservazione della quantità di moto. Per evitare di risolvere le scale del moto fino a scale microscopiche, si assume che la velocità sia costituita da una parte media ed una fluttuante (turbolenta) e che le equazioni siano mediate su scale temporali ridotte (Reynolds Averaged Navier-Stokes Equations – RANS). Questo porta alla derivazione di termini addizionali detti sforzi di Reynolds, che descrivono la diffusione di quantità di moto nel fluido e sono determinati attraverso opportuni modelli di chiusura per il calcolo dei coefficienti di diffusività turbolenta.

Velocità orizzontali, temperatura e salinità sono le variabili prognostiche. Densità, velocità verticale (nei modelli non idrostatici) e livello del mare sono dette variabili diagnostiche e si ricavano da equazioni addizionali (es. equazione di stato). Tali grandezze rappresentano, ad esempio, l'output



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

del modello oceanografico operativo in esercizio presso il Consorzio LaMMA, il quale ha una risoluzione orizzontale di 1.4 km e forecast fino a 5 giorni.

Lo “stato del mare”, che raccoglie le informazioni su altezza, periodo e direzione delle onde da vento, può essere ottenuto da modelli che descrivono tale dinamica in senso spettrale, ovvero restituendo uno spettro energetico in funzione della frequenza e direzione dei treni d’onda, o da modelli che risolvono le variazioni della superficie libera onda per onda.

I primi sono dedicati a scale spaziali e temporali ampie che vanno dall’intero globo, fino ad aree dell’ordine del km (con risoluzione massima dell’ordine delle decine di metri) e range temporali variabili tra anni e giorni. Sono detti modelli di moto ondoso mediati sulla fase (phase-averaged) e si basano sull’equazione di bilancio per l’azione d’onda, la quale, a differenza dell’energia, si conserva in presenza di correnti. Presso i partner del progetto sono operativi diversi modelli che forniscono forecast che variano dai 3 ai 7 gg con griglie, strutturate o anche non strutturate, a diverse risoluzioni.

I secondi vengono utilizzati a scala costiera e per singole mareggiate o parti di queste data la maggiore risoluzione spaziale richiesta (risoluzione minima dell’ordine dei 5 m) e sono detti modelli che risolvono la fase (phase-resolving). Questi ultimi sono utilizzati tuttavia sono in applicazioni molto particolari, ad esempio nello studio dell’agitazione portuale, o nella valutazione dell’impatto delle mareggiate sulla costa e le infrastrutture costiere, ma quasi mai in *near real-time* e in maniera operativa.

SISTEMI PREVISIONALI

L’obiettivo dei sistemi previsionali operativi è quello di fornire giornalmente previsioni meteorologiche e/o oceanografiche che le persone possono utilizzare per prendere decisioni. Queste vanno dalle semplici scelte del privato cittadino fino a decisioni riguardanti interessi strategici come la messa in moto da parte delle istituzioni di sistemi di allerta e prevenzione del rischio.

Un sistema previsionale è costituito da una catena operativa implementata sui calcolatori dell’ente gestore, per cui, in automatico, a prefissati orari della giornata, una serie di strumenti informatici verificano la presenza di dati e li manipolano per creare gli input per il lancio del forecast, lanciano il forecast e, una volta completato, effettuano il post processing dei dati. L’esito di ciascun passaggio della procedura viene registrato in file di “log” in modo da poter ricontrollare la catena degli eventi e, in caso di errori o malfunzionamenti, individuarne tempestivamente la causa.

Un aspetto dei sistemi previsionali ad area limitata (LAM), che quindi si concentrano su una porzione di territorio e/o di mare, è la necessità di utilizzare condizioni al contorno (e le condizioni iniziali a seconda della catena operativa implementata) per l’integrazione del forecast che



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

provengono da modelli globali o a più ampia scala. è quindi fondamentale il passaggio di verifica della disponibilità e scaricamento dei dati dai server delle strutture che li forniscono (es. da ECMWF).

Il corretto funzionamento della catena operativa non esaurisce tuttavia l'obiettivo del sistema previsionale. E' infatti necessario che i risultati dei modelli, insieme alle informazioni raccolte in tempo reale dalla rete osservativa, siano vagliati ed interpretati da esperti (previsori) al fine di produrre una previsione che sia interpretabile dagli utenti del servizio. Possono infatti sussistere particolari condizioni per cui i modelli restituiscono risultati con un maggiore grado di incertezza (vedi il successivo paragrafo sull'Incertezza), in queste situazioni sono infatti strettamente necessarie l'interpretazione e l'esperienza dell'esperto. è inoltre auspicabile la sistematizzazione della verifica, poggiata su criteri oggettivi, organizzando un confronto sistematico tra osservazioni e previsioni sulla base di indicatori statistici quali errore (RMSE), correlazione, deviazione standard.

Le previsioni vengono emesse tramite "bollettini" che contengono un sommario riassuntivo delle informazioni associate a ciascuna previsione, quali temperature attese e anomalie rispetto ai valori medi, copertura nuvolosa, probabilità di pioggia, pressione alla superficie terrestre, immagini satellitari. Ad esse sono associate anche mappe dinamiche costruite dall'output dei modelli per le variabili principali, sia per i forecast atmosferici, sia per quelli oceanografici, sia per quelli sullo stato del mare.

Nei sistemi basati su modelli ad area limitata difficilmente vengono implementate procedure automatiche per la riduzione dell'incertezza, sia per la difficoltà tecnica, sia perché va attentamente studiata la disponibilità di reti di osservazione locale che aggiungono informazioni fondamentali.

A livello di affidabilità del servizio, non sono poi infrequenti i casi in cui ci sono malfunzionamenti dovuti, ad esempio, ad interruzioni della corrente elettrica, indisponibilità della rete internet, o altri fattori che possono limitare il funzionamento del servizio o l'esposizione verso l'esterno dei servizi collegati (bollettini, dati). Tra questi malfunzionamenti, vanno inseriti anche quelli per cui non sono disponibili i dati dei servizi globali che forniscono le condizioni iniziali e al contorno per i modelli ad area limitata. Una strategia per aumentare l'affidabilità del servizio può essere quella di realizzare catene operative ridondanti, che attingono dati globali da modelli diversi, e che girano in parallelo procedure diverse, per ridurre il rischio che una delle procedure non vada a buon fine. Una certa ridondanza nelle catene operative e nei modelli è inoltre utile perché, il confronto fra più modelli o configurazioni diverse di uno stesso modello permette ai previsori di disporre di una gamma più ampia di indicazioni, da cui trarre conferme o dedurre possibili situazioni alternative.

INCERTEZZA



Incertezza e predicibilità associate ad un sistema dinamico sono due grandezze fortemente correlate per cui all'aumentare dell'una l'altra tende a diminuire e viceversa. Con predicibilità si intende la misura di quanto è possibile conoscere l'evoluzione futura del sistema in base a certe condizioni iniziali. L'incertezza è invece una misura dell'affidabilità della previsione in esame. Essendo l'atmosfera ed il mare due sistemi dinamici che per di più interagiscono, il problema della possibilità di effettuare previsioni sul loro stato e di misurarne l'affidabilità è tuttora argomento di ricerca.

I primi studi sulla predicibilità dei sistemi dinamici, che avrebbero poi gettato le fondamenta per la moderna Meteorologia, furono effettuati da Edward Norton Lorenz tra gli anni '50 e '60. Egli fu il primo a mostrare come alcuni sistemi dinamici non lineari, anche relativamente semplici, posseggono delle caratteristiche per cui la minima variazione sulle condizioni iniziali porta ad evoluzioni delle soluzioni che divergono rapidamente ed esponenzialmente. Inoltre evidenziò come alcuni sistemi, caratterizzati da scale spaziali e temporali dei fenomeni che variano su diversi ordini di grandezza, siano per loro natura imprevedibili oltre un certo range temporale finito.

Tale propensione alla divergenza delle soluzioni a partire da un insieme di condizioni iniziali vicine tra loro non è necessariamente la norma. Lo stesso Lorenz mostrava che alcune condizioni iniziali (ovvero alcuni stati del sistema) possono produrre delle soluzioni che non divergono in maniera significativa. In Figura 4 sono riportate tre diverse casistiche di evoluzione delle soluzioni del sistema di equazioni di Lorenz per condizioni iniziali scelte al variare dello stato del sistema: in alto a sinistra è riportato il caso in cui traiettorie vicine rimangono tali, in alto a destra una situazione in cui la vicinanza delle traiettorie sussiste per un tempo limitato; in basso a sinistra il caso in cui le traiettorie tendono a divergere rapidamente.

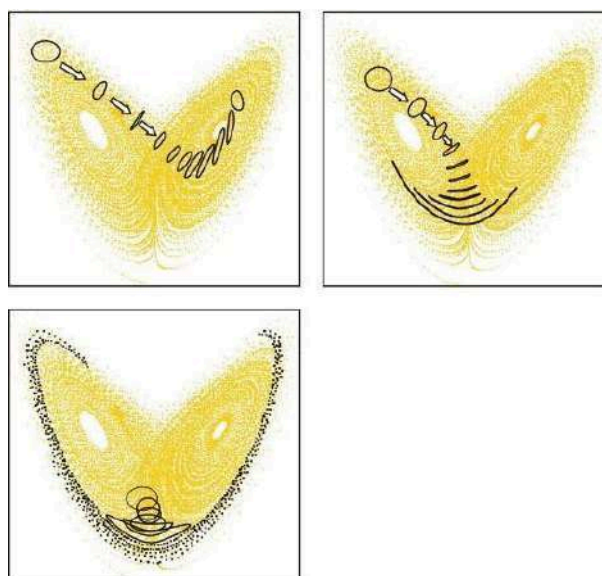


Figura 4: Evoluzione di soluzioni delle equazioni di Lorenz per diversi set di condizioni iniziali (immagine tratta da <https://www.ecmwf.int>).



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

La propensione all'impredicibilità è quindi una caratteristica dello specifico stato del sistema in esame. Questo si ripercuote in senso pratico sull'affidabilità delle previsioni meteorologiche che vengono effettuate quotidianamente: alcune particolari situazioni permettono di effettuare previsioni più sicure, mentre altre portano necessariamente ad avere maggiore incertezza, proprio perché piccoli errori sulle condizioni iniziali conducono ad una evoluzione del sistema completamente diversa da quella reale.

Risulta quindi necessario, da un lato cercare di avere informazioni il più possibili accurate sulle condizioni iniziali e dall'altro assegnare una stima di affidabilità alle previsioni così ottenute.

La riduzione dell'incertezza sulle condizioni iniziali può essere perseguita attraverso l' "ingestione" delle osservazioni nei modelli numerici. Ad oggi, specialmente in ambito atmosferico, un enorme ammontare di dati viene reso disponibile soprattutto dai satelliti, ma anche da altre tipologie di strumenti a terra e non. La procedura che consente di incorporare le informazioni derivate da osservazioni all'interno dello stato del modello, aumentandone quindi la rappresentatività verso lo stato reale del sistema (true-state) è denominata Data Assimilation (DA; si veda il successivo paragrafo su Integrazione).

Per misurare l'incertezza si ricorre invece al calcolo delle probabilità. Ad oggi infatti le previsioni meteorologiche vengono generalmente accompagnate da una probabilità di accadimento. Per calcolare queste probabilità, viene effettuato un insieme di simulazioni detto ensemble, che differiscono tra loro per specifiche perturbazioni delle condizioni iniziali. Si attribuisce quindi una distribuzione di probabilità alle condizioni iniziali e si determina una distribuzione di probabilità anche alla previsione (ensemble forecast).

Le perturbazioni che vengono aggiunte alle condizioni iniziali per la creazione dell'ensemble non sono tuttavia scelte in maniera random, sono invece determinate attraverso i vettori singolari (Singular Value Decomposition SVD) del sistema, i quali rappresentano le perturbazioni che hanno una rapidità di crescita maggiore rispetto alle altre, entro una specifica finestra temporale, permettendo quindi di esplorare le traiettorie evolutive che tendono maggiormente a poter propagare errori.

Una ulteriore proposta per la riduzione dell'incertezza può valutare la possibilità di incrementare la risoluzione del modello numerico. Tale aspetto permette da un lato di risolvere scale del moto sempre più piccole e potenzialmente ridurre la necessità di parametrizzare i processi di sottogriglia, dall'altro può portare ad una riduzione del range temporale di forecast per il maggior numero di interazioni che sussistono tra le diverse scale del moto, aumentando così i gradi di libertà del sistema.

Tutte le procedure tese a ridurre o quantificare l'incertezza, che possono essere impiegate anche contemporaneamente come per l'EDA (Ensemble of Data Assimilation) presso l'ECMWF, richiedono tuttavia un incremento significativo del costo computazionale e devono quindi essere scelte bilanciando tra benefici, costi aggiuntivi e disponibilità di risorse da parte della struttura.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

INTEGRAZIONE

L'integrazione delle osservazioni all'interno dei modelli numerici può avvenire attraverso diverse tecniche numeriche che variano in base al grado di complessità e dei risultati ottenibili. L'idea che sta alla base delle tecniche di assimilazione dati è quella di utilizzare in modo "ottimale" sia le informazioni contenute nella simulazione di partenza (chiamata anche soluzione di background), sia quelle contenute nelle osservazioni disponibili, al fine di ottenere uno stato del sistema che sia il più vicino possibile allo stato reale (true-state), da cui poi lanciare un forecast. Si tratta quindi di cercare di ridurre l'incertezza sulle condizioni iniziali posto che siano note le stime degli errori sullo stato di background e sulle osservazioni.

Il termine ottimale viene utilizzato poiché l'output delle procedure di assimilazione è la determinazione di un nuovo stato, ovvero quella che chiamiamo analisi. I metodi variazionali raggiungono questo risultato attraverso la procedura di minimizzazione (massimizzazione) di uno specifico funzionale detto funzione di costo. La funzione di costo è generalmente definita come la somma degli scarti quadratici tra background ed analisi e tra osservazioni ed analisi, ciascuno pesato sui rispettivi errori (più specificatamente rispetto alle matrici di covarianza degli errori di background e delle osservazioni). Questo permette di ricercare una soluzione (analisi) che sia il più possibile vicina al background e alle osservazioni in maniera inversamente proporzionale agli errori ad essi associati. Inoltre, l'informazione sulle osservazioni, che risulta sparsa e scarsa rispetto allo spazio coperto dallo stato del sistema, viene propagata ed estesa anche a punti non interessati dalla rete osservativa.

Tra i principali metodi di assimilazione dati figurano: l'Optimal Interpolation (OI), la 3-dimensional Variational Assimilation (3DVAR) ed il suo analogo 4-dimensionale (4DVAR), ed il Filtro di Kalman (KF).

L'OI e la 3DVAR si concentrano su un solo istante temporale, ciò significa che le osservazioni assimilate vengono considerate contemporanee all'istante in cui è disponibile il background e quindi l'analisi. Un ulteriore avanzamento è conseguito attraverso la 4DVAR. In questo caso le osservazioni sono assimilate lungo una finestra temporale, dell'ordine delle ore o giorni a seconda che il modello sia atmosferico o oceanografico, e l'analisi corrisponde ad una traiettoria evolutiva del sistema che cerca di allontanarsi dal background avvicinandosi alle osservazioni, tanto più quanto queste sono affette da errori bassi. La finestra di assimilazione corrisponde ad un intervallo temporale che va da uno specifico istante nel passato fino all'istante di lancio del forecast. La condizione iniziale di lancio del forecast (ovvero l'istante finale dell'analisi) avrà a questo punto incamerato le informazioni disponibili anche in tempi passati.

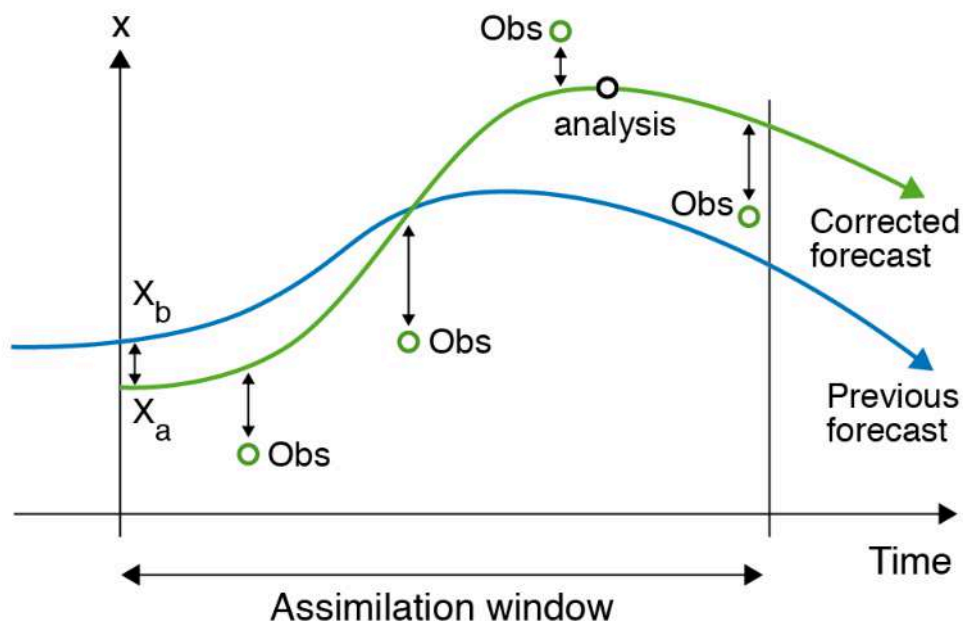


Figura 5: Sketch che rappresenta concettualmente l'assimilazione dati. In blu è rappresentato lo stato di background ed in verde l'analisi ed il successivo forecast, oltre la finestra di assimilazione. I cerchi verdi rappresentano le osservazioni (immagine tratta da <https://www.ecmwf.int>).

In Figura 5 è riportato uno schema semplificato per illustrare il funzionamento della 4DVAR, per cui l'analisi (traiettoria in verde fino all'inizio del forecast) risulta "da qualche parte" tra le osservazioni (cerchi verdi) e la traiettoria di background (linea blu). In figura l'analisi è rappresentata da un cerchio nero che rappresenta l'istante a cui viene lanciato il successivo forecast (esiste tuttora un abuso di terminologia per cui con analisi si intende sia la traiettoria del sistema corretta a seguito dell'assimilazione sia l'istante da utilizzare come condizione iniziale per il forecast). Se volessimo considerare la 3DVAR, dovremmo concentrarci soltanto sull'istante iniziale e la finestra di assimilazione si ridurrebbe ad un singolo tempo.

In ambito oceanografico sono molteplici le osservazioni che possono essere assimilate all'interno dei modelli numerici, e che sono state descritte nei paragrafi precedenti. Tutte queste osservazioni possono concorrere, attraverso le procedure di assimilazione, a ridurre significativamente l'incertezza delle previsioni.



Sistemi integrati di previsione a ridotta incertezza dove se ne parla nel progetto?

Output: Implementazione sistemi integrati di previsione per la sicurezza della navigazione

<i>Componente</i>	Attività	Prodotto
<i>T3 – SISTEMI INTEGRATI DI PREVISIONE PER LA RIDUZIONE DEI RISCHI LEGATI ALLA NAVIGAZIONE</i>	T3.1 Riduzione dell'incertezza dei sistemi di previsione della circolazione marina	T3.1.1
	T3.2 Modelli previsionali meteomarini a ridotta incertezza	T3.1.2



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Monitoraggio dell'ambiente marino e costiero

La navigazione costituisce una delle più importanti pressioni antropiche sull'ambiente marino, anche indipendentemente dalle conseguenze degli incidenti in mare. Questi ultimi, quando si verificano, per quanto rari, hanno un impatto enorme, specie nel caso in cui siano associati a perdite in mare di merci e sostanze pericolose, quali ad esempio idrocarburi e altre sostanze tossiche per l'ambiente. È in ogni caso necessario affiancare, al monitoraggio dell'ambiente marino fisico e chimico, un monitoraggio delle componenti biologiche ed ecosistemiche dell'ambiente, e del suo stato di contaminazione, per molteplici scopi che comprendono:

1. la valutazione dello stato biologico ed ecosistemico nel tempo, per valutare i cambiamenti legati a fenomeni quali l'inquinamento, l'acidificazione, l'innalzamento della temperatura dei mari;
2. la stima della vulnerabilità dell'ambiente marino a costiero per la mappatura dei rischi ambientali su cui fondare possibili politiche di riduzione del rischio.

IMPATTO DELLA NAVIGAZIONE SU SPECIE ED ECOSISTEMI MARINI

La navigazione, che si tratti di imbarcazioni da diporto o grandi navi, insieme alle attività associate e alle infrastrutture di supporto, presenta potenziali impatti ambientali che si ripercuotono sugli ecosistemi e gli organismi marini. Tali impatti includono cambiamenti fisici sul fondale a livello di substrato e habitat causati da ancoraggio e ormeggio come anche incagli di navi; alterazioni delle proprietà fisico-chimiche della colonna d'acqua e del biota acquatico attraverso l'applicazione di antifouling, scarichi operativi e accidentali (acque di zavorra e di sentina, idrocarburi, rifiuti e liquami), collisioni con la fauna ad altri danni (Byrnes, et al., 2020). L'impatto ambientale del trasporto marittimo sull'ambiente marino si manifesta a diversi livelli, tra i quali possono verificarsi, oltre all'inquinamento atmosferico, emissioni di gas serra, rilascio di acqua di zavorra contenente specie marine invasive e/o aliene, l'uso di antifouling, sversamenti di petrolio e prodotti chimici, rilascio di rifiuti (marine litter) tra cui anche plastica, rumore subacqueo. Circa il 90% del commercio mondiale viene trasportato via mare: ogni anno, le navi portacontainer che solcano gli oceani emettono nell'aria circa 1 miliardo di tonnellate di anidride carbonica, che rappresenta circa il 3-3% di tutte le emissioni di gas serra.

Secondo il European Environment Agency, per quel che riguarda le emissioni totali di gas a effetto serra, nel 2018 il 13,5 % di questi proviene, nell'UE, dal settore del trasporto marittimo. Anche se si tratta di quantità inferiori rispetto a quelle prodotte dal trasporto su strada (71 %) e leggermente al di sotto di quelle generate dall'aviazione (14,4 %), poiché il 40 % circa della popolazione dell'UE abita entro 50 chilometri dal mare, le emissioni nell'atmosfera provocate dalle navi sono causa di particolare preoccupazione per queste comunità. Al pari di altri mezzi di trasporto, le navi



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

emettono sostanze tra cui ossidi di zolfo (SO_x), ossidi di azoto (NO_x) e particolato (PM) che possono incidere anche sulla salute umana.

I container dispersi costituiscono una fonte di rifiuti marini; a seconda delle condizioni del mare nel momento in cui vengono perduti, possono rimanere intatti nell'acqua oppure rilasciare una parte o la totalità del loro contenuto. Le stime relative alla percentuale dei rifiuti totali rilasciati dai container persi in mare sono comunque considerate basse e trascurabili nell'UE, con una media di 268 container perduti all'anno su 226 milioni di container trasportati in tutto il mondo.

Tra i danni che il trasporto marittimo provoca, l'inquinamento acustico sottomarino causato dai motori e dalle eliche delle navi può causare la perdita dell'udito e mutamenti comportamentali negli animali marini. Tra il 2014 e il 2019 l'energia acustica sottomarina totale irradiata e accumulata nelle acque dell'UE è più che raddoppiata. Il numero di imbarcazioni marine è dunque in aumento, da quelle private nelle zone costiere alle navi commerciali che attraversano gli oceani. Un concomitante aumento del rumore subacqueo è stato segnalato in diverse regioni del mondo. Dato l'importante ruolo svolto dal suono nelle funzioni vitali dei mammiferi marini, la ricerca sui potenziali effetti del rumore delle navi è cresciuta, in particolare negli ultimi anni. Il potenziale impatto del rumore delle moto d'acqua sui mammiferi marini è considerevole. Effetti importanti sono ad esempio quelli relativi alle piccole imbarcazioni che colpiscono i delfini nelle zone costiere o le grandi navi commerciali che colpiscono specie minacciate. Le ragioni di queste combinazioni specifiche di tipo di nave e specie includono la sovrapposizione spazio-temporale in presenza. (Erbe et al., 2019)

Per quel che riguarda l'introduzione di specie non indigene, queste possono invadere nuovi habitat aderendo agli scafi delle imbarcazioni quando queste si muovono da un porto all'altro o attraverso l'acqua di zavorra delle navi, che viene imbarcata in un porto e rilasciata nel luogo di destinazione. Dal 1949 il settore del trasporto marittimo è il principale responsabile dell'introduzione di specie non indigene nei mari dell'UE (con 51 specie ad alto impatto, ossia quasi il 50 % del totale). Ad esempio, secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2019), dall'inizio degli anni '80, la presenza di fioriture algali nocive è aumentata nelle aree costiere in conseguenza al riscaldamento, alla deossigenazione e all'eutrofizzazione, a seconda della risposta specie-specifica agli effetti interattivi del cambiamento climatico e di altri fattori antropici.

Da notare anche che le imbarcazioni da diporto possono provocare danni agli ecosistemi costieri, come nel caso degli ancoraggi che per trascinamento danneggiano le praterie di Posidonia oceanica, e questo ha un impatto importante dato che i temi di crescita di questa fanerogama marine sono di 1 m al secolo (Milazzo et al, 2004).

Negli ultimi 30 anni la quantità di petrolio trasportato in mare è aumentata costantemente. Tra il 2010 e il 2019, su 44 sversamenti di petrolio di media entità (ossia sversamenti di un quantitativo di petrolio compreso tra 7 e 700 tonnellate), cinque sono avvenuti nei mari europei; nello stesso periodo, nell'UE si sono verificate tre maree nere di grande entità (superiori a 700 tonnellate di petrolio) su 18 in tutto. La tendenza è simile per gli sversamenti di petrolio di piccola entità (inferiori a 7 tonnellate), quasi sempre volontari. Nel 2019, tramite il monitoraggio satellitare, sono



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

stati individuati in tutto 7939 sversamenti possibili di questo tipo nelle acque dell'UE, che sono stati confermati nel 42 % dei casi, trattandosi di scarichi di varie dimensioni. Gli sversamenti di idrocarburi hanno ovviamente effetti molto negativi su vari organismi marini. Ad esempio per quel che riguarda gli uccelli marini; l'esposizione alle sostanze tossiche può derivare dalla ingestione, inalazione o lubrificazione delle uova (King, 2021). Gli sversamenti di petrolio possono avere effetti negativi anche sui mammiferi marini, nonostante molte specie di cetacei abitino in mare aperto e si muovano entro aree molto ampie, e il loro contatto con uno sversamento di petrolio possa essere relativamente breve, alcune specie hanno requisiti di habitat molto definiti per l'alimentazione e/o la riproduzione e si spostano ogni anno tra luoghi specifici, fatto che li rende particolarmente vulnerabili a sostanze chimiche che si possono concentrare in tali siti (Roger et al, 2014). L'esposizione della fanerogama marina Posidonia oceanica agli oil spil, genera danni a livello dei germogli, come si è potuto osservare in seguito all'incidente della petroliera "Haven" nel 1991. In Liguria, nelle praterie di Posidonia colpite dal conseguente sversamento non è stato riscontrato alcun rizoma più vecchio di 8 anni, a conferma della mortalità dei germogli indotta dall'evento. (Peirano et al, 2005). Anche l'acquacoltura risente negativamente degli effetti degli idrocarburi, come si è osservato in esperimenti di laboratorio in cui sono stati imitati gli eventi di inquinamento su *Mytilus galloprovincialis*: si sono dimostrati effetti letali da parte di tutti i composti chimici utilizzati per i test (piombo, Idrocarburi policiclici Aromatici).

Il numero di collisioni tra navi e cetacei è notevolmente aumentato a livello mondiale dagli anni '50. Negli ultimi decenni, con la continua crescita del traffico marittimo e l'aumento della velocità media di viaggio delle navi, questo è diventato un problema importante. In alcune aree il problema delle collisioni mette a rischio per alcuni cetacei la sopravvivenza a livello di popolazione o specie. Le collisioni hanno anche implicazioni per il benessere dei cetacei e per la sicurezza umana (Ritter et al., 2019).

Anche il problema del marine litter, in particolare della plastica, è connesso al traffico navale, in particolare alle imbarcazioni da pesca. Secondo studi recenti, una fonte importante di rifiuti di plastica in mare, le reti da pesca sintetiche, è costituita infatti proprio dalle imbarcazioni da pesca. Secondo uno studio recente, osservazioni da satellite dell'attività dei pescherecci abbinate a modelli matematici relativi alla pesca, hanno generato una stima per il funzionamento e la dispersione degli attrezzi in tutto il mondo per l'anno 2018. Stimando che la pesca industriale con reti a strascico, ciancioli e palangari pelagici abbia utilizzato 2,1 Mt di attrezzi di plastica per ottenere 49,7 Mt di pesca, che rappresentano il 74% della pesca marina industriale a livello globale, la stima mediana per gli attrezzi in plastica persi durante l'uso di questi tipi di attrezzi è di 48,4 kt (Kuczynski et al, 2022)

IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO DI SPECIE ED ECOSISTEMI MARINI: LA LEGISLAZIONE



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Il termine biodiversità si riferisce alla varietà dei milioni di piante, animali e microrganismi, i geni che essi contengono, i complessi ecosistemi che essi costituiscono nella biosfera. Tale varietà non si riferisce solo alla forma e alla struttura degli esseri viventi, ma include anche la diversità intesa come abbondanza, distribuzione e interazione tra le diverse componenti del sistema. In altre parole, all'interno degli ecosistemi convivono ed interagiscono fra loro sia gli esseri viventi sia le componenti fisiche ed inorganiche, influenzandosi reciprocamente. All'interno degli ecosistemi dunque le specie interagiscono tra loro e con il loro ambiente: questo crea equilibri delicati, la cui perturbazione può avere effetti in cascata molto pesanti, come ad esempio nel caso degli impatti della pesca sulle reti trofiche negli ecosistemi marini. Perciò gli ecosistemi con tutte le loro componenti viventi e non viventi devono essere conservati, e questo può avvenire solo nel luogo fisico in cui esistono. Infatti, mentre una specie in via di estinzione può essere trasferita in un ambiente ricostruito per conservarla, non è possibile spostare interi ecosistemi. Inoltre, benché le azioni di governance si concentrino sulle specie minacciate, le alterazioni a livello delle specie comuni e diffuse possono influenzare il funzionamento degli ecosistemi, dunque il percorso da fare è ancora lungo.

La protezione e conservazione di specie ed ecosistemi passa anche attraverso la Lista rossa delle specie minacciate e la Lista Rossa degli Ecosistemi, entrambe istituite dalla IUCN (Unione internazionale per la conservazione della natura). Entrambe le liste sono in evoluzione e stanno diventando la fonte di informazioni più completa al mondo sullo stato di rischio di estinzione globale di specie animali, fungine e vegetali. Esse costituiscono uno strumento per osservare i sintomi del declino - perdita di area e funzione dell'ecosistema - ma anche alle cause di esso. Questo è estremamente utile nella gestione degli ecosistemi e delle specie. Attiva da 50 anni, la Lista Rossa IUCN è il più completo inventario del rischio di estinzione delle specie a livello globale. Si basa su un sistema di categorie e criteri quantitativi e scientificamente rigorosi, la cui ultima versione risale al 2001. Queste categorie e criteri, applicabili a tutte le specie viventi a eccezione dei microrganismi, rappresentano lo standard mondiale per la valutazione del rischio di estinzione. Dal 1950, gli esseri umani hanno modificato gli ecosistemi a un ritmo più veloce che in qualsiasi altro periodo della storia. Pertanto, è necessario che le politiche pubbliche abbiano solide basi per arginare o ridurre queste perdite. Tuttavia, gli sforzi per monitorare lo stato degli ecosistemi sono stati ostacolati dalla mancanza di un quadro scientifico univoco per identificare quali di questi ecosistemi avevano maggiori probabilità di scomparire. Dal 2008 esiste uno standard globale per la valutazione del rischio dell'ecosistema, che ha permesso all'IUCN di porre le basi per la Lista rossa degli ecosistemi (RLE), uno strumento chiave, poiché consente di affrontare diversi aspetti della politica pubblica da una prospettiva globale e nazionale e aiuta i paesi a raggiungere gli obiettivi di conservazione internazionali. L'applicazione congiunta dell'RLE con altri prodotti della conoscenza dell'IUCN offre un'opportunità unica per la pianificazione della conservazione. Dunque un monitoraggio completo prevede azioni sia sulle singole specie che sugli ecosistemi.

A livello dell'Unione Europea, il monitoraggio delle specie a rischio e degli ecosistemi marini è regolamentato da direttive specificamente dedicate. In particolare, la Direttiva "Marine Strategy" 2008/56/CE (Marine Strategy Framework Directive-MSFD) del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 17 giugno 2008, istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

l'ambiente marino. Essa integra le normative precedenti (Water Framework Directive 2000/60/CE, Convenzione di Århus, Direttiva Uccelli selvatici 2009/147/CE, Direttiva 92/43/CEE "Habitat", Direttiva 79/409/CEE "Uccelli"). La MSFD, insieme alle direttive Habitat e Uccelli, garantisce un robusto quadro politico e giuridico per l'adempimento degli impegni internazionali relativi alla protezione della biodiversità marina nella sua globalità. Nella Marine Strategy, ciascuno Stato membro deve elaborare una strategia marina specifica per le rispettive aree marine. Tale strategia deve basarsi su undici descrittori (Figura 1) definiti dalla Commissione europea. Su tale base, gli Stati membri e gli organismi di comunicazione definiscono obiettivi e indicatori per raggiungere un buono stato ambientale. Gli undici descrittori della MSFD sono definiti come garantire il mantenimento della diversità biologica, la qualità e la presenza degli habitat, nonché la distribuzione e l'abbondanza delle specie, sono in linea con le prevalenti caratteristiche fisiografiche, geografiche e condizioni climatiche.

Lo scopo della Marine Strategy, unitamente alle direttive che essa recepisce, risponde alla necessità di frenare la costante perdita di biodiversità dovuta a diversi fenomeni. Oltre agli effetti dei cambiamenti climatici, l'inquinamento fornisce un contributo consistente, con contaminazioni da sostanze pericolose da ambienti terrestri, e soprattutto con sversamenti di idrocarburi da incidenti marittimi, dalla navigazione, da piattaforme offshore per estrazione di petrolio e gas, demolizione di unità mercantili dismesse. Le imbarcazioni e le attività marittime hanno un impatto anche a livello di rumore. Inoltre, le altre pressioni affrontate dalla Direttiva sono: le attività di pesca marittima, l'introduzione di specie aliene attraverso le acque di zavorra o il fouling, l'apporto di nutrienti (eutrofizzazione), e sversamenti illegali di sostanze radioattive. Ogni Paese dell'Unione Europea dispone di un programma di monitoraggio delle acque marino costiere: all'interno di questo la Marine Strategy ha integrato e implementato il quadro esistente.

STRUMENTI DI MONITORAGGIO

I Paesi Europei operano il monitoraggio istituzionale secondo le Direttive europee e il quadro normativo precedente. In alcuni casi si tratta di prelevare campioni di acqua o di specie per individuarne le caratteristiche selezionate per il monitoraggio, o per rilevare la qualità delle acque in termini di parametri fisici, chimici biologici o biogeochimici. Per fare un esempio connesso a specie ed habitat, il Descrittore 1 della Marine Strategy, Biodiversità, include la valutazione delle condizioni e dimensioni di una popolazione, ed estensione e condizioni dell'habitat. Per fare un esempio, nel recepimento della Direttiva in Toscana, per quel che riguarda le popolazioni, le specie oggetto dell'osservazione sono: Uccelli marini, *Pinna nobilis*, Pesci costieri, Rettili marini (Caretta caretta), *Patella ferruginosa*, mammiferi marini. Per quel che riguarda i mammiferi marini, ad esempio l'applicazione della Direttiva in Toscana prevede il monitoraggio di *Turiops truncatus* nei transetti di mare monitorati anche per la presenza di microplastiche ed habitat pelagici. Ricordiamo che l'area marina di cooperazione del progetto corrisponde al Santuario Pelagos, la principale Area Protetta di Importanza per il Mediterraneo (SPAMI), caratterizzata da un importante patrimonio naturale e sottoposta a forti pressioni antropiche. Per quel che riguarda gli



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

habitat, la Direttiva considera gli habitat bentonici di Posidonia oceanica e mærl, condizioni del benthos a livello di coralligeno e coralli profondi, elasmobranchi demersali, pesci costieri, plancton. I dati ottenuti tramite i monitoraggi istituzionali sono distribuiti sul portale Eionet (European Environment Information and Observation Network).

Molte sono le specie e gli ecosistemi a rischio, e gli strumenti di monitoraggio prevedono anche percorsi a fianco di quelli istituzionali, come ad esempio piattaforme di uso condiviso come il portale EMODnet (European Marine Observation and Data Network), una rete di organizzazioni supportate dalla politica marittima integrata dell'UE che lavorano insieme per elaborare i dati raccolti secondo gli standard internazionali e rendere tali informazioni liberamente disponibili come prodotti interoperabili. Si tratta di una politica integrata dei dati marini che apre nuove opportunità per l'innovazione e la crescita. I dati disponibili riguardano Batimetria, Habitat del fondale marino, Chimica, Biologia, Fisica ed Attività Antropiche. Per qual che riguarda il settore Biology, sono disponibili mappe di distribuzione di specie, ottenuti dal monitoraggio istituzionale come anche da singoli progetti di ricerca. Ad esempio per la fanerogama marina Posidonia oceanica e per il cetaceo marino Balenoptera physalius si possono ottenere le informazioni indicate in Figura 6 e 7 e scaricare i relativi shapefile.

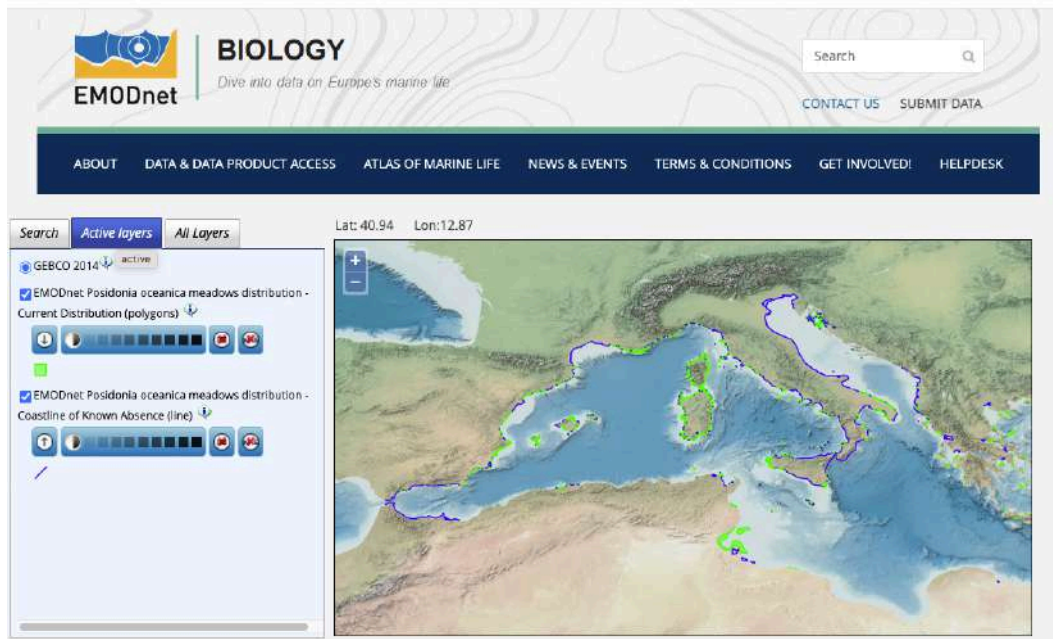


Figura 6: mappa di distribuzione di Posidonia oceanica, da Emodnet.

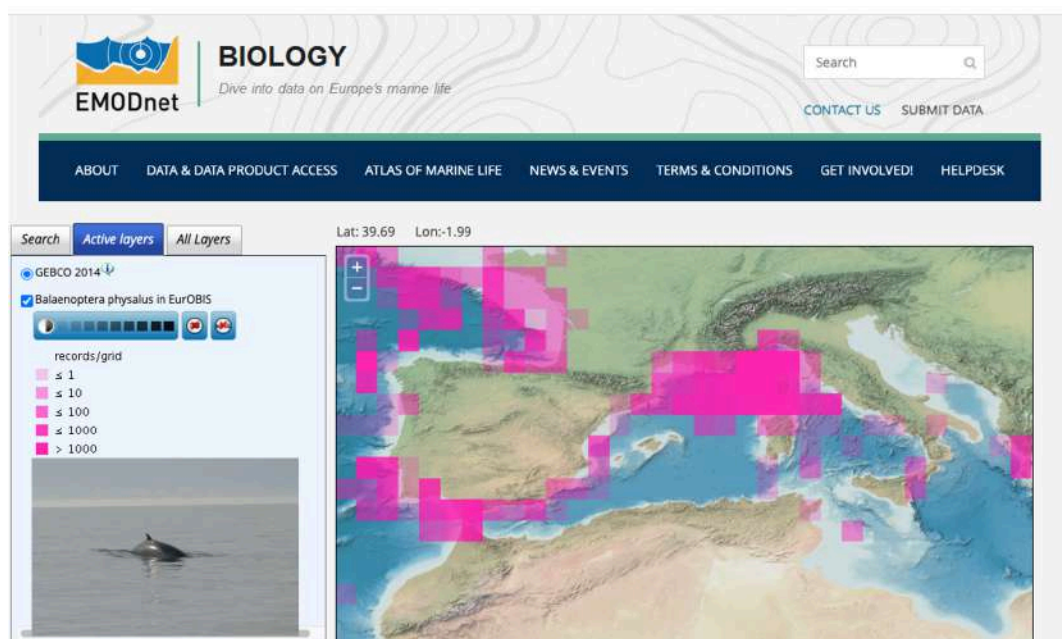


Figura 7: mappa di distribuzione di Balaenoptera physalus, da Emodnet.

In Italia, per attuare la sorveglianza dello stato di conservazione degli habitat e delle specie di interesse comunitario, come disposto dalle Direttive "Habitat" e "Uccelli", ISPRA ha pubblicato un manuale con l'obiettivo di fornire una guida metodologica standardizzata per l'attuazione dei programmi nazionali di monitoraggio delle specie e degli habitat presenti nei mari italiani. Le valutazioni delle specie e degli habitat devono essere effettuate a scala biogeografica, facendo riferimento a specifici parametri. Lo stato di conservazione delle specie e degli habitat elencati negli allegati della direttiva Habitat deve essere valutato a scala di regione biogeografica (la Regione Marina Mediterranea), sulla base di specifici parametri. I parametri richiesti per le specie sono: "Range" (relativo alla distribuzione), "Popolazione", "Habitat per la specie" e "Prospettive Future"; quelli per gli habitat sono: "Area", "Range", "Struttura e Funzioni" e "Prospettive Future".

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/manuali-per-il-monitoraggio-di-specie-e-habitat-di-interesse-comunitario-direttiva-92-43-cee-e-direttiva-09-147-ce-in-italia-ambiente-marino>

APPLICAZIONE DIRETTIVE HABITAT E UCCELLI NELLE REGIONI DELLO SPAZIO TRANSFRONTALIERO

In attuazione delle Direttive europee e della normativa nazionale di recepimento, la Regione Toscana ha emanato la Legge regionale 6 aprile 2000, n. 56 (abrogata e sostituita dalla LR 30/2015 – Norme per la conservazione e la valorizzazione del patrimonio naturalistico-ambientale regionale), e dato avvio ad un'articolata politica di tutela della biodiversità. Con questa legge la Toscana ha definito la propria rete ecologica regionale composta dall'insieme dei Sic, delle Zps e di ulteriori aree tutelate chiamate Sir (siti di interesse regionale). Queste ultime aree, non comprese



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

nella rete Natura 2000, sono state individuate dalla Regione con lo scopo di ampliare il quadro d'azione comunitario tutelando anche habitat e specie animali e vegetali non contemplati, fra quelli da tutelare previsti dalle citate direttive comunitarie.

Comprese nella rete regionale Natura 2000, vi sono ben 13 siti marini della Toscana, 11 ZSC (Zone Speciali di Conservazione) e i SIC "Tutela del Tursiops Truncatus" (il più grande sito nel Mediterraneo per la protezione del delfino) e "Calafuria - area terrestre e marina.

633 km di costa, le 7 isole principali dell'Arcipelago toscano, 13 i siti marini della Toscana con 11 ZSC -Zone Speciali di Conservazione e i SIC "Tutela del Tursiops truncatus", il più grande sito nel Mediterraneo per la protezione di questo delfino, e "Calafuria - area terrestre e marina per la tutela di biocenosi coralligene di interesse conservazionistico"; un elenco nutrito di attività che hanno un rapporto diretto con il mare (balneazione, biodiversità, turismo, trasporti, pesca, nautica). Ma soprattutto un Osservatorio Toscano per la Biodiversità istituito da Regione Toscana con la legge 30/2015 art.11 che si occupa di coordinare le azioni e i monitoraggi delle attività legate a questo enorme patrimonio naturalistico. Una rete che si snoda sulla costa e in mare prima di tutto per registrare la nostra biodiversità marina.

In particolare, le aree relative alle isole di Giannutri, Gorgona, Capraia, Pianosa e Montecristo corrispondono alle zone di tutela a mare già previste dalla pianificazione vigente del Parco Nazionale Arcipelago Toscano. Tale sovrapposizione tra i due sistemi di tutela (Rete Natura 2000 e Area protetta) contribuisce di fatto a garantire una maggiore protezione delle specie e degli ecosistemi che caratterizzano l'area di competenza dell'Osservatorio Toscano dei Cetacei e di parte di quella del Santuario internazionale Pelagos.

A completamento della Rete Natura 2000 a mare con la Deliberazione del Consiglio Regionale 27 del 26 aprile 2017 è stata designato il sito "Fondali tra le foci del Fiume Chiarone e Fiume Fiora", condiviso con la Regione Lazio successivamente divenuto ZSC con DM del 3 febbraio 2021.

Ad oggi soltanto l'area delle "Secche della Meloria" è stata istituita come Area marina protetta, la prima in Toscana, situata nel mare antistante il litorale livornese e pisano, è caratterizzata dalla presenza di habitat marini di straordinario valore paesaggistico e conservazionistico costituiti da un'alternanza di zone rocciose con il caratteristico fondale a catini tipico di quella zona e da praterie a Posidonia (habitat prioritario ai sensi della Direttiva Habitat).

La Rete Natura 2000 in Sardegna attualmente è formata da 31 siti di tipo "A" Zone di Protezione Speciale, 87 siti di tipo "B" Siti di Importanza Comunitaria (circa il 20 % della superficie regionale), 56 dei quali sono stati designati quali Zone Speciali di Conservazione con Decreto Ministeriale del 7 aprile 2017, e 6 siti di tipo "C" nei quali i SIC/ZSC coincidono completamente con le ZPS; con



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Decreto Ministeriale del 8 agosto 2019 sono state designate altre 23 Zone Speciali di Conservazione e altri 2 siti di tipo "C".

Nella regione Sardegna sono presenti due Parchi Nazionali, ovvero il Parco Nazionale dell'Isola dell'Asinara e il Parco Nazionale dell'Arcipelago della Maddalena.

Il parco internazionale delle Bocche di Bonifacio è un parco marino della Corsica (Francia) e della Sardegna (Italia), comprende la riserva naturale delle Bocche di Bonifacio e il parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena.

La riserva naturale delle Bocche di Bonifacio istituita nel 1999, è un parco marino della Corsica. La riserva è classificata come Area specialmente protetta di interesse mediterraneo.

Lo Stretto delle Bocche di Bonifacio è uno dei siti naturali più attraenti del Mediterraneo occidentale.

La ricchezza e la sensibilità del "capitale naturale" di questo istmo marino, rafforzata dalla sua ristrettezza e dall'importanza sin dal Neolitico periodo di numerosi scambi corso-sardi, hanno permesso di avviare l'idea di una protezione transfrontaliera di questo stretto internazionale, soggetto anche a diverse minacce antropiche, come l'intenso traffico di petroliere e altre navi adibite al trasporto di pericolosi sostanze.

Protocolli di condivisione dei dati: stato dell'arte e problematiche ancora da risolvere

CONDIVISIONE E DI RIUSO DEI DATI: UN DOVERE, UNA NECESSITÀ.

Negli ultimi decenni, a fronte dell'incredibile sviluppo del settore ICT verso nuovi sensori e strumenti, l'acquisizione di dati ed informazioni in tutti gli ambiti disciplinari è andata crescendo esponenzialmente, evidenziando come la necessità di condivisione e riuso delle stesse dovesse essere, in termini di sostenibilità, uno dei principi fondanti. Da un lato il riuso consente il recupero degli investimenti da parte dei soggetti che quelle informazioni hanno prodotto, facendo progredire lo stato conoscitivo, dall'altro avvantaggiano chi quei dati poi li utilizza per altri scopi. Da entrambi i punti di vista ne risulta una crescita economica e di sviluppo di una comunità.

Uno degli aspetti maggiormente aggregante per la condivisione delle informazioni ambientali è risultato essere la dimensione geospaziale. Questa caratteristica risulta infatti indispensabile non solo per descrivere dati intrinsecamente dipendenti dalla geolocalizzazione, ma anche come fattore



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

comune di descrizione di informazioni statistiche o di evidenze socioeconomiche sulle quali si focalizzano le azioni di business e pianificazione delle attività di programmazione.

Sulla base di questi principi le politiche comunitarie recenti hanno operato per costruire infrastrutture e repository pubblici di condivisione delle informazioni. I metodi di condivisione non possono che fare riferimento a Standard sia di dati che di servizi. I primi riguardano i contenuti tematici delle informazioni da condividere, includendo la specifica del modello dati, dei formati fisici di trasferimento, delle ontologie e dizionari adottati. I secondi si riferiscono a protocolli e modalità di accesso, tramite geoportali ed infrastrutture web per il repository dei dati.

Gli standard internazionali non tematici relativi alla geomatica possono suddividersi in due grandi categorie:

ISO TC/211: organizzazione mondiale di standardizzazione (ISO) con Technical Committee 211 relativo al tema "Geomatics". ISO è composto da enti normatori nei vari Stati che votano i vari step di approvazione dello standard. Il National Body per l'Italia è UNI, il settore relativo all'informazione Geografica è UNINFO. Gli standard non sono mandatori a meno che non declinati specificamente in ambito europeo dal comitato europeo di normazione (CEN). CEN TC/287 è il Technical Committee dell'informazione geografica. Questi standard sono relativi alle tematiche connesse ai dati geospaziali in genere, spaziando dalla struttura dati, alle modalità e formalizzazione dei linguaggi di descrizione e interscambio. Peraltro tutti si attestano su un profilo astratto, non entrando nel merito di specifiche tematiche e dei casi d'uso. Risultano eccezioni gli standard relativi al tema degli indirizzi (19160 Addressing) e della copertura del suolo (19144 – Land Cover Meta Language) in quanto temi d'impatto globale su geocoding e classificazioni della copertura del suolo. Gli standard sono ad accesso gratuito per National Bodies ed esperti degli Editing Committees, a pagamento per tutti gli altri.

OGC: Open Geospatial Consortium. Consorzio mondiale per la standardizzazione dei dati geospaziali dove convergono la maggior parte delle compagnie e multinazionali private che trattano software, API (application programming interface), servizi relativi all'ambito geospaziale. All'OGC si possono consorzare anche altre tipologie di soggetti quali pubbliche amministrazioni, enti universitari e di ricerca, etc. Le modalità di formalizzazione degli standard sono simili a quelle degli standard ISO e CEN per il settore Geomatics, ma a differenza di questi ultimi, nell'OGC si annovera una maggiore aderenza all'evoluzione dell'ICT in termini di frequenza di aggiornamento ed emanazione degli standard e soprattutto una compliance maggiore ai formati fisici di trasferimento ed interoperabilità di dati e servizi geospaziali considerati. L'accesso a tali standard è inoltre gratuito e libero. Per tali caratteristiche gli standard OGC sono piuttosto noti alla comunità geospaziale degli utilizzatori e sviluppatori. Inoltre, per la maggior dinamicità con la quale gli stessi vengono emanati, non è rara la riadozione as-is anche in ambito ISO e CEN (es. in ISO TC/211 lo standard 19136 GML - Geographic Markup Language, è derivato dall'omonimo dell'OGC).

In ambito comunitario la normativa che regola sia dati che servizi geospaziali d'interesse ambientale della pubblica amministrazione è la Direttiva INSPIRE (INfrastructure for SPatial



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

InfoRmation in Europe), entrata in vigore il 14 marzo 2007, finalizzata alla costituzione dell'infrastruttura geografica europea (Direttiva 2007/2/CE). Infrastruttura geografica significa:

- modelli dati condivisi per l'interscambio dei dati
- servizi di accesso delle informazioni geospaziali standard ed interoperabili

Relativamente ai dati (punto 1), nella normativa sono stati definiti 3 Annex con la descrizione di 36 temi d'interesse negli studi ambientali, così suddivisi:

SERVIZI COPERNICUS

Nel frattempo, per il vorticoso evolvere dell'ICT, l'interoperabilità e condivisione delle informazioni è passata da "dovere" per le pubbliche amministrazioni a "necessità" operativa per tutti quei soggetti che per business o per ricerca hanno a che fare con l'osservazione della terra e l'informazione geospaziale. Tale necessità è stata colta in primis da programma Copernicus (<https://www.copernicus.eu/it>).

I servizi Copernicus sono individuati su 6 temi fondamentali



Per ognuno di questi temi, i servizi Copernicus sono basati sul processamento dei relativi dati ambientali rilevati da osservazioni satellitari e sensori in situ. Gli utenti di Copernicus possono inoltre accedere direttamente ai dati satellitari. I servizi e i dati di Copernicus sono offerti a titolo gratuito agli utenti.

Copernicus è servito da una serie di satelliti dedicati (le famiglie Sentinel) e da missioni partecipanti (satelliti commerciali e pubblici esistenti). I satelliti Sentinel sono stati specificamente progettati per soddisfare le esigenze dei servizi di Copernicus e dei loro utenti. Il lancio di Sentinel-1A nel 2014 da parte dell'Unione europea ha segnato l'avvio di un processo che prevede la messa in orbita di una costellazione di quasi 20 ulteriori satelliti entro il 2030. Copernicus raccoglie inoltre informazioni da sistemi in situ come le stazioni di terra, che forniscono dati acquisiti da numerosi sensori posizionati al suolo, in mare o nell'atmosfera.

Analizzandoli ed elaborandoli, i servizi Copernicus trasformano questa ricchezza di dati raccolti da satelliti e in situ in informazioni a valore aggiunto. Le serie di dati acquisiti nel corso di anni e decenni sono indicizzate e rese comparabili garantendo così il monitoraggio dei cambiamenti; i



Interreg



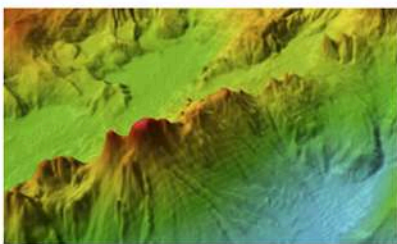
SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

modelli strutturali sono esaminati e utilizzati per aumentare la capacità di previsione, ad esempio, nell'analisi degli oceani e dell'atmosfera. Dalle immagini satellitari sono create mappe, individuate caratteristiche ed anomalie ed estrapolate informazioni statistiche.

EMODnet (European Marine Observation and Data Network): è una rete di organizzazioni supportate dalla politica marittima integrata europea. Tutte le organizzazioni partecipanti lavorano insieme sulle osservazioni marine, sul processamento dei dati in accordo con gli standard e rendono gratuitamente disponibili i dati e relativi prodotti.



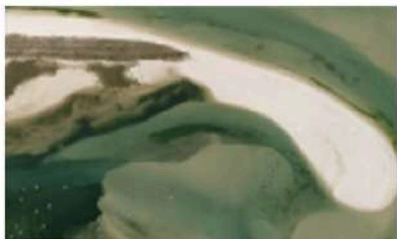
Bathymetry



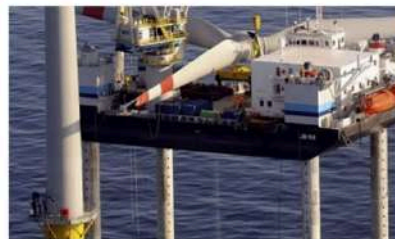
Biology



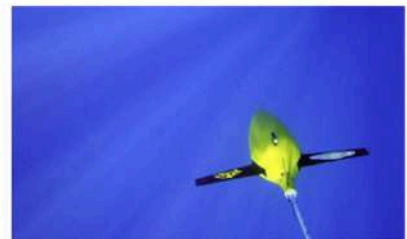
Chemistry



Geology



Human activities



Physics



Seabed habitats

L'AMBITO COMUNITARIO E IL RUOLO DEGLI STATI MEMBRI

Gli Stati membri svolgono un ruolo importante nella diffusione dei servizi spaziali dell'UE. Lavorano in partenariato con l'UE e le altre entità, ma possono adottare strategie o programmi spaziali propri e



Interreg



**SICOMAR
plus**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

condurre proprie azioni per sostenere la diffusione dei servizi forniti dai programmi spaziali dell'UE, senza essere tenuti a coordinarle con la Commissione. Il PRS (Public Regulated Service) di Galileo risponde direttamente alle necessità delle autorità nazionali. Insieme alle istituzioni e agli organi dell'UE o internazionali, "gli utenti Copernicus di base" sono le autorità europee, nazionali, regionali o locali competenti ai fini della definizione, dell'attuazione, dell'esecuzione o del monitoraggio del servizio pubblico o della politica.

LIVELLO REGIONALE/LOCALE

A livello regionale e locale, quindi, le direttive e le linee guida sono dettate dagli organismi sovraordinati statali e comunitari. Ma i servizi Copernicus supportano una vasta gamma di applicazioni a supporto delle aree urbane, della pianificazione regionale e locale, dell'agricoltura, della silvicoltura, della pesca, della salute, dei trasporti, dei cambiamenti climatici, dello sviluppo sostenibile e della protezione civile. Peraltro ogni entità esercita l'assolvimento delle proprie funzioni con un occhio di riguardo all'applicazione di normative sovraordinate, ma senza avere mandato diretto sulla loro obbligatorietà. Ne deriva una non automatica scalabilità delle direttive a livello locale, queste hanno talvolta un impatto significativo di recepimento nelle catene operative di piccoli operatori anche solo nella attivazione di "risorse d'ascolto" delle politiche comunitarie messe in campo. Per tale motivo i livelli regionali e locali sono maggiormente bisognosi di sensibilizzazione e formazione rispetto a tali iniziative, discretizzando le informazioni con carattere più operativo piuttosto che sui massimi sistemi di ricerca più propri e più impattanti di tali programmi.

IL FENOMENO OPENDATA

Nell'ultimo decennio è cominciata ad emergere la necessità non solo di rendere disponibili i dati della pubblica amministrazione ma soprattutto di renderli accessibili e riusabili secondo criteri standard di interoperabilità. Gli open data infatti possono avere un impatto di ampia portata per la sfera politica, sociale ed economica. Ne è conseguita una impellente necessità volta a una grande opera di mobilitazione informativa. Infatti ancora oggi "la cultura dei dati pubblici" continua ad affermarsi solidamente solo tra gli addetti ai lavori, escludendo di fatto grandi opportunità di sviluppo economico a vari livelli di produttività.

Per tale motivo in Italia, nel 2017 sono state redatte le Linee Guida Nazionali per la Valorizzazione del Patrimonio Informativo Pubblico. Esse rappresentano le specifiche di riferimento per le pubbliche amministrazioni italiane che rendono disponibili i propri dati in formato aperto. In tali linee guida vengono proposte una serie di azioni volte a supportare la fruibilità e il rilascio dei dati in ottica di valorizzazione del patrimonio informativo pubblico.

Nello specifico poi, i dati territoriali costituiscono l'elemento conoscitivo di base per tutte le politiche per la gestione del territorio. La conoscenza del mondo reale, nei suoi aspetti, è determinante sia come strumento di sviluppo sia come supporto alle decisioni in numerosi campi come le politiche di sicurezza, la protezione civile, la pianificazione territoriale, i trasporti, l'ambiente.

Lo stretto legame tra dati aperti ed interoperabilità richiede però che tali informazioni siano rese disponibili con criteri standard reinterpretabili automaticamente in altri ambiti informativi. Questa



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

caratterizzante fa sì che in così detti “sistemi Federati” le piattaforme software siano comunicanti e che le informazioni siano rese accessibili in più nodi e su differenti canali pur evitando ogni forma di replicazione del dato. Di più, il dato in quanto tale risiede presso l’ente che ne ha titolarità (conforme ai principi fondanti della Direttiva INSPIRE). Lo stesso documenta in opportuni cataloghi dei metadati le informazioni a corredo di un certo dataset e ne attribuisce una specifica licenza di utilizzo degli stessi.

Proprio sulle modalità di “licenziare” i dati esistono varie possibilità, quella più diffusa e che maggiormente si confà alla filosofia OpenData è la CC-by attribuzione (versione 4.0). In sintesi questa licenza consente di riprodurre, distribuire, esporre in pubblico, modificare e trasformare dataset ivi associati, riconoscendo una menzione di paternità adeguata, e col divieto di applicazione su tale dato di restrizioni aggiuntive rispetto a quelle concesse nella licenza originaria.

Quindi, ogni dataset esposto sarà corredato di opportuna licenza che darà indicazione su come tale dato possa essere utilizzato.

Le prerogative di apertura dei propri dati all’esterno, pur rappresentando una rivoluzione copernicana rispetto all’atteggiamento protezionistico di fronte ai propri dati, per gli adempimenti necessari a renderli effettivi, impattano non poco sia con le risorse (umane ed economiche) di un ente, che soprattutto con il sistema organizzativo con cui gli enti sono attualmente strutturati. In particolare lo sforzo da portare a compimento riguarda la definizione di una politica chiara di esposizione dei dati a livello centrale, oltre la creazione di specifiche competenze multidisciplinari in grado di rispondere congiuntamente a requisiti tecnico-giuridici di validazione e certificazione dei dati. Per tale motivo, soprattutto a livello locale, tale innovazione fatica a prendere piede in maniera ordinaria. Pertanto anche la tematica di apertura dei dati (così come quella di recepimento degli standard) non può essere indirizzata solo a grandi organismi in grado di mettere in campo le risorse necessarie in breve tempo, ma è necessaria una azione suppletiva di organismi sopraelevati in grado di supportare positivamente la ricaduta di tale evoluzione anche verso gli enti locali che per contro detengono dati ancillari e tipicamente di maggior dettaglio.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ANNEX: 1



Addresses



Administrative units



Cadastral parcels



Coordinate reference systems



Geographical grid systems



Geographical names



Hydrography



Protected sites



Transport networks

ANNEX: 2



Elevation



Geology



Land cover



Orthoimagery



ANNEX: 3



Agricultural and aquaculture facilities



Atmospheric conditions



Buildings



Environmental monitoring Facilities



Human health and safety



Meteorological geographical features



Natural risk zones



Population distribution and demography



Sea regions



Species distribution



Utility and governmental services



Area management / restriction / regulation zones & reporting units



Bio-geographical regions



Energy Resources



Habitats and biotopes



Land use



Mineral Resources



Oceanographic geographical features



Production and industrial facilities



Soil



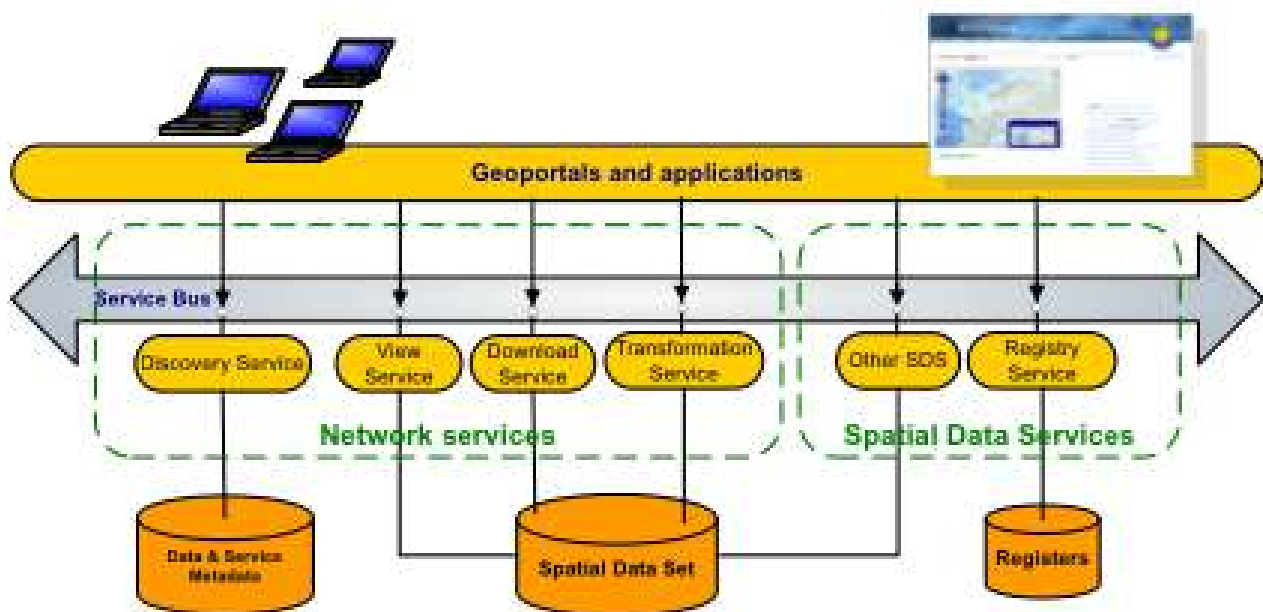
Statistical units

Per ognuno di questi temi sono disponibili:

- Data Specifications – Technical Guidelines: specifiche di descrizione formale dei contenuti del tema in formato pdf;
- Data Models: modelli dei dati formalizzati tramite linguaggio UML (Unified Modelling Language) e corredati di:
- Feature catalogue (HTML)
- Repository in case proprietario e HTML
- Data schema: application schema in formato XSD (XML Schema Definition) relativo al GML (Geographic Markup Language) scelto come standard di interoperabilità dei dati vettoriali.



Relativamente ai servizi di accesso (network services e spatial data services) di cui al punto 2), INSPIRE definisce una serie di guidelines per la condivisione in rete dei dati ed i servizi di interoperabilità associati. La sintesi può essere esemplificata dalla figura seguente:



Appare evidente come i dati, i servizi di metadati, i registri di identificazione dei provider dei dati, debbano tutti sinergicamente essere serviti tramite geoportali ed applicazioni relative. Per tale motivo ogni stato membro ha un nodo nazionale che raccoglie ed espone dati e servizi per l'assolvimento della direttiva Inspire. Poi il geoportale INSPIRE (<https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>) è il punto di accesso europeo dei dataset e servizi connessi ai nodi dei singoli Stati Membri o EFTA (European Free Trade Association) Membri. Il geoportale INSPIRE consente di:

- Monitorare la disponibilità dei dataset INSPIRE
- Trovare dataset d'interesse sulla base della consultazione dei relativi metadati
- Accedere a dataset d'interesse tramite viste specifiche o servizi di download.

Il nodo italiano per l'assolvimento della direttiva INSPIRE è il MITE (Ministero della Transizione Ecologica), che con i Geoportale Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>) rende accessibili i cataloghi delle autorità pubbliche a livello nazionale relativamente ai servizi di rete e per le finalità della Direttiva INSPIRE,.

I servizi di ricerca dei dataset avvengono invece tramite il catalogo dei metadati geospaziali a livello italiano (<https://geodati.gov.it/geoportale/>), stanno in seno al RNDT (Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali) dell'AgID (Agenzia per l'Italia Digitale) del MITD (Ministero per l'Innovazione Tecnologica e la Transizione Digitale).

L'assolvimento della Direttiva INSPIRE è mandatoria per gli Stati Membri.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

I SERVIZI DI MONITORAGGIO DI COPERNICUS

Come descritto in precedenza, Copernicus è il programma più importante dell'Unione europea volto a sviluppare servizi di informazione basati su dati telerilevati e dati in situ. Il Programma è coordinato e gestito dalla Commissione Europea ed è attuato in collaborazione con gli Stati membri, l'Agenzia spaziale europea (ESA), l'Organizzazione europea per lo sfruttamento dei satelliti meteorologici (EUMETSAT), il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF), Agenzie dell'UE e Mercator Océan. Grandi quantità di dati globali da satelliti e da sistemi di misurazione terrestri, aerei e marittimi vengono utilizzati per fornire informazioni atte ad aiutare i fornitori di servizi, le autorità pubbliche e altre organizzazioni internazionali a migliorare la qualità della vita per i cittadini europei. I servizi di informazione del sistema Copernicus sono accessibili agli utenti del programma in modo libero e gratuito.

Le componenti Space e Service del programma Copernicus sono state progettate specificamente per soddisfare le esigenze degli utenti. Attraverso osservazioni satellitari e in situ, i servizi forniscono dati quasi in tempo reale a livello globale che possono essere utilizzati anche per esigenze locali e regionali. Copernicus è servito da una serie di satelliti dedicati (le famiglie Sentinel) e missioni contribuenti (satelliti commerciali e pubblici esistenti progettati per altri scopi ma che continuano a fornire parte della loro capacità di osservazione a Copernicus).

Dal lancio di Sentinel-1A nel 2014, l'Unione Europea ha avviato un processo per mettere in orbita una costellazione di quasi 20 satelliti aggiuntivi prima del 2030.

Sentinel-1A fornisce una serie unica di immagini ad alta risoluzione, per tutte le stagioni, diurne e



Figura 8: Satellite Sentinel-1 (fonte <https://www.esa.int>).

notturne. immagini radar da utilizzare per servizi terrestri, di emergenza e oceanici.



Sentinel-2A e 2B, con un sensore ottico multispettrale, sono stati lanciati nel 2015 e 2017, mentre Sentinel-3A, che trasporta una suite di strumenti ottici e radar per applicazioni terrestri, oceaniche e atmosferiche, e Sentinel-1B sono stati lanciati nel 2016 mentre il precursore Sentinel-5 è stato messo in orbita nel 2017. Le altre missioni Sentinel (Sentinel-4, Sentinel-5 e Sentinel-6) verranno lanciate nei prossimi anni e copriranno progressivamente tutti i domini dell'Osservazione della Terra.

Copernicus raccoglie anche informazioni da sistemi in situ come le stazioni di terra, che forniscono dati acquisiti da una moltitudine di sensori a terra, in mare o in aria. Questi dati provengono da organizzazioni europee ed extraeuropee e anche dagli Stati membri. Le informazioni vengono memorizzate per tenere traccia di cambiamenti o fenomeni ricorrenti: questo costituisce una grande quantità di dati affidabili e aggiornati sullo stato del nostro pianeta. I dati vengono analizzati in modo da generare indicatori utili per ricercatori e utenti finali, fornendo informazioni sulle tendenze passate, presenti e future. Vengono analizzate, ad esempio, la qualità dell'aria nelle nostre città e rilevati aumenti visibili e percepibili dell'inquinamento atmosferico (fumo, polvere, smog) o parimenti viene monitorato l'innalzamento del livello globale del mare.

I SERVIZI CORE

I Servizi Core di Copernicus afferiscono a 6 aree tematiche:

- 1) Un Servizio di Monitoraggio dell'Atmosfera (Atmosphere monitoring) operativo da Luglio 2015;
- 2) Un Servizio di Monitoraggio dell'Ambiente Marino (Marine Environment Monitoring) operativo da Maggio 2015;
- 3) Un Servizio di Monitoraggio Terrestre (Land Monitoring) operativo da Gennaio 2013;
- 4) Un Servizio sul Cambiamento Climatico (Climate Change Service) operativo da Luglio 2018;
- 5) Un Servizio di Gestione delle Emergenze (Emergency Management Service) operativo dall'Aprile 2012;
- 6) Un Servizio di Sicurezza (Security Service) Operativo dalla fine del 2016.

Il servizio di monitoraggio dell'ambiente marino di Copernicus (CMEMS) fornisce informazioni di riferimento regolari e sistematiche sullo stato fisico e biogeochimico, la variabilità e la dinamica dell'oceano e degli ecosistemi marini per l'oceano globale e i mari regionali europei. A tutt'oggi il Data Hub di Copernicus rende disponibili e accessibili 199 prodotti (ocean products) suddivisi in dati da modello, dati di osservazione da remoto e dati in situ. I prodotti comprendono previsioni, osservazioni correnti, e hindcast (dati da modello su periodi specifici).

Le osservazioni e le previsioni prodotte dal CMEMS supportano gran parte delle applicazioni marine, tra cui:

- Sicurezza marittima;
- Risorse marine;



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- Ambiente costiero e marino;
- Meteo, previsioni stagionali e clima.

Ad esempio, la fornitura di dati su correnti, venti e ghiaccio marino contribuisce a migliorare i servizi di rotta delle navi, le operazioni offshore o le operazioni di ricerca e soccorso, contribuendo così alla sicurezza marittima.

Il servizio contribuisce anche alla protezione e alla gestione sostenibile delle risorse marine viventi, in particolare per l'acquacoltura, la gestione sostenibile della pesca o il processo decisionale delle organizzazioni regionali di pesca.

I componenti biogeochimici fisici e marini sono utili per il monitoraggio della qualità dell'acqua e il controllo dell'inquinamento. L'innalzamento del livello del mare è un indicatore chiave del cambiamento climatico e aiuta a valutare l'erosione costiera.

Molti dei dati forniti dal servizio (ad esempio temperatura, salinità, livello del mare, correnti, vento e ghiaccio marino) svolgono un ruolo cruciale anche nel dominio delle previsioni meteorologiche, climatiche e stagionali.

Di fatto il servizio CMEMS di Copernicus mette a disposizione una serie di informazioni su una vasta gamma di variabili ambientali. Tali informazioni si configurano come prodotti disponibili e accessibili, atti a supportare tutti quegli ambiti che afferiscono direttamente o indirettamente alla blue economy, a partire dal monitoraggio ambientale (salute degli oceani, monitoraggio ambientale polare, analisi climatica e adattamento, conservazione marina e biodiversità), ai temi di interesse sociale (scienza e innovazione, politiche e governance delle aree marittime, istruzione, salute pubblica e tempo libero, eventi estremi, pericoli e sicurezza in mare), alla gestione e organizzazione delle attività economiche (pesca, servizi costieri, commercio e trasporti marittimi, risorse naturali e fonti di energia rinnovabile).

Per quanto riguarda il Servizio di Sicurezza di Copernicus, esso fornisce informazioni nell'ottica di migliorare la prevenzione, la preparazione e la risposta alle crisi in tre aree chiave:

- sorveglianza marittima (attuata dall'EMSA)
- sorveglianza delle frontiere
- sostegno all'azione esterna dell'UE

La Sorveglianza marittima finalizzata a migliorare la sicurezza in mare viene implementata dall'EMSA (European Maritime Surveillance Agency) a partire dai dati Copernicus, attraverso uno specifico servizio (Copernicus Maritime Surveillance Service) che è parte del Security Service. Il servizio Copernicus Maritime Surveillance (CMS) fornisce alle autorità di sicurezza e protezione marittima mezzi aggiuntivi per monitorare i punti di interesse specifico, seguire lo sviluppo degli incidenti in mare e delle collisioni, tracciare oggetti in mare e individuare e identificare navi.

L'obiettivo del Servizio di Sorveglianza Marittima di Copernicus, implementato dall'EMSA, è supportare i propri utenti fornendo un migliore monitoraggio delle attività in mare che hanno un impatto su settori quali:

- controllo della pesca



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- sicurezza marittima
- forze dell'ordine
- ambiente marino (monitoraggio dell'inquinamento)
- sostegno alle organizzazioni internazionali.

L'Ocean State Report, pubblicato annualmente da Copernicus, rappresenta un utile strumento di sintesi contenente numerose informazioni di carattere generale sullo stato corrente, sulle variazioni naturali e sull'andamento dei cambiamenti in atto nell'oceano globale e nei mari europei.

I SERVIZI DOWNSTREAM

Dal 2008 al 2020, gli investimenti totali nel programma Copernicus hanno raggiunto i 7,5 miliardi di euro. Nello stesso periodo, questo investimento genererà un beneficio di 13,5 miliardi (senza contare i benefici non monetari). Questo valore economico è generato attraverso il valore aggiunto creato nell'industria spaziale a monte (upstream), le vendite di applicazioni basate su Copernicus da parte dei fornitori di servizi a valle (downstream) e lo sfruttamento dei prodotti abilitati per Copernicus da parte degli utenti finali in vari settori economici.

Gli utenti intermedi (intermediate users) costituiscono il collegamento principale tra Copernicus e la comunità di potenziali utenti dei prodotti e servizi abilitati Copernicus. Anche designati come downstream providers, sono in genere fornitori di servizi che elaborano dati grezzi per trasformarli in informazioni sfruttabili per gli utenti finali. Si stima che nel 2018 i vantaggi di Copernicus nel mercato a valle siano compresi tra 125 e 150 milioni di EUR, rispetto a 54 EUR milioni nel 2015 (questi benefici sono stati valutati per le 10 catene del valore trattate in questo rapporto). Si prevede che crescano a un tasso di crescita composto (crescita percentuale media annua dei ricavi - CAGR) di circa il 15% fino al 2020. Oggi, i principali ostacoli alla crescita di questi mercati sono la bassa disponibilità a pagare tra gli utenti finali (ad esempio per i prodotti Air Quality), il divario tra le esigenze specifiche degli utenti finali per i prodotti su misura e soluzioni disponibili (es. Assicurazioni), o l'adozione ancora recente di prodotti a base di EO in generale nel mercato (es. Energie rinnovabili).

I vantaggi di Copernicus variano a seconda della dimensione relativa del dominio nel mercato a valle dell'EO e del tasso di penetrazione di Copernicus.

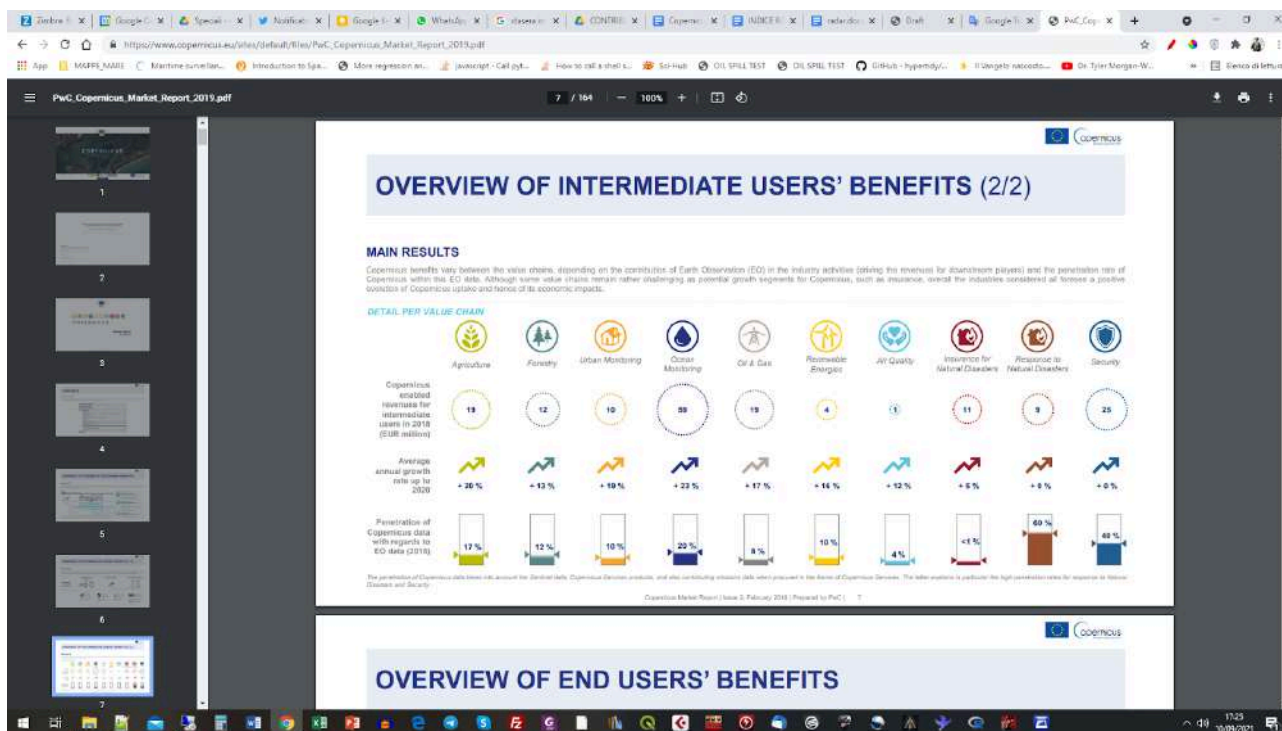


Figura 9 - La penetrazione dei dati Copernicus tiene conto dei dati Sentinel, dei prodotti Copernicus Services e anche dei dati sulle missioni che contribuiscono quando acquistati nell'ambito dei servizi Copernicus. Quest'ultimo spiega in particolare gli alti tassi di penetrazione per la risposta ai Disastri Naturali e Sicurezza (da Copernicus Market Report, Issue 2, February 2019).

Il mercato della Space Economy negli ultimi anni ha conosciuto un'enorme crescita: Nel 2017 l'economia globale di EO è stata stimata tra 9,6 e 9,8 miliardi di EUR, diviso tra vendite di satelliti EO (la sezione a monte della catena di approvvigionamento) e EO acquisizione, elaborazione e trasformazione dei dati in prodotti informativi per gli utenti finali (downstream sector). Il mercato globale è principalmente guidato dall'upstream market, che costituisce circa il 70% dei ricavi totali. Il downstream global market dell'EO è stimato tra 2,6 e 2,8 miliardi di euro, principalmente a carico delle applicazioni dei singoli stati, che rappresentano tra il 50% e il 60% dei ricavi. Mentre i ricavi dell'upstream tendono ad oscillare negli anni a seconda delle fluttuazioni esigenze di grandi satelliti EO, il downstream market mostra una crescita costante, a un CAGR atteso del 7% fino al 2022.

Si prevede che il downstream market dell'EO dell'UE registrerà una crescita costante nel prossimo decennio, beneficiando, proprio come il segmento EO upstream, di una crescente domanda non nazionale dei paesi emergenti disposti ad accedere applicazioni EO. A seconda delle fonti, le stime di mercato variano notevolmente, tra 750 milioni di euro e 1,2 miliardi di euro nel 2017 e un CAGR compreso tra il 6% e il 12%, mostrando una forte crescita simile in entrambi i casi.

È probabile che il settore pubblico, che ha guidato la domanda di servizi di OT dal 2012, continui a farlo, rappresentando circa la metà della domanda se si combinano applicazioni civili e di difesa. Questa crescita segue il crescita del mercato globale a valle dell'EO, anche se meno aggressivo del mercato nordamericano.



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Segnatamente al settore dell'Ocean monitoring le possibili applicazioni dei servizi Copernicus alla promozione di servizi di downstream riguardano numerosissime attività tra cui, per citarne alcune:

- Mappatura delle zone di pesca;
- Previsione delle fioriture algali;
- Migliore previsione di nuove aree accessibili a causa dello scioglimento dei ghiacci;
- Monitoraggio della profondità dell'acqua, dei venti, delle onde e della corrente per le energie rinnovabili e la rotta delle navi;
- Previsioni di innalzamento del livello del mare regionale e mareggiate;
- Monitoraggio e prevenzione dell'erosione costiera;
- Supporto alle normative ambientali e alle Aree Marine Protette.

Ovviamente la varietà delle attività citate dimostra come i bisogni di ciascuna comunità di utenti siano molto diversificati, sia in termini di scale spaziali e temporali delle informazioni, sia sulle modalità dei servizi di pubblicazione e diffusione. Tra le criticità individuate per lo sviluppo di alcuni servizi di downstream in questo settore (in particolare per le aree costiere) è la necessità di migliorare la risoluzione più elevata (ad esempio, le onde possono essere rilevate solo se la loro altezza è superiore a 0,4 m).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

La condivisione dei dati radar HF

Nel 2014, EuroGOOS ha lanciato il High Frequency Radar Task Team (<http://eurogoos.eu/high-frequency-radar-task-team/>) con l'obiettivo di promuovere lo sviluppo coordinato della tecnologia High Frequency Radar (HFR) in Europa. A questo primo passo sono seguite molte iniziative in Europa (EU H2020 Jerico-Next, EU H2020 SeaDataCloud, EU H2020 EuroSea, EU H2020 Jerico-S3, Copernicus Marine Environment Monitoring Service Evolution INCREASE) volte a costruire una rete di HFR europea operativa basata su una gestione coordinata dei dati.

Queste attività hanno permesso di realizzare l'armonizzazione dei requisiti di installazione e gestione dei sistemi HFR, e la standardizzazione delle procedure di Quality Assurance, del formato dati e delle procedure di Quality Control e dell'accesso ai dati HFR (Mantovani et al., 2020; Corgnati et al., 2019; Corgnati et al., 2018). Grazie a questo livello di armonizzazione e standardizzazione, i dati HFR sono operativamente distribuiti in Near Real Time e in serie storiche tramite i portali Copernicus Marine Environment Monitoring Service In-Situ TAC (CMEMS-INSTAC), EMODnet Physics e SDC Data Access.

Lo European HFR Node è stato istituito nel 2018 da AZTI, CNR-ISMAR e SOCIB, sotto il coordinamento dello EuroGOOS HFR Task Team, come centro operativo in Europa per la gestione e la diffusione dei dati HFR, e per la promozione del networking tra le infrastrutture HFR europee e la rete HFR globale. Lo European HFR Node è operativo da dicembre 2018 nella distribuzione di strumenti e supporto per la standardizzazione agli operatori HFR, nonché dei dati HFR di corrente radiale e totale in tempo reale e in serie storica verso CMEMS-INSTAC, EMODnet Physics e SDC Data Access.

Lo European HFR Node distribuisce i dati HFR degli operatori europei aderenti e statunitensi attraverso una catena di processamento che implementa la raccolta, l'armonizzazione, il Quality Control, la formattazione e la distribuzione dei dati. Le linee guida su come impostare il flusso di dati dagli operatori HFR allo European HFR Node sono descritte in dettaglio in (Reyes et al., 2019).

Nell'ambito del progetto SICOMAR-Plus, i dati HFR del CNR-ISMAR e del Consorzio LaMMA sono raccolti e processati dallo European HFR Node. Tutti i dataset così standardizzati sono accessibili in tempo reale sul THREDDS Data Server dello European HFR Node.

I dati del CNR-ISMAR sono anche distribuiti sui portali CMEMS-INSTAC, EMODnet Physics e SeaDataNet.

PROSPETTIVE DI SVILUPPO NAZIONALI

Nella visione globale la produzione di beni comuni rappresenta un importante fattore di crescita della Space Economy. Attorno alle competenze operative degli end user istituzionali titolari della produzione di un bene pubblico, l'idea iniziale nell'ambito di Copernicus è stata quella di far nascere dei soggetti-Agenti di sviluppo della SE, vere proprie infrastrutture abilitanti della Space



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Economy, sorta di gateway di raccordo tra l'upstream, le infrastrutture terrestri ed il downstream segment propriamente detto (modello dei Core Services di Copernicus).

Certamente tra le principali difficoltà di crescita dei servizi di downstream è persistita la non conoscenza delle possibilità e potenzialità offerte, ma anche la complessità di accesso e di acquisizione di adeguate capacità di utilizzo, alle quali sono da aggiungere almeno altre due:

- 1) la dimensione e l'alta frammentazione del mercato, in difficoltà nel collegare e far incontrare in modo efficiente domanda e offerta di prodotti e servizi offerti da Copernicus, ed in generale di EO, GI ed ICT, quando si tratta di utenti non tecnici;
- 2) la difficoltà e l'esigenza di identificare i fabbisogni degli utenti anche non tecnici; infatti, nonostante lo sforzo rilevante della CE per identificare e raccogliere tali fabbisogni a sostegno della progettazione del sistema complessivo che fa capo a Copernicus, è ancora limitata la conoscenza, l'attenzione prestata e la presa in carico dei fabbisogni degli utenti non tecnici nella progettazione di prodotti e servizi da parte di imprese industriali e commerciali.

Per fronteggiare tali ostacoli e conseguire gli obiettivi prioritari ed irrinunciabili del Programma Copernicus, a partire dal 2016, sono state adottate una serie di azioni tra le quali la più ampia, complessiva e trasversale resta certamente quella di User Uptake (UU). Tale azione mira ad una maggiore informazione, sensibilizzazione e presa di coscienza e conoscenza da parte dei potenziali utenti finali dell'utilità dell'uso di quanto prodotto e reso loro gratuitamente disponibile da Copernicus, per le loro specifiche finalità ed attività, anche quotidiane, e per aumentare le possibilità di successo delle imprese. Nel nostro Paese le attività di UU sono coordinate e assicurate attraverso lo User Forum Nazionale di Copernicus, le Rappresentanze delle diverse Comunità degli utenti, i Tavoli e le Reti di coordinamento presenti in esso.



Sistemi integrati di condivisione dei dati per la sicurezza della navigazione: dove se ne parla nel progetto?

Output: Disegno, implementazione e messa a sistema di servizi per la sicurezza della navigazione

Componente	Attività	Prodotto
T1 – AZIONI DI GOVERNANCE PER LA SICUREZZA MARITTIMA	T1.1 Definizione del quadro conoscitivo	T1.1.1
	T1.2 Governance integrazione reti tecnologiche (definizione delle modalità di integrazione delle reti tecnologiche nell'area transfrontaliera)	T1.2.1 T1.2.2
T4 – SISTEMI INTEGRATI DI PREVISIONE PER LA RIDUZIONE DEI RISCHI LEGATI ALLA NAVIGAZIONE	T4.1 Servizi per la condivisione e interoperabilità dei dati inclusi quelli AIS	T4.1.1 T4.1.2

Conclusioni e visione strategica.

In questo rapporto sono stati descritti i vari elementi da considerare all'interno di un piano congiunto per la sicurezza della navigazione, in particolare per quanto riguarda il loro monitoraggio. Non si tratta di una visione completa di tutti gli aspetti rilevanti per la sicurezza, alcuni dei quali vanno cercati a bordo della nave, quali ad esempio il rischio incendi, di collisione, di allagamento ecc.

SICOMAR Plus ha certamente cercato di dare una visione strategica soprattutto di quegli aspetti legati alla sicurezza della navigazione che nascono dall'ambiente fisico (es. condizioni meteomarine) o che hanno una forte ricaduta ambientale. Tuttavia, anche limitandosi a questo



aspetto, i dati da considerare nei piani di monitoraggio sono molti ed eterogenei, e quindi occorre monitorare:

- 1) l'ambiente fisico in cui le navi operano, ovvero le componenti meteorologiche, meteomarine e oceanografiche, per ridurre l'incidentalità causata dalle cattive condizioni meteomarine (ancora oggi, una delle principali cause di incidenti) e inoltre esporre di dati per la gestione delle emergenze;
- 2) le componenti biologiche ed ecosistemiche dell'ambiente marino e costiero, per studiare i possibili impatti degli incidenti navali sulla navigazione e poter predisporre le politiche più efficaci di riduzione del danno;
- 3) il traffico navale stesso, tramite strumenti per monitorare il posizionamento e di identificazione dei mezzi navali in una certa area, del carico trasportato e di tutte le caratteristiche che possono supportare la previsione degli incidenti e le pratiche di gestione di eventuali incidenti.

Per quanto riguarda il primo aspetto, all'interno di SICOMAR Plus sono state ulteriormente implementate e potenziate reti di osservazione che costituiscono alcune delle principali realizzazioni del PC IFM. È il caso, in particolare, della rete radar transfrontaliera lasciata in eredità dai progetti SICOMAR, IMPACT e SICOMAR Plus. È possibile immaginare che l'implementazione di questi sistemi possa proseguire anche negli anni a venire, ma occorrerà che le future implementazioni della rete rispondano a criteri di sostenibilità, per fare in modo che gli investimenti siano durevoli nel tempo, e che sia possibile, economicamente e tecnicamente, la gestione una rete così complessa da parte degli enti che l'hanno costruita (Regione Toscana, LaMMA, CNR, Università di Tolone, ARPAS).

Ad oggi non esiste un piano di gestione di questa rete condiviso non solo tra le regioni del programma, ma neppure all'interno degli stati membri. Sarebbe auspicabile che il futuro sistema non fosse una semplice somma di sistemi indipendenti, i cui piani di sviluppo e di gestione vengono definiti a livello dei singoli enti. La costruzione della rete radar infatti rappresenta una sorta di assemblaggio di tanti tasselli che spesso comportano la soluzione di tanti problemi: dal completamento delle procedure di acquisizione, all'autorizzazione, l'installazione, le problematiche gestionali. Un modello di gestione in cui ognuno mantiene la sua rete e si limita a trasmettere i dati agli altri è, oltre che poco razionale, poco sostenibile perché si duplicano gli sforzi senza avanzare in conoscenza. È inoltre evidente che esiste troppa frammentazione di iniziative tra enti con ruoli e dimensioni diverse (enti di ricerca, agenzie di protezione ambientale, università). Come «federare» davvero il sistema è una delle sfide future, anche più urgente di ulteriori piani di sviluppo.

Va poi segnalato il fatto che alcuni dati rilevanti per la sicurezza sono estremamente lacunosi o assenti, quali ad esempio i dati rappresentativi del vento, così come altri dati relativi ai parametri atmosferici in mare (in particolare, il dato relativo alla visibilità atmosferica). Anche in questo caso, si ritiene che dovrebbe essere data la priorità, nei futuri piani e progetti, a identificare quali dati sono particolarmente critici o addirittura mancanti, svolgere quindi un'analisi dei fabbisogni e dei gap, e indirizzare i futuri investimenti a colmare queste lacune.

Dati di valore biologico ed ecosistemico sono molto difficili da raccogliere e mantenere, si ritiene che delle componenti esplicite di osservazione di questi aspetti andrebbero inserite attraverso il



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

coinvolgimento di altri soggetti competenti, quali ad esempio le agenzie nazionali di riferimento italiane e francesi, come anche -attraverso opportuni accordi e protocolli – associazioni di pescatori e ONG. Il tema sarà approfondito nell'output T1.2.1.

A livello del monitoraggio del traffico, senza voler interferire con un'attività di competenza della guardia costiera, vi è un crescente interesse verso l'ampliamento delle potenzialità dei sistemi AIS, che possono essere utilizzati, sempre in funzione della sicurezza, per molteplici scopi, quali la segnalazione delle condizioni meteomarine in una certa area, la segnalazione dei cetacei osservati in una certa zona, o la trasmissione dei dati tra le unità coinvolte nella gestione di un incidente in mare.

Infine, tutti questi dati (dati meteo-oceanografici, dati ecosistemici e ambientali, dati di traffico), oggi risiedono in sistemi indipendenti. Il tema dell'integrazione queste osservazioni ed anche con le informazioni previsionali, è indubbiamente tra i più importanti, perché limita o rende complicato l'utilizzo di informazioni sparse, che non sono facilmente accessibili e visualizzabili attraverso un'unica interfaccia. Molti dati di caratterizzazione ambientale, prodotti anche all'interno di SICOMAR Plus, sono disponibili attraverso vari portali realizzati dai vari enti, altri direttamente attraverso i principali sistemi di condivisione dei dati ambientali e marini dell'UE, quali Copernicus ed EMODNET. Va detto che, mentre non vi è nessuna necessità di duplicare dati che esistono già all'interno di vari sistemi indipendenti, è invece fondamentale che questi dati siano fruibili attraverso standard di condivisione e interoperabilità che sono stati definiti dalla Direttiva INSPIRE, per poter essere utilizzati da servizi in cascata (downstream).

La realizzazione di questo tipo di interfaccia condivisa, da definire in comune accordo tra tutti gli enti coinvolti, dovrebbe essere una delle priorità dei progetti da proporre nel prossimo futuro e sicuramente sarebbe aspicabile, pur mantenendo i dati presso chi li produce, che venissero realizzati servizi di condivisione dedicati alla tematica della sicurezza della navigazione, e specifici per questa, in cui visualizzare i tematismi fondamentali (condizioni meteomarine, condizioni di traffico, stato ecologico, ecc.) all'interno di un'unica piattaforma che potrebbe rappresentare una delle principali realizzazioni di un futuro progetto della programmazione 2021-2027 del PC IFM.



ELABORAZIONE PIANO DI AZIONE CONGIUNTA PER IL MONITORAGGIO INTEGRATO PER LA SICUREZZA E PROTOCOLLO DI INTESA PER LA CONDIVISIONE DEI DATI.....2

Introduzione: Verso un piano d'azione congiunto per il monitoraggio integrato per la sicurezza, sistemi di monitoraggio e previsione, e metodi di condivisione dei dati.....5

Monitoraggio della navigazione.....8

Sistemi di monitoraggio e controllo della navigazione..... 8

Ampliare le potenzialità del sistema AIS..... 11

Monitorare i flussi di merci pericolose..... 13

Monitoraggio sostenibile dello stato del mare.....16

Sistemi di osservazione in-situ..... 17

Radar marini..... 19

Dati satellitari..... 23

Osservazioni e previsioni.....26

Modelli..... 28

Sistemi previsionali..... 31

Incertezza..... 32

Integrazione..... 35

Monitoraggio dell'ambiente marino e costiero.....38

Impatto della navigazione su specie ed ecosistemi marini..... 38

Importanza del monitoraggio di specie ed ecosistemi marini: la legislazione..... 40

Strumenti di monitoraggio..... 42

Applicazione Direttive Habitat e Uccelli nelle Regioni dello spazio transfrontaliero..... 44

Protocolli di condivisione dei dati: stato dell'arte e problematiche ancora da risolvere.....46

Condivisione e di riuso dei dati: un dovere, una necessità..... 46

Servizi Copernicus..... 48

L'ambito comunitario e il ruolo degli Stati Membri 49

Livello regionale/locale..... 50

Il fenomeno Opendata..... 50

I servizi di monitoraggio di Copernicus..... 55

I Servizi Core..... 56

I Servizi Downstream..... 58

Prospettive di sviluppo nazionali..... 61

Conclusioni e visione strategica.....63



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SICOMAR
plus



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Prodotto - Livrable T1.3.1:

Élaboration d'un plan d'action conjoint pour la surveillance intégrée de la sécurité et d'un protocole d'accord pour le partage des données - Livrable

Data prevista - Date prévue: 15/01/22

Data di consegna - Date d'échéance: 28/02/22

Versione - Version: V1.3

Informazioni generali sul documento /Informations générales sur le document	
Componente / Composante	T1
Attività/Activité	T1.3 "Préparation des plans conjoints pour la sécurité"
Prodotto/Livrable	T1.3.1
Nome Documento / Nom Document	"Élaboration d'un plan d'action conjoint pour la surveillance intégrée de la sécurité et d'un protocole d'accord pour le partage des données" /



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

	“Livrable T1.3.1: Nom Livrable”
ID File/ID Fichier	SICOMAR PLUS_T1.3.1.pdf

Processo di approvazione / <i>Procédure d'approbation</i>	Nome/Nom	Ente/Établissement	Data/Date	Visto/Vu
Coordinatore/ <i>Coordinateur</i>	Gilda Ruberti	Regione Toscana	GG/MM/AA JJ/MM/AA	
CP Leader/ <i>CP Leader</i>	Gilda Ruberti	Regione Toscana	GG/MM/AA JJ/MM/AA	

Processo di revisione / <i>Procédure de révision</i>	Autore/Auteur	Data Rev./ <i>Date Rév.</i>	Modifiche/Modifications
V1.0	Carlo Brandini, Valentina Grasso, Manuela Corongiu, Chiara Lapucci, Massimo Perna; Michele Bondoni, Maria Fattorini	02/05/2021	Rédaction de l'index du document
V1.1	Carlo Brandini, Valentina Grasso, Manuela Corongiu,	31/12/2021	Contribution des auteurs LAMMA



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

	Chiara Lapucci, Massimo Perna; Stefano Taddei; Michele Bendoni;		
V1.2	Contributi altri partner del progetto	31/01/2022	Contributions des autres partenaires
V1.3	Carlo Brandini	28/02/2022	Examen et harmonisation des contributions
V1.4		28/02/2022	Partage
V1.5	Carlo Brandini, Massimo Perna, Alessio Innocenti	28/02/2022	Révision, intégration et traduction
	Jacopo Riccardi (Regione Liguria)	15/05/2022	Contribution au projet OMD
V1.6	Carlo Brandini Valentina Menonna	15/06/2022	Version finale



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Introduction: Vers un plan d'action commun pour la surveillance intégrée de la sécurité, les systèmes de surveillance et de prévision, et les méthodes de partage des données.

L'amélioration de la sécurité du transport maritime est l'un des grands défis qui accompagnent la Blue Growth, avec des attentes en matière de développement du transport maritime et des infrastructures portuaires, attendues dans les prochaines décennies, qui feront de l'économie bleue l'un des atouts moteurs de l'économie mondiale. Améliorer la sécurité de la navigation signifie, en premier lieu, mettre en place des actions pour réduire les accidents en mer, réduisant ainsi les risques pour la vie humaine (citoyens, travailleurs), pour les marchandises transportées et les infrastructures, mais aussi pour augmenter la protection de l'environnement naturel, et donc pour les écosystèmes marins et côtiers, ainsi que pour l'environnement construit, considérant également l'énorme valeur des zones côtières tant en termes environnementaux que liés à l'économie du territoire (tourisme durable, transport, énergie, pêche, etc.).

Dans la programmation 2014-2020 du programme de coopération maritime Interreg Italie-France (PC IFM), le thème de la sécurité de la navigation a joué un rôle central et a attiré de nombreuses ressources grâce auxquelles ont été mis en œuvre aussi bien le projet stratégique SICOMAR Plus que certains projets simples sur des thèmes variés (transport de marchandises dangereuses, sécurité des zones portuaires, formation, réduction de l'impact de la navigation sur les écosystèmes). Certains de ces projets, et en particulier SINAPSI et GIAS, ont explicitement rappelé et approfondi des contenus déjà existants dans SICOMAR Plus, réintroduisant même certains des mêmes partenaires. En outre, ces initiatives s'inscrivent dans la continuité tant des projets de la période de programmation actuelle, comme le projet IMPACT en particulier, que des projets de la période de programmation précédente, notamment les projets MOMAR et SICOMAR, pour lesquels la continuité des actions est évidente.

Par rapport aux premiers projets mis en œuvre, en commençant précisément par MOMAR, le partenariat s'est étendu et renforcé au fil du temps, englobant diverses compétences tant de nature politico-institutionnelle que de compétences opérationnelles et de gestion du territoire, ainsi que des aspects de recherche scientifique et de formation.

Dans l'ensemble, on peut dire que les projets ont atteint des objectifs multiples, avec des chevauchements peu nombreux mais nécessaires. Un premier objectif concerne la construction de relations de réseau entre différents acteurs représentant certains des principaux organismes institutionnels et de recherche scientifique et technologique de la zone de coopération. La réalisation de cet objectif est démontrée par la continuité de ces initiatives dans le temps; en effet, de nombreux partenaires participent également conjointement à d'autres initiatives sur des projets nationaux et internationaux, ou ont renforcé leur collaboration, qui se poursuit bien au-delà de la



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

durée des projets.

La création de relations de réseau présente à la fois l'avantage d'étendre la valeur des réalisations des projets, également en termes de répliquabilité, et d'augmenter la capacité des partenaires individuels à faire des choix techniques et de gestion grâce à l'échange vertueux avec des partenaires ayant une plus grande expérience et expertise technique dans certains domaines spécifiques (renforcement des capacités).

Un autre objectif est de nature strictement technologique et concerne la capacité de concevoir, d'acquérir, de mettre en œuvre et de maintenir dans le temps des outils, tels que des réseaux d'observation de haute technologie, qui fonctionnent conjointement dans la surveillance du territoire, par exemple des réseaux de surveillance de la qualité de l'environnement et des écosystèmes utiles pour mesurer les pressions anthropiques sur l'environnement. Cet objectif est très ambitieux, car normalement, il y a encore peu de volonté de créer des outils d'observation et des réseaux partagés entre des acteurs de différentes régions, de différentes institutions scientifiques, ou même entre différents États-nations. Le fait que, grâce à SICOMAR Plus, un premier réseau transfrontalier d'observation de l'état de la mer au moyen d'un système radar HF ait été établi est sans aucun doute l'un des plus grands succès non seulement du projet, mais aussi de l'ensemble du programme de coopération.

Enfin, un dernier objectif concerne la gouvernance, afin d'établir comment les aptitudes et les compétences des organismes impliqués, les outils techniques et les réseaux d'observation mis en place dans le cadre du projet peuvent ensuite être mis à profit dans les territoires, comment ils doivent être gérés (avec quelles responsabilités, avec quelles ressources), et surtout comment cette somme accrue de connaissances peut servir à améliorer les aspects de gestion et de planification visant à améliorer diverses problématiques de l'environnement marin et côtier, y compris la sécurité de la navigation.

Ce dernier objectif est sans doute le plus compliqué à atteindre, pour plusieurs raisons. La première est que la réglementation du transport maritime et des activités connexes est définie au niveau national et international, et que sans la participation directe et explicite d'organismes tels que les ministères, les agences nationales, etc., c'est-à-dire sans pouvoir influencer la réglementation, il est difficile d'aller au-delà de la suggestion et de la démonstration de bonnes pratiques.

Une deuxième raison concerne la participation active des régions du programme elles-mêmes. Les tâches assignées aux régions sont en fait très importantes, par exemple en matière de planification de l'espace maritime (MSP), mais aucun terrain de discussion commun n'a encore été trouvé dans le cadre du processus de planification du programme pour élaborer d'éventuels plans d'action conjoints sur ces questions, comme le programme lui-même le mentionne expressément.

Cependant, il existe des aspects de gouvernance liés en particulier à la gestion des données qui peuvent et doivent être abordés par les partenaires actuels, dont certains représentent certains des plus importants fournisseurs de données environnementales, au moins en ce qui concerne les



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

régions italienne et française de la Méditerranée du Nord-Ouest (NWMED), et en particulier pour la zone marine qui abrite le sanctuaire Pelagos, la plus importante zone de protection spéciale de l'environnement (SPAMI) de l'Union européenne.

La disponibilité des données environnementales est cruciale, car il existe un besoin croissant de données les plus précises et les plus fiables possibles, représentatives de différentes échelles spatiales et temporelles, de la haute mer aux échelles côtières, ces dernières étant caractérisées par une variabilité beaucoup plus grande.

Les données sont produites en collectant des observations à partir d'instruments d'observation directe (bouées, capteurs océanographiques et biogéochimiques, observations des écosystèmes, état de contamination, etc.) et d'instruments d'observation indirecte (radars, satellites, etc.). L'observation en temps réel, avec la nécessité connexe d'exposer les données d'observation et de les rendre accessibles au public, est essentielle pour soutenir les services de sécurité fonctionnant en temps réel. Cependant, il est également important que ces données soient collectées et archivées pour être affichées à une date ultérieure, peut-être après avoir subi des procédures de contrôle de la qualité et de validation, afin d'alimenter des bases de données qui fournissent des données représentatives du passé, utiles comme référence de base, par exemple pour pouvoir construire des données climatologiques d'une zone donnée. Une autre source de données non moins importante est celle des modèles numériques pour la reconstitution et la prévision de l'état de la mer. Là encore, les modèles peuvent être utilisés pour interpoler spatialement et temporellement des données d'observation qui sont normalement plutôt éparpillées (parce qu'ils sont aussi très coûteux à mettre en œuvre et à maintenir dans le temps), comme dans le cas des modèles d'analyse, de réanalyse ou de prévision rétrospective. Une utilisation fondamentale des modèles concerne leur capacité à fournir des prévisions, c'est-à-dire à prédire les conditions environnementales (météorologiques, océanographiques, de contamination, etc.) à un moment donné dans le futur, normalement, de manière fiable, en quelques jours à partir du moment où la prévision est publiée.

Il ne fait aucun doute que les données d'observation et de prévision qui transitent par les régions jouent aujourd'hui un rôle fondamental, surtout dans cette zone de la Méditerranée. Il suffit de dire que les réseaux d'observation de la mer de Toscane et de Ligurie, ainsi que ceux de la France, ont été ces dernières années les principales sources d'information sur les conditions hydrodynamiques et le mouvement des vagues dans la zone, également pour pallier l'absence de données des réseaux nationaux (pensons, pour l'Italie, au Réseau national des vagues, qui n'a été rétabli que récemment et partiellement après une longue absence). Cette situation est probablement appelée à changer dans les années à venir, du moins en ce qui concerne l'Italie, car la nécessité de disposer de données d'observation homogènes au niveau national et l'intégration avec d'autres initiatives, à commencer par ce que l'on appelle le miroir Copernicus, ou plus récemment avec diverses initiatives liées au plan national de relance et de résilience (PNRR), pourraient conduire à une redéfinition de la situation des outils de surveillance du réseau sur la base des besoins nationaux, et à leur éventuelle intégration avec les futurs services de prévision (comme le montre la naissance



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

de la nouvelle agence nationale de référence pour la météorologie, Italia Meteo).

En tout état de cause, SICOMAR Plus lègue, tant au prochain programme maritime qu'aux autres initiatives nationales et transnationales, un ensemble important de réseaux d'observation, de modèles et de services dédiés, qu'il faudra gérer et dont, de toute façon, il ne sera pas possible de se passer à l'avenir.

Dans la première partie de ce rapport (T1.3.1), on tentera donc de donner une vue d'ensemble de l'ensemble des outils de surveillance de la mer et de la navigation, de suggérer une possible gouvernance d'un modèle de gestion distribué, et de définir les aspects de la gestion des données en particulier en ce qui concerne les procédures et les outils impliqués dans leur partage.

Surveillance de la navigation

Systèmes de surveillance et de contrôle de la navigation

Les systèmes de surveillance du trafic maritime sont aujourd'hui des outils indispensables pour prévenir les accidents en mer, en raison de leur capacité à suivre en permanence les mouvements des navires opérant dans les eaux territoriales, et notamment à suivre la navigation dans des zones sensibles ou particulièrement dangereuses d'un point de vue géographique et morphologique. De même, la surveillance du trafic permet d'intervenir rapidement en cas d'accident maritime, et de réagir de manière appropriée, par exemple dans le cas où l'accident est suivi du déversement de substances dangereuses et polluantes.

Le service de trafic maritime par excellence est le VTS, acronyme de Vessel Traffic Service, un système de surveillance du trafic maritime mis en place par les garde-côtes et les autorités maritimes et portuaires, qui est le pendant, pour le trafic maritime, des systèmes de contrôle du trafic aérien. L'Organisation maritime internationale (IMO) définit le VTS comme "un service mis en œuvre par une autorité compétente et destiné à améliorer la sécurité et l'efficacité du trafic maritime et à protéger l'environnement".

Il n'existe pas de méthode unique pour effectuer cette surveillance, mais une combinaison de technologies qui constituent ensemble le VTS, notamment le radar, la télévision en circuit fermé, la radiotéléphonie VHF et le système d'identification automatique (AIS), pour suivre les mouvements des navires et améliorer ainsi la sécurité de la navigation dans une zone géographique limitée.

Bien que la responsabilité du cap et de la vitesse du navire incombe au capitaine du navire, assisté d'un pilote si nécessaire, des outils fonctionnels destinés à améliorer les capacités de manœuvre et d'accostage sont devenus de plus en plus nécessaires, notamment pour permettre l'utilisation des



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

installations portuaires dans toutes les conditions de visibilité et de densité du trafic, en plus des aides audiovisuelles à la navigation à "courte distance" telles que les signaux de pavillon.

Les technologies de surveillance du trafic maritime ont connu un essor décisif au cours des dernières décennies, à commencer par le développement du radar pendant la Seconde Guerre mondiale, qui a permis de surveiller et de suivre avec précision le trafic maritime. La première station de contrôle portuaire basée sur la technologie radar a été construite à Douglas, sur l'île de Mann, en 1948. La même année, le port de Liverpool a été le premier grand port à utiliser un système de surveillance par radar, suivi par des mises en œuvre dans les ports de Rotterdam et de Long Beach en Californie en 1950. Ces systèmes se sont rapidement répandus en Europe et dans le monde. Les grandes catastrophes maritimes des années 1960 et 1970 ont renforcé la prise de conscience des dommages environnementaux causés par les accidents de navigation: la crainte que de telles catastrophes puissent se produire dans les zones portuaires et les zones d'approche des ports a encore accru l'utilisation de la surveillance radar dans la gestion du trafic maritime.

La valeur du VTS pour la sécurité de la navigation a été reconnue pour la première fois par l'IMO en 1968 dans la résolution A.158 (ES.IV) - *Recommendation on Port Advisory Systems* mais avec les progrès de la technologie, les équipements permettant de suivre et de surveiller le trafic maritime sont devenus de plus en plus sophistiqués. Afin de normaliser les procédures de mise en place d'un VTS et de dissiper les craintes de certains qu'un VTS n'affecte la responsabilité du capitaine dans l'exploitation du navire, l'IMO a adopté en 1985 la résolution A.578(14) - *Guidelines for Vessel Traffic Services*, qui stipule que les VTS sont particulièrement appropriés dans les approches et les chenaux d'un port, dans les zones à forte densité de trafic, dans le cas de mouvements de marchandises dangereuses, de difficultés de navigation ou dans les zones à forte sensibilité environnementale. Les directives précisent également que les décisions relatives à la navigation et aux manœuvres effectives du navire relèvent en tout état de cause de la responsabilité du capitaine du navire, et soulignent l'importance des procédures de pilotage et de signalisation pour les navires traversant une zone où un VTS fonctionne. Une révision de ces directives a été proposée en 1997, avec les *Guidelines for Vessel Traffic Services*, résolution A.857(20).

Bien que les services de trafic maritime ne soient pas spécifiquement mentionnés dans la Convention internationale de 1974 pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), ils le sont dans les amendements ultérieurs, notamment en juin 1997, lorsque le Comité de la sécurité maritime a adopté un nouveau règlement au chapitre V (*Safety of Navigation*) qui définit les modalités de mise en œuvre des STM, et déclarant que les services de trafic maritime (VTS) contribuent à la sauvegarde de la vie en mer, à la sécurité et à l'efficacité de la navigation et à la protection du milieu marin, des zones côtières adjacentes, des ports, des sites de travail et des installations en mer contre les effets néfastes éventuels du trafic maritime. Les Gouvernements



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

contractants s'engagent à établir un système VTS si, à leur avis, le volume du trafic ou le degré de risque justifie de tels services, en suivant, dans la mesure du possible, les directives établies par l'IMO. L'utilisation du VTS ne peut être rendue obligatoire que dans les zones maritimes situées dans les mers territoriales d'un État côtier.

L'Association internationale des aides maritimes à la navigation et des autorités de phares (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities , IALA), fondée en 1957, rassemble des représentants des aides à la navigation de quelque 80 pays pour la coordination technique, le partage d'informations et la coordination des améliorations apportées aux aides à la navigation dans le monde entier. L'un des quatre comités de l'IALA s'occupe spécifiquement des VTS et recommande l'utilisation des capteurs spécifiques suivants pour les systèmes VTS, en particulier:

- Radar à bande S/X
- Système d'identification automatique (AIS)
- Système électro-optique (EOS)
- DF: Recherche de direction
- Capteurs météorologiques

En effet, un grand nombre de capteurs radar sont mis en œuvre dans le système VTS pour couvrir les zones à forte densité de trafic (par exemple, près des ports) et l'ensemble du littoral. Les radars VTS détectent le mouvement de tous les navires sur le littoral, des grands navires aux petites embarcations en bois utilisées par les pêcheurs, en utilisant des systèmes fonctionnant en bande S ou en bande X, en fonction de la cible, de la distance et des caractéristiques de l'environnement, avec des performances typiques telles que:

- portée, variable de 12 à 48 miles nautiques
- l'équivalent de la section transversale radar de la cible (RCS), allant de 0,5 m² à 106 m². Le RCS est une mesure de la détectabilité d'un objet par un radar: plus le RCS est élevé, plus la probabilité qu'un radar détecte l'objet est grande.

Outre les systèmes radar, un élément important des services de surveillance du trafic maritime est le système d'identification automatique (en anglais: Automatic Identification System – AIS), un système de suivi automatique utilisé à bord des navires dans le but principal d'éviter les collisions entre les navires. Les informations de l'AIS complètent donc celles du radar de marine, qui reste la principale méthode d'évitement des collisions pour le transport maritime. En particulier, lorsque des satellites sont utilisés pour détecter des signatures AIS, le terme Satellite-AIS (S-AIS) est utilisé.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Les transpondeurs AIS envoient des données toutes les 2 à 10 secondes pendant la navigation, en fonction de la vitesse du navire, mais avec une fréquence réduite (toutes les 3 minutes) lorsque le navire est au mouillage. Ces données comprennent:

- a. Un numéro d'identification unique (MMSI) représentant l'identité du service mobile maritime du navire.
- b. Statut de navigation (au mouillage, navigant avec le(s) moteur(s), ou non commandé).
- c. Taux de virage, vitesse par rapport au sol, cap par rapport au sol, cap réel.
- d. Longitude et latitude.
- e. Date et heure (UTC).

Ces informations peuvent être affichées à l'écran et utilisées par le système de pilotage pour donner une alarme en cas de trajectoire de collision. Les données transmises permettent également aux autorités maritimes de surveiller les mouvements des navires.

L'AIS consiste normalement en un émetteur-récepteur VHF connecté à un système de positionnement tel qu'un récepteur LORAN ou GPS, avec d'autres capteurs électroniques de navigation tels qu'un gyrocompas. La transmission a lieu sur deux canaux (87B et 88B) de la bande destinée aux transmissions radio entre navires.

Compte tenu des caractéristiques des fréquences radio utilisées, qui ne peuvent être reçues que dans des conditions de portée optique, le signal couvre une distance relativement courte, en fonction de la hauteur des antennes, généralement de l'ordre de 20 milles nautiques. L'Organisation maritime internationale (IMO) et la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) exigent que l'AIS soit installé à bord de tous les navires d'une jauge brute égale ou supérieure à 300, ainsi que sur tous les navires à passagers, quelle que soit leur taille.

Cependant, l'introduction des appareils AIS de classe B sur le marché depuis 2007 a permis à une nouvelle génération d'émetteurs-récepteurs AIS à faible coût de rendre l'utilisation de cet instrument attrayante pour tout navire. Il existe en effet des récepteurs AIS qui peuvent désormais être installés sur des navires, même de petite taille, et qui permettent uniquement la réception et l'affichage de données, en utilisant généralement l'affichage d'un traceur de cartes et d'un radar.

Cependant, le caractère non obligatoire de ces dispositifs pose encore plusieurs problèmes, notamment en ce qui concerne l'adoption de pratiques de sécurité plus efficaces. Une politique de plus grande diffusion de ces systèmes, même auprès des petits navires, à mener en concertation avec les constructeurs, serait sans doute souhaitable.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Développer le potentiel du système AIS

Le système AIS a un potentiel considérable, car seule une partie des canaux disponibles est normalement utilisée pour transmettre la position des navires. Par exemple, il existe déjà plusieurs expériences positives concernant la possibilité d'utiliser l'AIS non seulement comme un moyen de communication passif, mais aussi comme un système de communication actif permettant de transmettre les données des navires sur certaines conditions dans les zones maritimes où les navires transitent.

Une application de grand intérêt concerne sans aucun doute la possibilité de transmettre des observations de cétacés, observées depuis un navire, à d'autres navires. Cela permet d'éviter, dans la mesure du possible, les collisions avec les mammifères marins si importants dans le sanctuaire Pelagos, grâce à des dispositifs qui permettent aux navires de s'informer, en temps réel, des positions et des mouvements des cétacés pendant la navigation, réduisant ainsi considérablement le risque de collision. Ces applications, au sein de SICOMAR plus, ont été développées en synergie entre la Garde côtière et la Fondation CIMA.

Une autre application très importante concerne la possibilité de transmettre les conditions météorologiques observées dans une certaine zone (par exemple, une zone portuaire). Un système similaire a été réalisé par l'autorité portuaire de Venise en coopération avec le commandement général du bureau du port. Les données et les relevés sur le vent, les courants, le mouvement des vagues concernant toute la lagune, les entrées de la lagune et les ports de Venise et de Chioggia, sont synthétisés par l'Autorité portuaire et mis immédiatement à la disposition de toute la communauté portuaire par le biais de plateformes gérées par l'AdSP.

D'autres applications peuvent concerner la communication entre les navires et les unités de sauvetage utilisées dans la gestion des situations d'urgence, comme le teste par exemple le projet ISIDE du PCM IF.

On pense que ces indications peuvent également être testées ou mises en œuvre dans le cadre d'autres initiatives PCM IF de la planification future (2021-2027).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Partage et interopérabilité des données AIS : où est-il mentionné dans le projet ?

Output : Conception, mise en œuvre et systématisation des services de sécurité de la navigation

Composant	Activité	Produit
T4 - SERVICES POUR LA SÉCURITÉ EN MER, LA PRÉVENTION DES RISQUES ET LA PROTECTION DU MILIEU MARIN	T4.1 Services pour le partage des données et l'interopérabilité, y compris les données AIS	T4.1.3 Services AIS et signalement obligatoire des navires

Surveillance des flux de marchandises dangereuses

La surveillance du trafic maritime de marchandises dangereuses est un aspect fondamental de la sécurité maritime pour éviter les catastrophes environnementales sur les côtes méditerranéennes, ainsi que pour préparer les mesures les plus appropriées en cas d'accident. Ces questions, bien qu'elles ne soient pas explicitement abordées dans SICOMAR Plus, ont trouvé un large espace dans le PCM IF, en particulier à travers certains projets tels que:

- ISIDE: créer un nouveau système de communication universel pour faciliter l'échange d'informations entre les capitaines de port et les usagers de la mer;
- OMD: améliorer la sécurité du transport maritime des marchandises dangereuses par l'introduction de systèmes de contrôle et de surveillance innovants;
- LOSE+: pour surveiller, en temps réel, le risque lié au transport de certaines marchandises dangereuses dans les zones maritimes proches du rivage et dans les ports

Le projet OMD, piloté par la Région Ligurie, apporte une contribution importante notamment dans l'acquisition et le partage de nouveaux systèmes de contrôle et de suivi des marchandises dangereuses, visant à intégrer et à harmoniser les systèmes de suivi actuels dans la zone de coopération du Programme, à travers la conception et la mise en œuvre ultérieure d'un système d'information commun fonctionnant comme un Observatoire italo-français pour le suivi des flux maritimes de marchandises dangereuses, c'est-à-dire un outil partagé pour la connexion entre les



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

régions, les autorités publiques compétentes et les sujets privés gérant des marchandises dangereuses de diverses manières.

Les objectifs prioritaires de l'OMD sont essentiellement au nombre de deux:

- 1) la construction d'une méthode partagée et collaborative pour l'acquisition de nouveaux systèmes de contrôle et de surveillance, afin d'améliorer la sécurité maritime et la gestion des risques dans les ports;
- 2) la mise en œuvre du système d'information.

En ce qui concerne le premier objectif, il est nécessaire de vérifier l'adéquation et la cohérence des politiques existantes en matière de gestion des marchandises dangereuses, ainsi que leur mise en œuvre. En fait, il existe une fragmentation considérable de la réglementation et donc des différences dans les dispositions fonctionnelles et organisationnelles en cas d'accidents maritimes impliquant des marchandises dangereuses en Italie et en France. À l'heure actuelle, les marchandises dangereuses dans les ports sont traitées de manière inégale et, par conséquent, non conforme aux normes de sécurité. Étant donné que le nombre de marchandises dangereuses dans les ports est en constante évolution, il est nécessaire d'équiper les ports de systèmes informatiques capables de recueillir en temps réel toutes les informations utiles pour surveiller le risque, fournissant ainsi aux autorités responsables toutes les informations dont elles ont besoin pour gérer consciemment les éventuelles urgences, minimisant ainsi les conséquences des accidents causés par des marchandises dangereuses, même en transit à bord des navires.

Des analyses et des recherches ont montré que les ports italiens et français ne sont pas équipés de systèmes informatiques pour la gestion et le suivi des marchandises dangereuses. Pour atteindre cet objectif, les partenaires se sont inspirés des meilleures pratiques en vigueur dans certaines réalités portuaires. Il est ressorti de cette analyse que les réalités qui interprètent aujourd'hui le mieux la tâche de contrôle et de suivi des marchandises dangereuses ont certains aspects en commun, comme l'évaluation du risque chimique par un expert qualifié (en Italie, le chimiste portuaire), l'entrée au port uniquement des marchandises dangereuses préalablement évaluées par l'expert, le suivi en temps réel de la situation de risque liée à la présence de marchandises dangereuses dans le port, ou l'échange de données avec les systèmes NMSW et AIS, l'intégration M2M avec les systèmes d'information des terminaux ou les cartes d'urgence en ligne pour toutes les marchandises dangereuses. En définitive, il est donc apparu qu'un système informatique de gestion et de suivi des marchandises dangereuses doit être structuré et mis en œuvre de manière à garantir l'accès à toutes les informations utiles pour une gestion immédiate et efficace des urgences. Un autre aspect qui est apparu au cours du partenariat concerne l'opportunité de



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

stipuler des accords spécifiques entre les différents ports pour permettre l'échange de données sur les marchandises dangereuses pour chaque PM embarqué dans l'un des deux ports et arrivant en débarquement dans le second. Pour être efficace, ce partage de données doit se faire automatiquement au départ du port d'embarquement, permettant ainsi au port de débarquement de disposer de toutes les informations nécessaires pour gérer les urgences potentielles, telles que la carte d'urgence, le numéro UN, la classe, etc.

En ce qui concerne le deuxième objectif du Projet OMD, en revanche, l'idée générale, qui s'est consolidée au fil des activités du projet, est de créer un système informatique, appelé Observatoire de l'OMD, capable de remplir de multiples fonctions, qui tiennent compte des contraintes - qui existent aujourd'hui - en matière de présence des données, d'interopérabilité et de partage des informations.

Ces fonctions comprennent la capacité de:

- Collecter les données AIS des navires en transit dans les territoires du projet OMD en se connectant au réseau AIS national du Commandement général du corps des garde-côtes italiens (OMD_AIS).
- Mettre en place un registre des navires certifié.
- Recevoir les prévisions d'arrivée des navires contenant les informations sur les marchandises dangereuses à l'embarquement, au débarquement et en transit à partir des systèmes d'information des ports des territoires du projet OMD.
- Représenter sur la cartographie web en temps réel ou en replay les navires captés par les systèmes AIS, avec des informations concernant le type de navire, la position actualisée, la direction de la navigation; des informations spécifiques (notamment: nom du navire; compagnie maritime; indicatif d'appel; MMSI; type de navire; photo; vitesse; date et heure du dernier signal AIS; ETA; ETD; port d'origine; port de destination; liste MP en vrac liquide, gazeux et solide; liste MP en colis; cartes d'urgence).
- utiliser divers modules logiciels pour échanger des données avec les systèmes informatiques des ports du projet
- échanger des données avec les systèmes informatiques d'autres initiatives (notamment dans le cadre du projet Lose+). En particulier, lorsque Lose+ détectera une unité de cargaison en transit sur les voies d'accès du port, il devra communiquer son code à l'OMD, qui devra fournir à Lose+ toutes les caractéristiques des marchandises dangereuses, ainsi que les formulaires d'urgence.

En ce qui concerne l'Observatoire, un autre objectif du projet était de définir un modèle pour sa gestion, de sorte qu'il soit économiquement durable même après la fin du projet. Des solutions ont ainsi été imaginées pour donner une forme juridique à l'observatoire, ainsi que des modèles économiques pour définir et permettre sa pérennité à la fin du projet.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Surveillance durable de l'état de la mer

L'observation de la mer est cruciale pour l'utilisation responsable et durable des espaces marins, car les océans et les mers revêtent une importance croissante pour la société. De nombreuses nations collaborent au développement d'un système mondial d'observation de l'océan (GOOS) qui rassemble les différents réseaux d'observation, de l'océan mondial aux mers régionales. Cependant, l'amélioration des systèmes d'observation existants a été limitée par des financements ponctuels et une coopération limitée entre les différents organismes, tant institutionnels que de recherche. Au contraire, il est crucial de développer de vastes partenariats, à l'échelle transnationale, pour une observation durable de la mer, qui peut intégrer un large éventail de besoins: de la surveillance de l'environnement à l'étude du changement climatique, en passant par l'exploitation des ressources marines (y compris l'énergie, les transports, la pêche) et la sécurité en mer. Pour être plus efficaces, ces nouveaux partenariats devraient permettre une participation plus étroite du secteur privé, des gouvernements, des ONG et d'autres groupes.

En ce sens, le partenariat SICOMAR Plus, bien que très large par rapport à la zone nord-ouest de la Méditerranée considérée, et bien qu'insuffisant pour répondre à tous ces besoins, représente une forte amélioration du cadre existant. Une priorité importante est de réduire la dépendance à l'égard des navires de recherche coûteux pour les mesures de routine, et donc de se concentrer sur l'utilisation de véhicules autonomes qui augmentent notre capacité à mesurer l'état de la mer aux échelles spatiales et temporelles dont nous avons besoin.

Une quantité considérable de données provient des satellites, qui mettent à disposition la température de l'eau en surface (SST) ou la tendance de la surface libre (SSH). En outre, toute une série d'instruments immergés et/ou flottants, fixes et/ou mobiles (CTD: Conductivity Temperature Depth, ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler, bouées, gliders) permettent d'observer la température, la salinité et la vitesse même dans la partie interne de la mer, bien que ces mesures couvrent nécessairement une petite portion d'espace par rapport aux bassins maritimes. Le long de la côte, les radars HF (High-Frequency-Radar) collectent des données sur les courants de surface sur une zone s'étendant jusqu'à environ 70-80 km de la côte.

Plusieurs actions menées par le projet vont dans le sens d'une amélioration de la durabilité des systèmes d'observation, notamment:

- 1) des systèmes in-situ durables (dont les instruments d'observation lagrangiens et les véhicules autonomes sont des exemples);
- 2) les radars marins, qui représentent l'un des principaux investissements du projet;



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

3) l'utilisation de données satellitaires, dont les produits sont également disponibles à travers diverses initiatives européennes, à commencer par Copernicus.

Une description de ces systèmes est donnée ci-dessous.

Systemes d'observation in-situ

Les observations in-situ sont traditionnellement les plus répandues, et elles sont de plusieurs types différents.

Dans le domaine océanographique, par exemple, des campagnes de mesures sont encore effectuées à partir de navires dans lesquels les paramètres océanographiques importants le long de la colonne d'eau sont mesurés au moyen de divers instruments, tels que des systèmes de profilage (sondes multi-paramètres), des courantomètres, des échantillonneurs d'eau (traditionnels ou automatiques), et le support d'instruments robotisés (AUV, ROV, etc.). Outre les navires, ces observations à point unique et à temps unique sont également effectuées par des véhicules marins autonomes, tels que les véhicules de surface autonomes (ASV), les planeurs sous-marins. Une autre source d'informations et de données, de plus en plus utilisée, est l'utilisation d'instruments lagrangiens, qui dérivent dans les courants marins et transmettent en même temps des données importantes telles que leur position et leurs déplacements dans le temps (à partir desquels on peut déduire les courants marins de surface), ainsi que d'autres paramètres tels que la température, la salinité, la chlorophylle, la pression atmosphérique, etc. Ou encore les profileurs lagrangiens (bouées profilantes ARGO) qui se déplacent verticalement le long de la colonne d'eau et collectent des données physiques (via CTD) et dans certains cas biogéochimiques.

Les observations à partir des navires sont importantes surtout d'un point de vue scientifique, et moins d'un point de vue technico-opérationnel; elles ne sont en effet effectuées qu'à certaines périodes de l'année, pendant des périodes limitées (par exemple 1 à 2 semaines) et, dans tous les cas, elles ne sont représentatives que de zones très restreintes; elles sont donc adaptées aux activités de recherche et d'étude, pour étudier les processus physiques, ou par exemple pour collecter des données pour la validation de modèles, mais elles ne peuvent à elles seules répondre à la nécessité de fournir des données aux systèmes dédiés à la sécurité de la navigation.

Parmi les mesures in situ, une importance particulière est accordée aux instruments qui mesurent en continu les conditions météorologiques, météorologiques-marines et océanographiques, par exemple les stations météorologiques pour mesurer les paramètres météorologiques ou les bouées pour mesurer le mouvement des vagues. Les paramètres atmosphériques sont observés



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

par des stations météorologiques qui mesurent des paramètres tels que le vent, la pression atmosphérique, la température de l'air, l'humidité, la pluie et la visibilité. Les stations météorologiques fournissent une image complète de l'évolution atmosphérique en cours, par la détection de divers paramètres environnementaux au moyen de capteurs convenablement interfacés avec un système d'acquisition (datalogger), pour traiter les données recueillies et les transmettre à distance.

Si elles sont correctement conçues, les stations météorologiques peuvent fonctionner dans tout type d'environnement, bien que les conditions environnementales (forte corrosivité du sel) rendent difficile l'installation de stations météorologiques en mer (montées sur des bouées ou des plates-formes offshore).

En ce qui concerne les paramètres marins, les bouées pour la mesure de vagues (de différents types, accélérométriques ou GPS) mesurent normalement l'état d'agitation de la mer dû au mouvement des vagues ou même d'autres paramètres comme la température. La France, par le biais de divers organismes, fournit également de nombreuses bouées pour la zone nord-ouest de la Méditerranée tandis que, pour l'Italie, le service national ondamétrique (RON), géré par ISPRA, a rétabli certaines bouées (La Spezia) après une longue pause. Les Régions (en particulier la Toscane et la Ligurie), contribuent à l'observation de l'état de la mer à travers quelques bouées gérées directement par la Région ou par des agences (ARPAL). Les profileurs acoustiques (ADCP) sont utilisés pour mesurer à la fois les vagues et les courants marins le long de la colonne d'eau, normalement sur des profondeurs pas trop grandes (jusqu'à 100-150 m, selon la fréquence caractéristique de l'instrument).



Figure 1: Le Wave Glider, un véhicule marin autonome de surface, est un instrument partagé par le Consortium LAMMA et



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

l'IFREMER, et permet de mesurer les variables de l'interface air-mer (mouvement des vagues, courants de première couche, vent, paramètres atmosphériques et marins, et variables d'état de contamination).

Lorsqu'on discute de la nécessité de mettre en place et de maintenir dans le temps des réseaux de mesures in situ, plusieurs aspects doivent être soulignés:

1. La présence de systèmes in-situ est très importante car il s'agit normalement de données de meilleure qualité, donc souvent utilisées comme vérité terrain, ce qui est très important surtout si l'on utilise ces observations comme comparaison avec toutes les autres sources d'information, par exemple les données satellitaires ou les données du modèle, pour les opérations Cal/Val et, dans certains cas, pour l'assimilation dans les modèles (donc pour réduire l'incertitude associée aux modèles de prévision);
2. Les systèmes in-situ sont normalement très difficiles à entretenir. Qu'il s'agisse de stations météorologiques en mer ou d'instruments de mesure océanographiques, ils nécessitent un entretien fréquent et leur durée de vie est de toute façon limitée.
3. Il n'existe pas encore de coordination nationale des réseaux in situ, alors qu'il existe diverses initiatives de coordination transnationale (par exemple EuroGOOS, MONGOOS) qui ne sont toutefois pas obligatoires mais fonctionnent sur une base volontaire, ce qui signifie qu'il n'y a toujours pas de politique commune pour l'observation de l'état de la mer. Par exemple, certaines zones semblent être suffisamment couvertes par des réseaux d'observation in situ qui intègrent des données provenant d'autres sources (satellites, modèles), alors que d'autres zones ne le sont pas du tout, ce qui donne une image inégale des connaissances;
4. Bien que la valeur des informations recueillies par les systèmes in situ soit si élevée, il est très difficile de partager ces données avec d'autres utilisateurs, en particulier lorsqu'il s'agit d'observations issues de campagnes de mesure qui, comme mentionné ci-dessus, ont une grande valeur scientifique;
5. Certains paramètres fondamentalement importants sont pratiquement absents ou du moins gravement déficients. Par exemple, il n'existe pas de séries de données suffisamment longues et précises sur le vent en mer, qui est peut-être le paramètre le plus important pour la sécurité, avec le mouvement des vagues et la visibilité atmosphérique, car il est objectivement difficile de mesurer les paramètres atmosphériques en mer, et la présence d'anémomètres côtiers ne répond pas au besoin de disposer de données sur la mer, car la présence même de la terre est très perturbante.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Systemes d'observation in-situ : où est-il mentionné dans le projet ?

Output : Conception, mise en œuvre et systématisation des services de sécurité de la navigation

<i>Composant</i>	Activités	Produit
<i>T2 – TECHNOLOGIES HABILITANTES ET RÉSEAUX DE SURVEILLANCE POUR LA SÉCURITÉ EN MER</i>	T2.2 Intégration et mise en œuvre de systèmes de surveillance à partir de plateformes mobiles	T2.2.1 T2.2.2 T2.2.3
	T2.3 Intégration et mise en œuvre des systèmes de détection in-situ	T2.3.1
	T2.4 Utilisation des instruments lagrangiens pour la sécurité en mer	T2.4.1

RADARS MARINS

Les systèmes radar à haute fréquence (HF) pour la surveillance marine sont des instruments qui permettent de mesurer, sur de vastes zones côtières, en continu et en temps quasi réel, dans n'importe quelle condition météorologique et avec une haute résolution spatiale (1-6 km) et temporelle (horaire ou, dans certains cas, plus élevée), la vitesse et la direction des courants marins de surface et, bien qu'avec moins d'efficacité, certains paramètres de vagues et de vent. Les radars HF sont des systèmes généralement installés à terre, très près des côtes, qui ne nécessitent pas d'entretien fréquent et sont donc relativement abordables. Les réseaux de systèmes radar peuvent facilement être étendus (du moins d'un point de vue technique) en ajoutant de nouveaux radars, afin de couvrir de très grandes zones maritimes. Une conséquence positive et non négligeable de cela est que ces réseaux ont naturellement un caractère transfrontalier qui favorise la coopération internationale. Les radars HF sont des systèmes complémentaires aux instruments



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

in-situ, par rapport auxquels ils ont une précision de mesure moindre mais l'avantage d'une large couverture spatiale. Les données observées sont généralement limitées aux zones côtières (avec une couverture de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres de la côte) et sont donc également complémentaires des observations satellitaires, par rapport auxquelles elles présentent l'avantage d'une résolution spatio-temporelle beaucoup plus élevée. Ils fournissent des données fondamentales sur l'état et la variabilité des zones marines côtières et, par conséquent, une meilleure compréhension des processus mésoéchelle et sub-mésoéchelle qui les affectent.

La technologie du radar HF est basée sur l'émission d'ondes électromagnétiques à haute fréquence (3-30 MHz, soit une longueur d'onde de 100-10 m). Ces ondes se propagent dans les eaux salées (hautement conductrices) de la surface de la mer sur de longues distances qui dépendent tout d'abord de la fréquence, puis d'autres facteurs tels que l'emplacement des antennes, leur proximité de l'eau et le bruit électromagnétique présent (dans le cas de 12,5 MHz, par exemple, elles peuvent atteindre jusqu'à environ 90 km). L'interaction entre les ondes électromagnétiques et les ondes de gravité de la mer de certaines longueurs, de l'ordre de celles transmises, donne lieu à un signal réfléchi constitué de plusieurs pics (résonance de Bragg); l'analyse des pics de premier et de second ordre, notamment, permet d'estimer divers paramètres relatifs à l'état de la mer.

En particulier, la vitesse radiale (vers ou depuis l'antenne) du courant en un point est obtenue en observant les pics de premier ordre, résultant de la réflexion due aux ondes de mer de demi-longueur des ondes électromagnétiques, et en mesurant la différence de fréquence par rapport au signal émis (effet Doppler). Plus précisément, cela donne la vitesse des ondes qui ont réfléchi le signal. La différence entre les vitesses mesurées et théoriques des ondes de mer (obtenues au moyen de la relation de dispersion en eau profonde) donne la vitesse du courant. La position (distance et direction) du point de mesure, en revanche, est obtenue de la manière suivante: la distance à l'antenne est obtenue en mesurant le retard entre le signal émis et le signal réfléchi, tandis que des algorithmes basés sur deux méthodes distinctes, selon le type de radar, connues sous le nom de "direction finding" et de "beam forming", sont généralement utilisés pour déterminer la direction. Habituellement, les radars qui utilisent la première méthode sont de type compact, comme le SeaSonde de CODAR, tandis que ceux qui utilisent la seconde méthode sont de type "phased array", comme le WERA. Les valeurs de courant de surface ainsi obtenues ne représentent toutefois que les composantes radiales, de sorte qu'il faut au moins deux systèmes radar pour reconstruire l'ensemble du champ bidimensionnel.

Les cartes des courants de surface sont le principal produit des systèmes radar HF. En outre, en exploitant les informations contenues dans la région des pics du signal de second ordre, qui sont beaucoup moins évidents que ceux du premier ordre, certains paramètres du mouvement des vagues peuvent également être obtenus. L'analyse des pics de premier et de second ordre permet



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

également d'estimer la vitesse et la direction du vent, mais les algorithmes correspondants ne sont actuellement pas aussi fiables. Des développements récents ont également conduit à l'utilisation de données radar HF pour la détection de tsunamis (y compris les météo-tsunamis, qui sont également assez fréquents en Méditerranée). Le principe sur lequel ils sont basés est que les vitesses orbitales des ondes induites par les tsunamis peuvent être détectées par le radar HF comme des courants de surface variant lentement avec des échelles spatiales et temporelles caractéristiques. Enfin, une autre utilisation qui peut être mentionnée est la détection des navires.

La mesure et l'étude des courants marins de surface, ainsi que, comme sous-produits, des vagues et du vent, sont très importantes tant pour les aspects liés à la sécurité et à la surveillance maritimes que pour ceux liés à la protection et à la préservation de l'environnement marin et côtier. Cette technologie a donc de nombreux domaines d'application. Elle peut être utilisée, par exemple, pour soutenir la sécurité de la navigation, les opérations de recherche et de sauvetage (SAR) en mer, les interventions en cas de déversement de polluants en mer, l'étude du transport de déchets marins ou d'objets flottants, la détection des tsunamis, les activités de loisirs en mer, la planification et la gestion des côtes, les applications d'ingénierie en mer et sur la côte, l'aquaculture, l'étude des écosystèmes et la connectivité entre les zones marines. En outre, les cartes de courants à haute résolution spatio-temporelle peuvent être utilisées à la fois pour la validation des modèles de circulation numérique et pour l'amélioration de leur capacité à reconstruire et à prévoir l'état de la mer grâce à des techniques d'assimilation. Des modèles qui, à leur tour, représentent un outil puissant supplémentaire pour les applications susmentionnées.

Grâce à ce vaste domaine d'utilisation, les informations obtenues par les radars HF ont de multiples utilisateurs potentiels, tels que les fournisseurs de services météorologiques, les agences de recherche et de sauvetage, les gouvernements et les autorités régionales et locales, ainsi que les organismes publics ou les entreprises privées qui étudient les écosystèmes marins ou travaillent dans le domaine de l'évaluation de la qualité des eaux côtières, des énergies renouvelables ou d'autres services environnementaux. Face à un tel éventail d'utilisation et à une relative simplicité technique d'installation et de maintenance, la mise en œuvre, le développement et la durabilité des réseaux de radars HF présentent néanmoins des problèmes critiques. La première concerne la difficulté d'identifier des emplacements appropriés pour l'installation. Les contraintes techniques auxquelles sont soumis ces sites sont nombreuses. Tout d'abord, l'antenne doit être aussi proche que possible de la mer, le site doit être équipé d'électricité, la zone doit être exempte d'interférences électromagnétiques qui perturbent le signal (ce qui n'est pas toujours facile à évaluer par des tests préliminaires), et il doit y avoir la possibilité de transmettre des données (connexion Internet ou GSM). Outre ces contraintes, il faut également évaluer l'impact environnemental et social du système, notamment dans les zones densément peuplées, c'est-à-



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

dire qu'il faut souvent respecter les contraintes paysagères et architecturales et garantir les conditions de sécurité des personnes susceptibles de fréquenter la zone (impact électromagnétique et autres risques). Une autre question essentielle est la durabilité de ces installations dans le temps. Bien que ces systèmes aient des coûts de maintenance relativement faibles, surtout à court et moyen terme, à mesure que les réseaux de radars s'étendent et que le temps passe, le besoin d'interventions et de pièces de rechange ou de mises à niveau des systèmes peut devenir insupportable pour les autorités régionales ou les institutions individuelles qui n'ont pas bien planifié leurs dépenses, coordonné leurs efforts et trouvé un financement gouvernemental ou international à long terme.

En fin de compte, pour tirer le meilleur parti du potentiel qu'offrent ces systèmes, il est important de définir des recommandations pour les développements futurs. Il s'agit certainement de la nécessité d'étendre le réseau de radars HF, d'accroître l'accessibilité et l'interopérabilité des données, d'étendre les séries chronologiques, d'intégrer les données provenant de différents systèmes de surveillance, d'améliorer les algorithmes d'estimation des paramètres environnementaux et de compléter les données manquantes, de développer des méthodologies d'assimilation des données, de renforcer les relations entre les différents organismes gérant les réseaux de radars et d'identifier des sources de financement à long terme.

Pour conclure cet aperçu du fonctionnement et de l'utilisation des radars marins, il convient de mentionner que les radars HF ne sont pas le seul type de radar pouvant être utilisé pour la surveillance océanographique. Les radars en bande X constituent un autre outil utile basé sur une technologie similaire. Ces radars sont généralement utilisés pour détecter des obstacles ou des navires. À cette fin, les signaux réfléchis par la surface de la mer sont généralement filtrés car ils sont considérés comme une perturbation. D'autre part, une analyse appropriée de ces signaux fournit des informations sur les principaux paramètres caractéristiques de l'état de la mer, avec une portée de quelques kilomètres (3-5 km), une résolution spatiale de quelques mètres et une résolution temporelle de quelques secondes. Les radars en bande X peuvent être utilisés pour des applications océanographiques à partir de plateformes mobiles (navires) et de stations côtières fixes.

Le fonctionnement de ce type de radar dans les applications océanographiques est également basé sur le phénomène physique de la résonance de Bragg. Plus précisément, comme les ondes électromagnétiques de la bande X (8-12,5 GHz) ne font que quelques centimètres de long, elles interagissent avec les ondulations générées par le vent (ondes capillaires) à la surface des ondes de gravité. En fait, les ondes capillaires sur l'océan reflètent l'énergie radar, produisant une image "brillante" connue sous le nom d'échos de mer (sea clutter). Pour que la surface de l'eau soit suffisamment encombrée, il faut toutefois des conditions de vent adéquates et des situations



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

météorologiques d'une certaine intensité. Les cas dans lesquels les radars en bande X ne parviennent pas à renvoyer une image adéquate de la surface de la mer ne sont malheureusement pas rares: il s'agit, par exemple, d'états de mer calme ou de hauteurs de vagues significatives inférieures à un certain seuil (généralement 0,7-0,8 m), de pluie sur la mer ou de la présence de longues vagues en l'absence totale de vent. Lorsque les conditions de production d'une image sont réunies, le signal de retour du radar est modulé par la présence d'ondes gravitationnelles et contient des informations précieuses sur l'état de la mer. L'analyse de l'évolution spatiale et temporelle de ces images de la surface de la mer permet d'obtenir des informations sur la hauteur, la longueur, la direction et la période des vagues, les courants de surface, la bathymétrie des fonds marins ainsi que la direction et l'intensité du vent. Il convient toutefois de noter que la valeur absolue de la hauteur significative des vagues ne peut être calculée directement à partir des images radar en bande X, mais nécessite un calibrage préliminaire obtenu en comparant les valeurs estimées de la hauteur des vagues avec des mesures indépendantes in situ. Cependant, l'analyse du signal d'échos de mer dans le domaine directionnel et fréquentiel fournit une image très complète des composantes de la vague sur une zone limitée, bien supérieure à celle que l'on peut obtenir à partir d'une seule bouée (qui enregistre l'oscillation sur un seul point) et permet de dériver une excellente représentation du spectre de la vague, ce qui est fondamental pour de nombreuses applications liées à la sécurité (par exemple pour la détection d'états de mer multimodaux qui, s'ils sont très énergétiques, peuvent être très dangereux pour la navigation). En résumé, la connaissance de ces informations sur l'état de la mer est utile à de nombreuses fins, telles que la protection des côtes, la sécurité tant pendant la navigation que pendant les manœuvres dans les zones portuaires, la sécurité des plates-formes offshore et le soutien aux opérations de recherche et de sauvetage. Étant donné que la réflexion des ondes électromagnétiques en bande X se produit sur les ondes capillaires et que le pétrole à la surface de la mer amortit certaines de ces ondes capillaires, la présence d'une nappe de pétrole peut être détectée comme une mer "sombre", c'est-à-dire comme une zone où le clutter marin est absent. Cela permet de poursuivre l'application des radars en bande X pour la détection des déversements d'hydrocarbures directement depuis le navire, ou depuis les radars situés le long de la côte.

Enfin, un développement important possible concerne le fait que les radars de navigation en bande X sont compatibles avec les radars de mesure de l'état de la mer. Des méthodes ont été conçues et testées pour que le radar de navigation puisse être utilisé conjointement comme instrument de détection des navires et de surveillance de la mer (radar à ondes), c'est-à-dire que pendant une fraction de temps (quelques minutes toutes les heures), le signal du radar de navigation est analysé pour mesurer l'état de la mer. Cependant, ces utilisations ne sont pas encore opérationnelles.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Systèmes d'observation radar : où est-il mentionné dans le projet ?

Output : Système intégré de réseaux de haute technologie pour la surveillance maritime à des fins de sécurité

<i>Composant</i>	Activités	Produit
<i>T2 – TECHNOLOGIES HABILITANTES ET RÉSEAUX DE SURVEILLANCE POUR LA SÉCURITÉ EN MER</i>	T2.1 Mise en œuvre du réseau transfrontalier de radars météo-océanographiques	T2.1.1
		T2.1.2
		T2.1.3

Output : Système radar Toscane (I1), Système radar Ligurie (I2), Système radar Sardaigne (I3)

<i>Composant</i>	Activités	Produit
<i>I1, I2, I3 – INVESTISSEMENTS</i>	I1.1, I2.1, I3.1 Antennes radar Toscane, Sardaigne, Ligurie	I1.1.1
		I2.1.1
		I3.1.1

DONNÉES SATELLITAIRES

Les données satellitaires représentent aujourd'hui la source d'information la plus puissante pour décrire l'état et l'évolution des systèmes terrestres, en raison de leur incroyable capacité à surveiller les différentes composantes de notre planète (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, etc.) à différentes échelles selon le type de satellite (par exemple polaire ou géostationnaire).

Il existe certaines limites qui restreignent la capacité de ces satellites à collecter des données dans n'importe quelle situation environnementale (par exemple, la couverture nuageuse peut limiter la capacité d'observer la surface de la mer). En outre, pour certains satellites, les temps de revisite (passage dans la même zone) sont encore assez faibles, notamment pour les applications opérationnelles telles que la gestion des urgences.

Même avec ces limites, on ne peut nier que la plupart des sciences de la terre ont considérablement amélioré la connaissance des systèmes terrestres grâce aux données qui sont maintenant collectées, traitées et diffusées par les agences spatiales et les grands centres mondiaux.

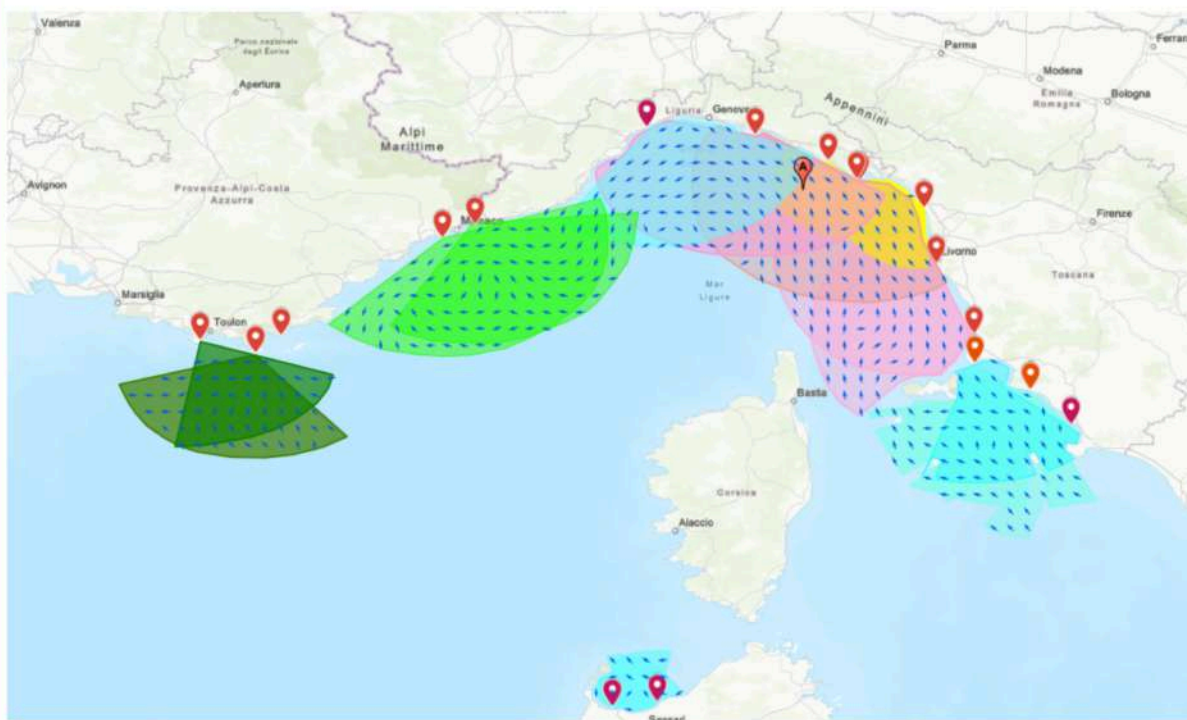
En Europe, grâce aux services Copernicus, ces données sont distribuées gratuitement pour diverses applications en faveur de la surveillance de l'environnement, de la sécurité, de la gestion des urgences, puis de plus en plus diffusées pour des applications downstream, à valeur ajoutée.



Le réseau de radars HF transfrontalier entre l'Italie et la France

Le principal investissement du projet SICOMAR plus concernait l'extension substantielle et la systématisation d'un réseau de radars HF pour les mesures de l'état de la mer, permettant d'augmenter le nombre de stations de radars HF opérant sur les côtes de la zone transfrontalière, tant par l'achat de nouvelles unités que par la restauration des unités obsolètes. Le résultat de cet investissement est un système d'observatoire opérationnel qui couvre 600 km de côte, entre le sud de la Toscane et Toulon, de manière quasi continue, et avec une couverture initiale de la zone située au nord de la Sardaigne (golfe d'Asinara).

Les stations, fonctionnant à des fréquences de 13,5 MHz et 25 MHz, sont positionnées dans des zones stratégiques en raison de la présence de ports importants et de zones marines protégées, principalement entre les régions de Toscane et de Ligurie, et dans une moindre mesure dans la région Sud PACA, ce qui permet de surveiller une zone totale de plus de 20 000 km². SICOMAR plus, en capitalisant sur les investissements dans la technologie des radars HF réalisés dans le cadre des projets RITMARE, MOMAR, SICOMAR et IMPACT, a également permis de créer un réseau entre les différentes autorités qui gèrent les instruments individuels, en favorisant et en promouvant des modèles de gestion partagée qui améliorent la durabilité et l'utilisabilité de l'ensemble du système. Grâce à cette collaboration, il est désormais possible de partager les connaissances et les bonnes pratiques pour l'installation et la gestion des outils, d'appliquer des normes en matière de gestion des données, et de créer et distribuer des ensembles de données interopérables pour les applications liées à la sécurité en mer.





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Observations et prévisions

Les modèles numériques utilisés pour la simulation de l'atmosphère et de la mer représentent une formidable source d'information qui requiert toutefois, en amont, une grande expérience dans divers domaines, de la physique de l'atmosphère et de la mer à l'analyse numérique, en passant par des compétences strictement liées à la gestion des ressources informatiques et matérielles et, pourquoi pas, à une sorte de capacité spécifique à mettre en œuvre, configurer et régler une série de paramètres physiques ou numériques caractérisant les modèles qui, à certains égards, requiert une capacité plus artisanale que purement scientifique ou, en tout cas, un mélange approprié de connaissances théoriques et empiriques.

Dans l'approche de la question de la sécurité en mer, notamment au cours du projet, les modèles ont été utilisés de nombreuses manières différentes. Les modèles ont une capacité extraordinaire à relier des informations à différentes échelles spatiales et temporelles. Contrairement aux données d'observation, auxquelles elles sont souvent opposées, les données de modèle, bien qu'elles ne puissent jamais être assimilées à des données de vérité, sont caractérisées par une continuité spatiale et temporelle des informations fournies sur une certaine zone et un certain intervalle de temps qui, si elles sont convenablement intégrées à un système de données d'observation, et grâce à diverses techniques et méthodologies, permettent de

- pour être utilisés comme interpolateurs à base physique de données ponctuelles observées autrement dispersées;
- de propager ces informations dans le temps, c'est-à-dire de permettre des prévisions à court et à long terme ou même, en reconstruisant les informations passées, de fournir une reconstitution du climat passé ou d'événements spécifiques intéressants.

Selon la capacité à fournir des informations relatives à un passé plus ou moins proche, ou à un futur plus ou moins lointain, des termes spécifiques sont utilisés qu'il convient de retenir: analyse, réanalyse, hindcast, forecast, nowcast, projection climatique.

Analyse: dans les modèles atmosphériques ou marins, cela correspond à la reconstruction des derniers jours, par exemple de la semaine ou des 10 jours précédents. Cette reconstruction se fait normalement en combinant le modèle avec un certain nombre d'observations sélectionnées (données in-situ et satellitaires). Cette analyse est normalement utilisée pour initialiser les modèles de prévision.

Réanalyse: il s'agit de la reconstruction d'une période passée qui peut également être très longue, en tout cas en fonction de la disponibilité des observations sur une certaine période (par exemple



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

30, 50 ans ou plus). Elle est normalement utilisée comme la meilleure reconstruction de l'état de l'atmosphère et de la mer sur un certain nombre d'années dans le passé, afin de fournir une climatologie homogène. La réanalyse est également basée sur l'utilisation d'algorithmes d'ingestion de données, un exemple étant les jeux de données ERA-Interim ou ERA5 du ECMWF.

Hindcast: il s'agit d'une reconstruction du passé qui utilise normalement des données provenant de modèles d'analyse ou de réanalyse comme données de forçage et/ou conditions initiales et/ou limites, elle est donc principalement utilisée pour des simulations à l'échelle régionale. Cependant, aucune autre contrainte n'est utilisée, comme l'assimilation de données, mais tout au plus les modèles sont validés a posteriori.

Prévision: il s'agit de la prévision météorologique ou océanographique traditionnelle, qui dure normalement de 24-48 heures à un maximum de 10-15 jours. Les prévisions sont caractérisées en termes de fiabilité, c'est-à-dire l'écart entre la prévision quantitative d'un phénomène et le phénomène effectivement observé. La fiabilité d'un modèle diminue à mesure que le moment de l'émission de la prévision recule. Aujourd'hui, les modèles jusqu'à 3 à 5 jours après le jour d'émission de la prévision sont considérés comme suffisamment fiables, cependant, les résultats des prévisions à 5, 10 ou 15 jours sont également utilisés, surtout si de nombreuses exécutions du même modèle (ensemble) sont disponibles pour être utilisées notamment pour comprendre les tendances à moyen terme.

Nowcast: à partir de maintenant, "now", sont les prévisions à très court terme ou à échéance (quelques heures) sur un domaine d'intérêt particulier, particulièrement répandues dans le domaine de la météorologie. Elles vont de pair avec l'observation immédiate et en temps réel des conditions météorologiques et maritimes et font appel à des instruments et informations météorologiques appropriés tels que les données fournies par les stations météorologiques, les sondages atmosphériques verticaux, les radars, les images satellites. Pour les applications de prévision immédiate, plutôt que de résoudre des modèles déterministes comme dans le cas des nowcasting, l'utilisation de modèles basés sur l'intelligence artificielle (apprentissage automatique, apprentissage profond) est de plus en plus diffusée.

Projection climatique: il s'agit de la prévision à très long terme utilisée dans la science du climat pour prévoir l'évolution potentielle du système climatique, dans lequel l'atmosphère et l'océan sont étroitement couplés. En Europe, les services climatiques les plus importants sont désormais gérés par le Copernicus Climate Change Service (C3S).

Les observations et les prévisions, discutées ci-dessus, et auxquelles sont liées respectivement les composantes T2 et T3 du projet SICOMAR Plus, sont intimement liées par une série d'exigences,



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

principalement liées à la nécessité de

1. interpoler d'une manière physiquement cohérente des observations mesurées de manière dispersée ou en tout cas non continue dans l'espace et le temps;
2. réduire l'incertitude des prédictions. La réduction de l'incertitude nécessite à la fois le réglage de certains paramètres du modèle pour réduire l'écart entre les simulations et les observations (calibration), et de vérifier a posteriori la qualité des données issues des modèles (validation), et enfin une série d'opérations visant à ingérer le contenu des données d'observation dans les modèles, afin de réduire les erreurs de modèle qui se propagent dans le temps, et ainsi rendre les prévisions plus fiables.

Ces concepts sont abordés dans les paragraphes suivants.

MODÈLES

Pour pouvoir faire des prévisions sur l'état de l'atmosphère ou l'état de la mer, soit sur une période de quelques jours (c'est-à-dire faire une prévision), soit sur des périodes plus longues, ainsi que pour faire des simulations de périodes passées, il faut des modèles numériques qui permettent à l'ordinateur de résoudre la forme discrétisée des équations fondamentales de la dynamique des fluides en géophysique. Ces modèles consistent en un ensemble de programmes informatiques qui contiennent les instructions et les tâches (algorithmes) que l'ordinateur doit exécuter, en un temps fini, appelé temps de calcul, pour trouver une solution approximative aux équations de la dynamique des fluides.

Les équations décrivant la dynamique des fluides géophysiques, également appelées primitives, sont des équations aux dérivées partielles et représentent mathématiquement les principes dont elles tirent leur nom: l'équation de conservation de la masse, l'équation de conservation de la quantité de mouvement et l'équation de conservation de l'énergie. À cela s'ajoutent l'équation d'état du fluide considéré et d'autres simplifications qui permettent de réduire le degré de complexité du système (par exemple, l'approximation hydrostatique) lorsque les hypothèses appropriées sont vérifiées. On parle de fluides géophysiques car les effets de la rotation de la terre (accélération de Coriolis) sont également pris en compte dans les équations et les substances considérées (air, eau salée) ont des caractéristiques et une composition variables.

La prédiction ou prévision n'est rien d'autre que la solution approximative de l'ensemble des équations mentionnées ci-dessus, obtenue à partir d'une configuration initiale particulière (et des conditions aux limites pour les modèles qui n'atteignent pas l'échelle globale), et décrit l'évolution



Interreg



SICMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

temporelle et spatiale des différentes variables qui apparaissent dans les équations primitives jusqu'à un certain instant futur connu sous le nom de temps de prévision.

On parle de solution approximative car il n'est pas possible de déterminer la solution exacte de la forme continue de l'ensemble d'équations. On se contente donc d'en calculer une version discrète, où le domaine spatial et temporel sur lequel les équations sont valables prend une forme discrète. Selon le type de méthode de résolution, on parle de différences finies, de volumes finis, d'éléments finis et de méthodes spectrales.

La nécessité de subdiviser l'espace (le temps) en points de calcul ou cellules (Figure 3) conduit à la définition de la résolution du modèle, c'est-à-dire une mesure du degré de détail employé dans la discrétisation des équations: des résolutions plus élevées impliquent des cellules plus petites et donc plus de détails, au prix, toutefois, de temps de calcul potentiellement beaucoup plus longs. En outre, le processus de discrétisation entraîne l'impossibilité de connaître la variabilité de l'information à des échelles spatiales (temporelles) inférieures à la résolution adoptée, également appelées échelles "sous-maille". Cela signifie que le modèle numérique ne peut pas "résoudre" de telles échelles spatiales (temporelles), c'est-à-dire qu'il ne peut pas donner une description de leur évolution. Cependant, leur effet sur la dynamique générale, c'est-à-dire celle que le modèle numérique est capable de résoudre, est pris en compte par le biais de paramétrages appropriés (par exemple, turbulence; échanges de quantité de mouvement, chaleur, humidité air-mer).

Les modèles atmosphériques constituent la base des prévisions météorologiques. Les variables pronostiques (variables qui ont une dépendance explicite du temps dans le système d'équations aux dérivées partielles) sont généralement les vitesses horizontales de l'air u et v (la verticale w si le modèle n'est pas hydrostatique), la température (potentielle) et l'humidité de l'air. Cependant, dans la pratique, ceux-ci peuvent varier en fonction du type de modèle et de la technique de résolution. Par exemple, pour l'IFS (Integrated Forecasting System) du ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecast), il s'agit de la température, de la divergence et de la vorticité, de l'humidité, de la pression de surface, de la nébulosité et des précipitations.

L'horizon temporel de la prévision est étroitement lié à la résolution du modèle et tend à se raccourcir à mesure que la résolution augmente (voir la section sur l'incertitude). Sur cette base, les modèles peuvent être subdivisés en modèles globaux (GM) et en modèles à aire limitée (LAM): les premiers considèrent l'ensemble de l'atmosphère terrestre tandis que les seconds, généralement à des résolutions plus élevées, se concentrent sur des portions limitées du territoire. Pour vous donner une idée, le modèle IFS global du ECMWF a une résolution horizontale de l'ordre de 9-10 km ($\approx 0,1^\circ$), 137 niveaux verticaux et un temps de prévision de 10 jours, tandis que le modèle américain GFS (Global Forecast System) exploité par le NCEP-NOAA (National Centers for



Environmental Information - National Oceanic and Atmospheric Administration) a une résolution horizontale de 0,25° et un temps de prévision d'environ 16 jours. Les modèles de zone limitée tels que ceux exploités par le consortium LaMMA ont des résolutions allant de 7 km à 2,5 km et des plages de prévision allant de 5 à 3 jours. D'autres partenaires du projet (ARPAL, Université de Toulon, Université de Gênes, ARPAS, CNR) font également tourner des modèles de prévision atmosphérique eux-mêmes, pas nécessairement à des fins de prévision opérationnelle.

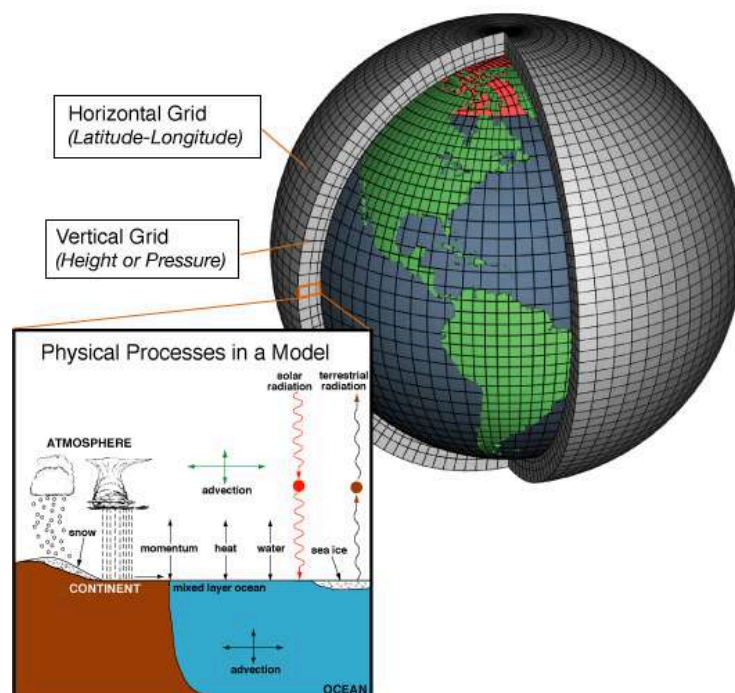


Figure 3: Schéma illustratif de la discrétisation atmosphérique réalisée dans un modèle numérique et esquisse des processus physiques considérés (source <https://www.noaa.gov>).

Les prévisions peuvent également être faites dans l'environnement marin et concerner à la fois des quantités océanographiques telles que les courants, la température et la salinité, et ce que l'on appelle "l'état de la mer", c'est-à-dire la hauteur, la direction et la période des vagues de vent de surface.

Les modèles océanographiques sont également basés sur les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement, de l'énergie et sur l'équation d'état de l'eau salée, qui relie la salinité, la température et la densité. En outre, dans la mesure du possible, les hypothèses simplificatrices peuvent être considérées comme valides. L'approximation de Boussinesq suppose que les variations de densité sont faibles par rapport à la valeur absolue de la densité du fluide, ce qui permet de négliger les effets de ces variations sur tous les termes des équations de continuité (fluide incompressible) et de mouvement, à l'exception du terme dans lequel la densité multiplie



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

l'accélération gravitationnelle. L'approximation hydrostatique, en revanche, permet de négliger les accélérations verticales par rapport à l'accélération de la gravité et de simplifier la composante verticale de l'équation de conservation de la quantité de mouvement. Afin d'éviter de résoudre les échelles de mouvement jusqu'aux échelles microscopiques, on suppose que la vitesse est constituée d'une partie moyenne et d'une partie fluctuante (turbulente) et que les équations sont moyennées sur des échelles de temps réduites (équations de Navier-Stokes moyennées par Reynolds - RANS). Cela conduit à la dérivation de termes supplémentaires appelés contraintes de Reynolds, qui décrivent la diffusion de la quantité de mouvement dans le fluide et sont déterminés par des modèles de fermeture appropriés pour le calcul des coefficients de diffusion turbulente.

La vitesse horizontale, la température et la salinité sont les variables pronostiques. La densité, la vitesse verticale (dans les modèles non hydrostatiques) et le niveau de la mer sont appelés variables de diagnostic et sont dérivés d'équations supplémentaires (par exemple, l'équation d'état). Ces quantités représentent, par exemple, la sortie du modèle océanographique opérationnel en service au Consortium LaMMA, qui a une résolution horizontale de 1,4 km et des prévisions jusqu'à 5 jours.

L'"état de la mer", qui rassemble des informations sur la hauteur, la période et la direction des vagues de vent, peut être obtenu à partir de modèles qui décrivent cette dynamique au sens spectral, c'est-à-dire en restituant un spectre d'énergie en fonction de la fréquence et de la direction des trains d'ondes, ou à partir de modèles qui résolvent les variations de la surface libre vague par vague.

Les premiers sont dédiés aux grandes échelles spatiales et temporelles allant du globe entier, jusqu'à des zones de l'ordre du km (avec une résolution maximale de l'ordre de la dizaine de mètres) et des plages temporelles variant entre les années et les jours. Ils sont appelés modèles de vagues à moyenne de phase et sont basés sur l'équation d'équilibre pour l'action des vagues, qui, contrairement à l'énergie, est conservée en présence de courants. Plusieurs modèles sont opérationnels chez les partenaires du projet, fournissant des prévisions allant de 3 à 7 jours avec des grilles structurées ou même non structurées à différentes résolutions.

Ces derniers sont utilisés à l'échelle côtière et pour des ondes de tempête individuelles ou des parties de celles-ci en raison de la résolution spatiale plus élevée requise (résolution minimale de l'ordre de 5 m) et sont appelés modèles à résolution de phase. Ces dernières ne sont toutefois utilisées que dans des applications très spécifiques, par exemple dans l'étude de l'agitation portuaire ou dans l'évaluation de l'impact des ondes de tempête sur la côte et les infrastructures côtières, mais presque jamais en mode opérationnel et en temps quasi réel.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SYSTÈMES DE PRÉVISION

L'objectif des systèmes de prévision opérationnelle est de fournir des prévisions météorologiques et/ou océanographiques quotidiennes que les gens peuvent utiliser pour prendre des décisions. Il peut s'agir de simples choix faits par des citoyens privés ou de décisions concernant des intérêts stratégiques, comme la mise en route par les institutions de systèmes d'alerte et de prévention des risques.

Un système de prévision consiste en une chaîne opérationnelle mise en œuvre sur les calculateurs de l'organisme gestionnaire, par laquelle, automatiquement, à des moments prédéterminés de la journée, une série d'outils informatiques vérifient les données et les manipulent pour créer les données d'entrée pour le lancement de la prévision, lancent la prévision et, une fois celle-ci terminée, post-traitent les données. Le résultat de chaque étape de la procédure est enregistré dans des fichiers "log" afin de pouvoir vérifier à nouveau la chaîne des événements et, en cas d'erreurs ou de dysfonctionnements, d'en identifier rapidement la cause.

Un aspect des systèmes de prévision à zone limitée (LAM), qui se concentrent donc sur une portion de territoire et/ou de mer, est la nécessité d'utiliser des conditions aux limites (et des conditions initiales selon la chaîne opérationnelle mise en œuvre) pour l'intégration de la prévision provenant de modèles globaux ou à plus grande échelle. L'étape de vérification de la disponibilité et de téléchargement des données depuis les serveurs des structures qui les fournissent (par exemple du ECMWF) est donc fondamentale.

Cependant, le bon fonctionnement de la chaîne opérationnelle n'épuise pas l'objectif du système de prévision. En effet, il est nécessaire que les résultats des modèles, ainsi que les informations recueillies en temps réel auprès du réseau d'observation, soient passés au crible et interprétés par des experts (prévisionnistes) afin de produire une prévision interprétable par les utilisateurs du service. En fait, il peut y avoir des conditions particulières dans lesquelles les modèles renvoient des résultats avec un degré d'incertitude plus élevé (voir la section suivante sur l'incertitude), et dans ces situations l'interprétation et l'expérience de l'expert sont strictement nécessaires. Il est également souhaitable de systématiser la vérification, basée sur des critères objectifs, en organisant une comparaison systématique entre les observations et les prévisions sur la base d'indicateurs statistiques tels que l'erreur (RMSE), la corrélation, l'écart type.

Les prévisions sont émises au moyen de "bulletins" contenant un résumé des informations associées à chaque prévision, telles que les températures prévues et les anomalies par rapport aux valeurs moyennes, la couverture nuageuse, la probabilité de pluie, la pression à la surface du sol et



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

les images satellites. Ils sont également associés à des cartes dynamiques construites à partir des sorties de modèles pour les variables clés, tant pour les prévisions atmosphériques et océanographiques que pour les prévisions d'état de la mer.

Dans les systèmes basés sur des modèles à aire limitée, les procédures automatiques de réduction des incertitudes sont difficilement mises en œuvre, à la fois en raison de la difficulté technique et parce que la disponibilité de réseaux d'observation locaux qui ajoutent des informations fondamentales doit être soigneusement étudiée.

En ce qui concerne la fiabilité du service, les cas de dysfonctionnements dus, par exemple, à des coupures de courant, à l'indisponibilité de l'Internet ou à d'autres facteurs susceptibles de limiter le fonctionnement du service ou l'exposition des services connectés (bulletins, données) au monde extérieur ne sont pas rares. Ces dysfonctionnements comprennent ceux pour lesquels les données des services mondiaux qui fournissent les conditions initiales et les conditions aux limites pour les modèles de zone limitée ne sont pas disponibles. Une stratégie pour augmenter la fiabilité du service peut consister à mettre en œuvre des chaînes opérationnelles redondantes, qui tirent des données globales de différents modèles, et à exécuter différentes procédures en parallèle, afin de réduire le risque de défaillance de l'une des procédures. Une certaine redondance dans les chaînes opérationnelles et les modèles est également utile car, en comparant plusieurs modèles ou configurations différentes d'un même modèle, les prévisionnistes disposent d'un éventail plus large d'indications à partir desquelles ils peuvent confirmer ou déduire des situations alternatives possibles.

INCERTITUDE

L'incertitude et la prévisibilité associées à un système dynamique sont deux grandeurs fortement corrélées: lorsque l'une augmente, l'autre tend à diminuer et vice versa. La prévisibilité est une mesure du degré de connaissance de l'évolution future du système dans certaines conditions initiales. L'incertitude, quant à elle, est une mesure de la fiabilité de la prédiction considérée. L'atmosphère et la mer étant deux systèmes dynamiques qui interagissent également, le problème de la possibilité de faire des prédictions sur leur état et de mesurer leur fiabilité est toujours un sujet de recherche.

Les premières études sur la prévisibilité des systèmes dynamiques, qui jetteront plus tard les bases de la météorologie moderne, ont été menées par Edward Norton Lorenz dans les années 1950 et 1960. Il a été le premier à montrer comment certains systèmes dynamiques non linéaires, même



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICCOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

relativement simples, possèdent des caractéristiques selon lesquelles la moindre variation des conditions initiales conduit à des évolutions de solution qui divergent rapidement et de manière exponentielle. Il a également montré comment certains systèmes, caractérisés par des échelles spatiales et temporelles des phénomènes qui varient sur plusieurs ordres de grandeur, sont par nature imprévisibles au-delà d'une certaine plage de temps finie.

Cette propension des solutions à diverger à partir d'un ensemble de conditions initiales voisines n'est pas nécessairement la norme. Lorenz lui-même a montré que certaines conditions initiales (c'est-à-dire certains états du système) peuvent produire des solutions qui ne divergent pas de manière significative. La figure 4 montre trois cas différents d'évolution des solutions du système d'équations de Lorenz pour des conditions initiales choisies alors que l'état du système varie: en haut à gauche, le cas où les trajectoires proches le restent; en haut à droite, une situation dans laquelle la proximité des trajectoires subsiste pendant un temps limité; en bas à gauche, le cas où les trajectoires ont tendance à diverger rapidement.

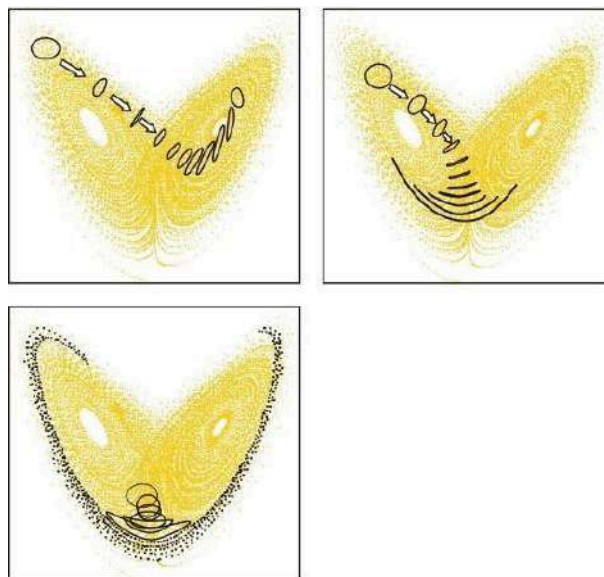


Figure 4: Évolution des solutions des équations de Lorenz pour différents ensembles de conditions initiales (image tirée de <https://www.ecmwf.int>).

La propension à l'imprévisibilité est donc une caractéristique de l'état spécifique du système étudié. D'un point de vue pratique, cela a des répercussions sur la fiabilité des prévisions météorologiques qui sont faites quotidiennement: certaines situations particulières permettent des prévisions plus fiables, tandis que d'autres conduisent nécessairement à une plus grande



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

incertitude, précisément parce que de petites erreurs sur les conditions initiales conduisent à une évolution du système complètement différente de la réalité.

Il est donc nécessaire, d'une part, d'essayer d'avoir des informations aussi précises que possible sur les conditions initiales et, d'autre part, d'attribuer une estimation de fiabilité aux prévisions ainsi obtenues.

La réduction de l'incertitude sur les conditions initiales peut être poursuivie par l'"ingestion" d'observations dans les modèles numériques. Aujourd'hui, notamment dans le domaine atmosphérique, une énorme quantité de données est mise à disposition principalement par les satellites, mais aussi par d'autres types d'instruments terrestres et non terrestres. La procédure qui permet d'incorporer les informations dérivées des observations dans l'état du modèle, augmentant ainsi sa représentativité par rapport à l'état réel du système (état vrai) est appelée Data Assimilation (DA; voir la section suivante sur l'Intégration).

Au lieu de cela, le calcul des probabilités est utilisé pour mesurer l'incertitude. Aujourd'hui, les prévisions météorologiques sont généralement accompagnées d'une probabilité d'occurrence. Pour calculer ces probabilités, on effectue un ensemble de simulations, appelé ensemble, qui diffèrent les unes des autres en raison de perturbations spécifiques des conditions initiales. Une distribution de probabilité est ensuite attribuée aux conditions initiales et une distribution de probabilité est également déterminée pour la prévision d'ensemble.

Cependant, les perturbations qui sont ajoutées aux conditions initiales pour la création de l'ensemble ne sont pas choisies au hasard, elles sont plutôt déterminées par les vecteurs singuliers du système (Singular Value Decomposition SVD), qui représentent les perturbations qui ont un taux de croissance plus élevé que les autres, dans une fenêtre de temps spécifique, permettant ainsi l'exploration des trajectoires évolutives qui ont tendance à être plus susceptibles de propager des erreurs.

Une autre proposition pour réduire l'incertitude pourrait envisager la possibilité d'augmenter la résolution du modèle numérique. D'une part, cela permet de résoudre des échelles de mouvement de plus en plus petites et de réduire potentiellement la nécessité de paramétrer les processus sous-grille; d'autre part, cela peut conduire à une réduction de la plage de temps de prévision en raison du plus grand nombre d'interactions qui existent entre les différentes échelles de mouvement, augmentant ainsi les degrés de liberté du système.

Toutes les procédures visant à réduire ou à quantifier l'incertitude, qui peuvent également être employées simultanément comme avec l'EDA (Ensemble of Data Assimilation) au ECMWF, nécessitent néanmoins une augmentation significative du coût de calcul et doivent donc être



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

choisies en mettant en balance les avantages, les coûts supplémentaires et la disponibilité des ressources de la part de l'installation.

INTÉGRATION

L'intégration des observations dans les modèles numériques peut se faire par le biais de diverses techniques numériques qui varient selon le degré de complexité et les résultats que l'on peut obtenir. L'idée derrière les techniques d'assimilation de données est d'utiliser de manière "optimale" les informations contenues dans la simulation de départ (également appelée solution de base) et celles contenues dans les observations disponibles, afin d'obtenir un état du système aussi proche que possible de l'état réel (true-state), à partir duquel une prévision peut ensuite être lancée. Il s'agit donc d'essayer de réduire l'incertitude des conditions initiales à condition de connaître les estimations d'erreur de l'état de fond et des observations.

Le terme optimal est utilisé car le résultat des procédures d'assimilation est la détermination d'un nouvel état, c'est-à-dire ce que nous appelons l'analyse. Les méthodes variationnelles y parviennent par la procédure de minimisation (maximisation) d'une fonction spécifique appelée fonction de coût. La fonction de coût est généralement définie comme la somme des écarts quadratiques entre le fond et l'analyse et entre les observations et l'analyse, chacun étant pondéré par leurs erreurs respectives (plus précisément par rapport aux matrices de covariance des erreurs du fond et des observations). Cela permet de rechercher une solution (analyse) aussi proche que possible du fond et des observations inversement proportionnelles à leurs erreurs associées. De plus, les informations sur les observations, qui sont dispersées et éparses par rapport à l'espace couvert par l'état du système, sont propagées et étendues à des points non affectés par le réseau d'observation.

Les principales méthodes d'assimilation de données comprennent l'interpolation optimale (OI), l'assimilation variationnelle tridimensionnelle (3DVAR) et son analogue quadridimensionnel (4DVAR), ainsi que le filtre de Kalman (KF).

OI et 3DVAR se concentrent sur un seul instant temporel, ce qui signifie que les observations assimilées sont considérées comme étant contemporaines de l'instant où le fond et donc l'analyse sont disponibles. Un autre progrès est réalisé grâce à 4DVAR. Dans ce cas, les observations sont assimilées le long d'une fenêtre temporelle, de l'ordre des heures ou des jours selon que le modèle est atmosphérique ou océanographique, et l'analyse correspond à une trajectoire évolutive du système qui tente de s'éloigner du fond en se rapprochant des observations, d'autant plus que celles-ci ont de faibles erreurs. La fenêtre d'assimilation correspond à un intervalle de temps allant



d'un instant spécifique dans le passé jusqu'à l'instant où la prévision est lancée. La condition initiale de lancement de la prévision (c'est-à-dire l'instant final de l'analyse) aura à ce moment-là encapsulé les informations disponibles dans les temps passés.

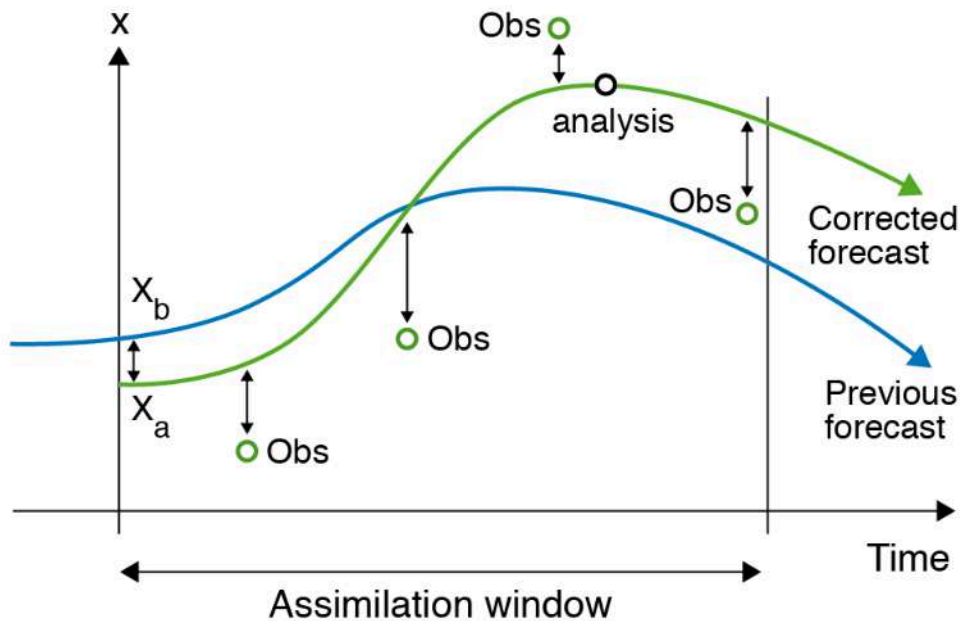


Figure 5: Sketch représentant conceptuellement l'assimilation de données. En bleu, l'état de fond et en vert l'analyse et la prévision suivante, au-delà de la fenêtre d'assimilation. Les cercles verts représentent les observations (image tirée de <https://www.ecmwf.int>).

La figure 5 présente un diagramme simplifié pour illustrer le fonctionnement du 4DVAR, dans lequel l'analyse (trajectoire verte jusqu'au début de la prévision) se situe "quelque part" entre les observations (cercles verts) et la trajectoire de fond (ligne bleue). Dans la figure, l'analyse est représentée par un cercle noir représentant l'instant auquel la prochaine prévision est lancée (il y a encore un abus de terminologie selon lequel l'analyse signifie à la fois la trajectoire du système corrigé après assimilation et l'instant à utiliser comme condition initiale pour la prévision). Si nous voulions considérer 3DVAR, nous n'aurions à nous concentrer que sur l'instant initial et la fenêtre d'assimilation serait réduite à un seul temps.

Dans le domaine océanographique, il existe de nombreuses observations qui peuvent être assimilées dans les modèles numériques, et celles-ci ont été décrites dans les paragraphes précédents. Toutes ces observations peuvent contribuer, par le biais de procédures d'assimilation, à réduire de manière significative l'incertitude des prédictions.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Systemes integrés de prévision à incertitude réduite : où en est le projet ?

Sortie : Mise en œuvre de systèmes de prévision intégrés pour la sécurité de la navigation

<i>Composant</i>	Activités	Produit
<i>T3 – SYSTÈMES INTÉGRÉS DE PRÉVISION POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES DE NAVIGATION</i>	T3.1 Réduire l'incertitude des systèmes de prévision de la circulation marine	T3.1.1
	T3.2 Modèles de prévision météorologique à incertitude réduite	T3.1.2



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Surveillance de l'environnement marin et côtier

La navigation constitue l'une des pressions anthropiques les plus importantes sur l'environnement marin, même sans tenir compte des conséquences des accidents en mer. Ces derniers, lorsqu'ils se produisent, aussi rares soient-ils, ont un impact énorme, surtout lorsqu'ils sont associés à des déversements en mer de marchandises et de substances dangereuses, telles que des hydrocarbures et d'autres substances toxiques pour l'environnement. Dans tous les cas, il est nécessaire d'accompagner la surveillance de l'environnement marin physique et chimique de la surveillance des composantes biologiques et écosystémiques de l'environnement, et de son état de contamination, à des fins multiples qui sont les suivantes:

1. l'évaluation de l'état biologique et de l'écosystème dans le temps, afin d'évaluer les changements liés à des phénomènes tels que la pollution, l'acidification, l'augmentation de la température de la mer;
2. l'estimation de la vulnérabilité de l'environnement marin et côtier pour cartographier les risques environnementaux sur lesquels fonder d'éventuelles politiques de réduction des risques.

Impact de la navigation sur les espèces et les écosystèmes marins

La navigation, qu'il s'agisse de bateaux de plaisance ou de grands navires, ainsi que les activités associées et les infrastructures de soutien, ont des impacts environnementaux potentiels sur les écosystèmes et les organismes marins. Ces impacts comprennent les modifications physiques des fonds marins au niveau du substrat et de l'habitat causées par l'ancrage et l'amarrage ainsi que par l'échouement des navires; les modifications des propriétés physico-chimiques de la colonne d'eau et du biote aquatique par l'application d'antifouling, les rejets opérationnels et accidentels (eaux de ballast et de cale, hydrocarbures, déchets et eaux usées), les collisions avec la faune et autres dommages (Byrnes, et al., 2020). L'impact environnemental du transport maritime sur le milieu marin se manifeste à plusieurs niveaux, notamment la pollution de l'air, les émissions de gaz à effet de serre, le rejet d'eaux de ballast contenant des espèces marines envahissantes et/ou exotiques, l'utilisation de produits antisalissures, les déversements d'hydrocarbures et de produits chimiques, le rejet de déchets (déchets marins), notamment de plastique, et le bruit sous-marin. Environ 90 % du commerce mondial est transporté par voie maritime: chaque année, les porte-conteneurs qui sillonnent les océans émettent environ 1 milliard de tonnes de dioxyde de carbone dans l'air, ce qui représente environ le 3 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Selon l'European Environment Agency, en ce qui concerne les émissions totales de gaz à effet de serre, 13,5 % d'entre elles provenaient du secteur du transport maritime dans l'UE en 2018. Bien que ces quantités soient inférieures à celles produites par le transport routier (71 %) et légèrement inférieures à celles générées par l'aviation (14,4 %), étant donné qu'environ 40 % de la population de l'UE vit à moins de 50 kilomètres de la mer, les émissions atmosphériques des navires sont particulièrement préoccupantes pour ces communautés. Comme les autres moyens de transport, les navires émettent des substances, notamment des oxydes de soufre (SOx), des oxydes d'azote (NOx) et des particules (PM), qui peuvent également affecter la santé humaine.

Les conteneurs perdus sont une source de déchets marins; selon l'état de la mer au moment où ils sont perdus, ils peuvent rester intacts dans l'eau ou libérer tout ou partie de leur contenu. Toutefois, les estimations du pourcentage du total des déchets rejetés par les conteneurs perdus en mer sont considérées comme faibles et négligeables dans l'UE, avec une moyenne de 268 conteneurs perdus par an sur 226 millions de conteneurs transportés dans le monde.

Parmi les dommages causés par la navigation, la pollution sonore sous-marine due aux moteurs et aux hélices des navires peut entraîner une perte d'audition et des changements de comportement chez les animaux marins. Entre 2014 et 2019, l'énergie acoustique sous-marine totale rayonnée et stockée dans les eaux de l'UE a plus que doublé. Le nombre de navires augmente donc, qu'il s'agisse de navires privés dans les zones côtières ou de navires commerciaux traversant les océans. Une augmentation concomitante du bruit sous-marin a été signalée dans plusieurs régions du monde. Compte tenu du rôle important que joue le son dans les fonctions vitales des mammifères marins, les recherches sur les effets potentiels du bruit des navires se sont multipliées, notamment ces dernières années. L'impact potentiel du bruit des embarcations sur les mammifères marins est considérable. Les effets importants comprennent, par exemple, les petits navires affectant les dauphins dans les zones côtières ou les grands navires commerciaux affectant les espèces menacées. Les raisons de ces combinaisons spécifiques de type de navire et d'espèce incluent le chevauchement spatio-temporel de la présence (Erbe et al., 2019).

En ce qui concerne l'introduction d'espèces non indigènes, celles-ci peuvent envahir de nouveaux habitats en adhérant à la coque des navires lorsqu'ils se déplacent d'un port à l'autre ou par le biais des eaux de ballast des navires, qui sont embarquées dans un port et relâchées à destination. Depuis 1949, le secteur de la navigation a été le principal responsable de l'introduction d'espèces non indigènes dans les mers de l'UE (avec 51 espèces à fort impact, soit près de 50 % du total). Par exemple, selon l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2019), les efflorescences algales nuisibles ont augmenté dans les zones côtières depuis le début des années 1980 en raison du réchauffement, de la désoxygénation et de l'eutrophisation, selon la réponse spécifique des



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

espèces aux effets interactifs du changement climatique et d'autres facteurs anthropiques.

Il faut également noter que les bateaux de plaisance peuvent causer des dommages aux écosystèmes côtiers, comme dans le cas des ancrages qui, en traînant, endommagent les herbiers de *Posidonia oceanica*, ce qui a un impact important étant donné que les taux de croissance de cette phanérogamie marine sont de 1 m par siècle (Milazzo et al, 2004).

Au cours des 30 dernières années, la quantité de pétrole transportée en mer n'a cessé d'augmenter. Entre 2010 et 2019, sur 44 marées noires de taille moyenne (c'est-à-dire des déversements de 7 à 700 tonnes d'hydrocarbures), cinq se sont produites dans les mers européennes ; au cours de la même période, trois marées noires majeures (dépassant 700 tonnes d'hydrocarbures) se sont produites dans l'UE sur un total de 18. La tendance est similaire pour les petits déversements d'hydrocarbures (moins de 7 tonnes), qui sont presque toujours volontaires. En 2019, grâce à la surveillance par satellite, un total de 7939 déversements possibles de ce type ont été détectés dans les eaux de l'UE, qui ont été confirmés dans 42 % des cas, étant des rejets de tailles diverses. Les marées noires ont évidemment des effets très négatifs sur divers organismes marins. Par exemple, les oiseaux de mer; l'exposition aux substances toxiques peut résulter de l'ingestion, de l'inhalation ou de la lubrification des œufs (King, 2021). Les déversements d'hydrocarbures peuvent également avoir des effets néfastes sur les mammifères marins, bien que de nombreuses espèces de cétacés vivent en haute mer et se déplacent dans de très vastes zones, et que leur contact avec un déversement d'hydrocarbures puisse être relativement bref, certaines espèces ont des exigences très précises en matière d'habitat pour se nourrir et/ou se reproduire et se déplacent entre des lieux spécifiques chaque année, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux produits chimiques qui peuvent se concentrer sur ces sites (Roger et al, 2014). L'exposition de la phanérogamie marine *Posidonia oceanica* aux marées noires génère des dommages aux pousses, comme cela a été observé après l'accident du pétrolier "Haven" en 1991. En Ligurie, aucun rhizome de plus de 8 ans n'a été trouvé dans les prairies de posidonies touchées par le déversement consécutive, confirmant la mortalité des pousses induite par l'événement. (Peirano et al, 2005). L'aquaculture est également affectée par les effets des hydrocarbures, comme l'ont montré des expériences de laboratoire dans lesquelles des événements de pollution ont été imités sur *Mytilus galloprovincialis*: des effets létaux ont été démontrés par tous les composés chimiques utilisés dans les tests (plomb, hydrocarbures aromatiques polycycliques).

Le nombre de collisions entre des navires et des cétacés a considérablement augmenté dans le monde entier depuis les années 1950. Ces dernières décennies, avec la croissance continue du trafic maritime et l'augmentation de la vitesse moyenne à laquelle les navires se déplacent, ce problème est devenu majeur. Dans certaines zones, le problème des collisions met en péril la



Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

survie de certains cétacés en tant que population ou espèce. Les collisions ont également des répercussions sur le bien-être des cétacés et la sécurité des humains (Ritter et al., 2019).

Le problème des déchets marins, en particulier le plastique, est également lié à la navigation, notamment aux bateaux de pêche. Selon des études récentes, une des principales sources de déchets plastiques en mer, les filets de pêche synthétiques, sont en fait des bateaux de pêche. Selon une étude récente, les observations par satellite de l'activité des navires de pêche combinées à des modèles mathématiques de pêche ont généré une estimation du fonctionnement et de la dispersion des engins de pêche dans le monde pour l'année 2018. Si l'on estime que les pêches industrielles au chalut, à la senne coulissante et à la palangre pélagique ont utilisé 2,1 millions de tonnes d'engins en plastique pour réaliser 49,7 millions de tonnes de captures, ce qui représente 74 % des pêches marines industrielles dans le monde, l'estimation médiane des engins en plastique perdus lors de l'utilisation de ces types d'engins est de 48,4 kt (Kuczynski et al, 2022)

Importance de la surveillance des espèces et des écosystèmes marins: législation

Le terme "biodiversité" désigne la variété des millions de plantes, d'animaux et de micro-organismes, les gènes qu'ils contiennent et les écosystèmes complexes qu'ils constituent dans la biosphère. Cette variété ne fait pas seulement référence à la forme et à la structure des êtres vivants, mais inclut également la diversité au sens de l'abondance, de la distribution et de l'interaction entre les différents composants du système. En d'autres termes, au sein des écosystèmes, les êtres vivants et les composants physiques et inorganiques coexistent et interagissent les uns avec les autres, s'influencent mutuellement. Au sein des écosystèmes, les espèces interagissent donc entre elles et avec leur environnement: cela crée des équilibres délicats, dont la perturbation peut avoir des effets en cascade très graves, comme par exemple dans le cas des impacts de la pêche sur les réseaux trophiques dans les écosystèmes marins. Par conséquent, les écosystèmes avec tous leurs composants vivants et non vivants doivent être conservés, et cela ne peut se faire que dans le lieu physique où ils existent. En effet, s'il est possible de déplacer une espèce menacée vers un environnement reconstitué pour la conserver, il est impossible de déplacer des écosystèmes entiers. En outre, bien que les actions de gouvernance se concentrent sur les espèces menacées, les altérations au niveau des espèces communes et répandues peuvent affecter le fonctionnement des écosystèmes, de sorte que le chemin à parcourir est encore long.

La protection et la conservation des espèces et des écosystèmes passent également par la liste rouge des espèces menacées et la liste rouge des écosystèmes, toutes deux établies par l'IUCN



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

(Union internationale pour la conservation de la nature). Ces deux listes évoluent et sont en train de devenir la source d'informations la plus complète au monde sur le statut de risque d'extinction des espèces animales, fongiques et végétales. Ils constituent un outil permettant d'observer les symptômes du déclin - perte de surface et de fonction de l'écosystème - mais aussi les causes de celui-ci. Cela est extrêmement utile pour la gestion des écosystèmes et des espèces. En service depuis 50 ans, la Liste rouge de l'IUCN est l'inventaire le plus complet du risque d'extinction des espèces au niveau mondial. Il se fonde sur un système de catégories et de critères quantitatifs et scientifiquement rigoureux, dont la dernière version remonte à 2001. Ces catégories et critères, applicables à toutes les espèces vivantes à l'exception des micro-organismes, constituent la norme mondiale pour l'évaluation du risque d'extinction. Depuis 1950, l'homme a modifié les écosystèmes à un rythme plus rapide qu'à tout autre moment de l'histoire. Les politiques publiques doivent donc reposer sur des bases solides pour endiguer ou réduire ces pertes. Cependant, les efforts de surveillance de l'état des écosystèmes ont été entravés par l'absence d'un cadre scientifique sans ambiguïté permettant d'identifier les écosystèmes les plus susceptibles de disparaître. Depuis 2008, il existe une norme mondiale pour l'évaluation des risques liés aux écosystèmes, ce qui a permis à l'IUCN de jeter les bases de la liste rouge des écosystèmes (RLE), un outil essentiel car il permet d'aborder différents aspects des politiques publiques d'un point de vue mondial et national et aide les pays à atteindre les objectifs de conservation internationaux. L'application conjointe du RLE avec d'autres produits de connaissance de l'IUCN offre une opportunité unique pour la planification de la conservation. Ainsi, une surveillance complète implique des actions sur les espèces individuelles et les écosystèmes.

Au niveau de l'UE, la surveillance des espèces menacées et des écosystèmes marins est réglé par des directives spécifiques. En particulier, la directive-cadre "Marine Strategy" 2008/56/CE (Marine Strategy Framework Directive-MSFD) du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 établit un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin. Elle complète la législation antérieure (Water Framework Directive 2000/60/CE, convention d'Aarhus, directive sur les oiseaux sauvages 2009/147/CE, directive Habitats 92/43/CEE, directive Oiseaux 79/409/CEE). La MSFD, ainsi que les directives "Habitats" et "Oiseaux", constituent un cadre politique et juridique solide pour le respect des engagements internationaux en matière de protection de la biodiversité marine dans son ensemble. Dans la Marine Strategy, chaque État membre doit élaborer une stratégie marine spécifique pour ses zones marines. Cette stratégie doit s'appuyer sur onze descripteurs (figure 1) définis par la Commission européenne. Sur cette base, les États membres et les organes de rapport définissent des objectifs et des indicateurs pour atteindre un bon état écologique. Les onze descripteurs du MSFD sont définis comme garantissant le maintien de la diversité biologique, la qualité et l'occurrence des habitats, ainsi que la



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

distribution et l'abondance des espèces en fonction des conditions physiographiques, géographiques et climatiques dominantes.

L'objectif de la Marine Strategy, ainsi que des directives qu'elle met en œuvre, est de mettre un terme à la perte constante de biodiversité due à divers phénomènes. Outre les effets du changement climatique, la pollution apporte une contribution substantielle, avec la contamination par des substances dangereuses provenant d'environnements terrestres, et surtout avec les déversements d'hydrocarbures résultant d'accidents maritimes, de la navigation, des plateformes pétrolières et gazières offshore, et de la mise au rebut de navires marchands désaffectés. Les bateaux et les activités maritimes ont également un impact en termes de bruit. En outre, les autres pressions visées par la directive sont : les activités de pêche en mer, l'introduction d'espèces exotiques par les eaux de ballast ou les salissures, l'apport de nutriments (eutrophisation) et les déversements illégaux de substances radioactives. Chaque pays de l'UE dispose d'un programme de surveillance des eaux marines côtières : dans ce cadre, la Marine Strategy a complété et mis en œuvre le cadre existant.

Outils de surveillance

Les pays européens appliquent la surveillance institutionnelle conformément aux directives européennes et au cadre réglementaire antérieur. Dans certains cas, il s'agit de prélever des échantillons d'eau ou d'espèces afin d'identifier certaines caractéristiques à surveiller, ou de détecter la qualité de l'eau en termes de paramètres physiques, chimiques, biologiques ou biogéochimiques. Pour donner un exemple lié aux espèces et aux habitats, le descripteur 1 de la Marine Strategy, la biodiversité, comprend l'évaluation de la condition et de la taille d'une population, ainsi que l'étendue et la condition de l'habitat. Pour donner un exemple, dans le cadre de la transposition de la directive en Toscane, en ce qui concerne les populations, les espèces observées sont les suivantes : Oiseaux marins, *Pinna nobilis*, poissons côtiers, reptiles marins (*Caretta caretta*), *Patella ferruginosa*, mammifères marins. En ce qui concerne les mammifères marins, par exemple, l'application de la directive en Toscane prévoit le suivi de *Turiops truncatus* dans les transects maritimes surveillés également pour la présence de microplastiques et d'habitats pélagiques. Rappelons que l'aire marine de coopération du projet correspond au Sanctuaire Pelagos, principale Aire Protégée d'Importance pour la Méditerranée (SPAMI), caractérisée par un important patrimoine naturel et soumise à de fortes pressions anthropiques. En ce qui concerne les habitats, la directive prend en compte les habitats benthiques de *Posidonia oceanica* et de *mäerl*, les conditions du benthos au niveau des coraux coralligènes et profonds, les



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

éla smobranche s démersaux, les poissons côtiers, le plancton. Les données obtenues par la surveillance institutionnelle sont diffusées sur le portail Eionet (European Environment Information and Observation Network).

De nombreuses espèces et écosystèmes sont en danger, et les outils de surveillance offrent également des pistes à côté des outils institutionnels, comme les plateformes à usage partagé telles que le portail EMODnet (European Marine Observation and Data Network), un réseau d'organisations soutenu par la politique maritime intégrée de l'UE qui travaillent ensemble pour traiter les données collectées selon des normes internationales et rendre ces informations librement disponibles sous forme de produits interopérables. Il s'agit d'une politique intégrée en matière de données marines qui ouvre de nouvelles possibilités d'innovation et de croissance. Les données disponibles couvrent la bathymétrie, l'habitat du fond marin, la chimie, la biologie, la physique et les activités anthropiques. Pour la biologie, des cartes de distribution des espèces sont disponibles, obtenues à partir du suivi institutionnel ainsi que de projets de recherche individuels. Par exemple, pour la phanérogamie marine *Posidonia oceanica* et le cétacé marin *Balenoptera physalius*, les informations présentées dans les figures 3 et 4 peuvent être obtenues et les shapefile correspondants téléchargés.

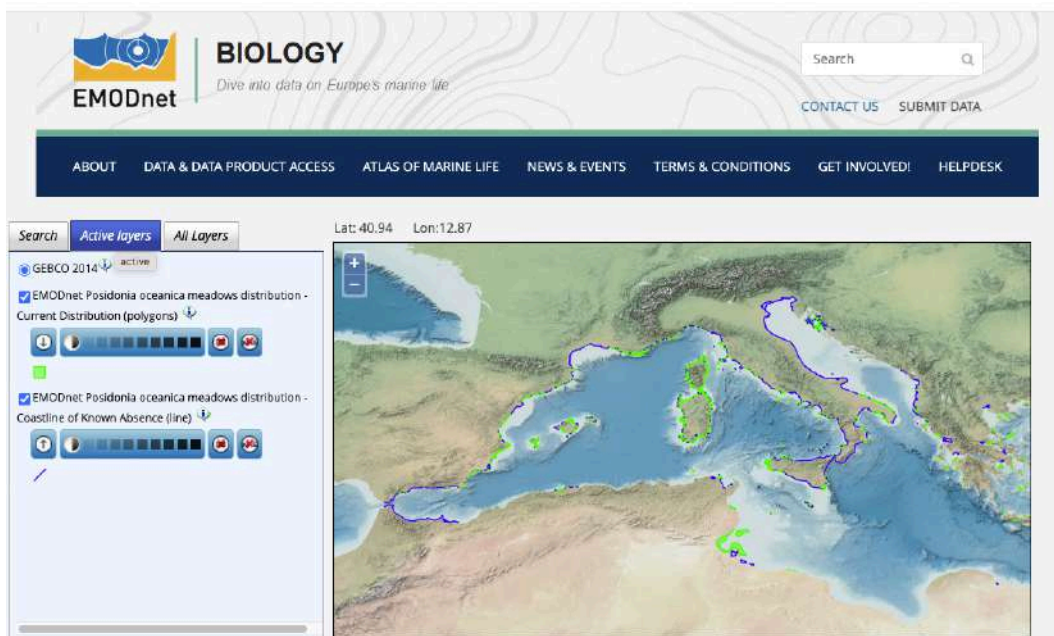


Figure 6 : Carte de distribution de *Posidonia oceanica*, par Emodnet.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

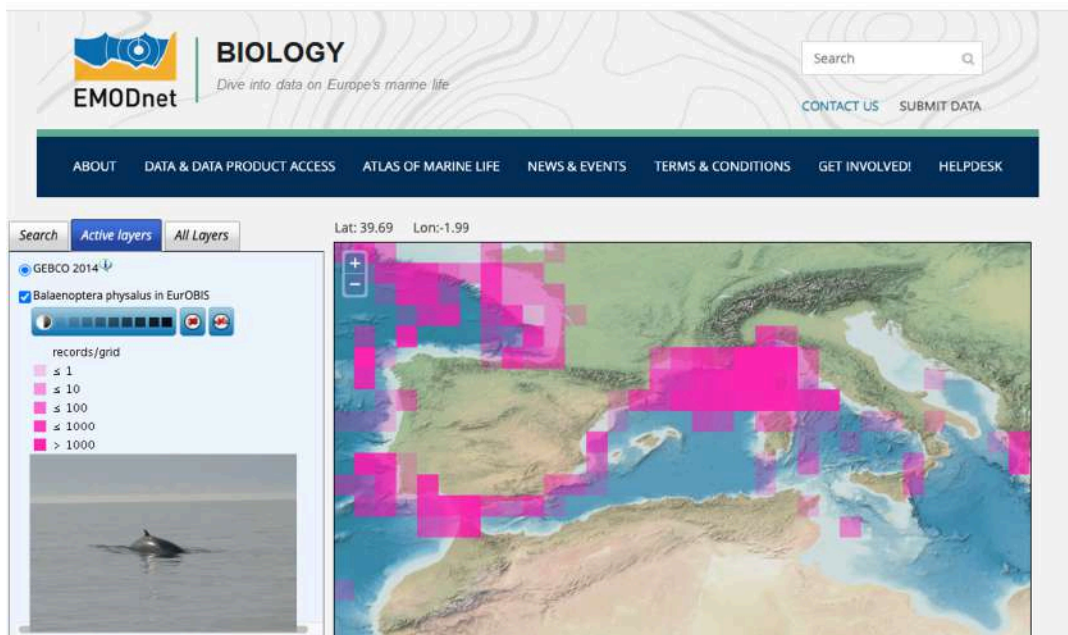


Figure 7 : Carte de distribution de *Balaenoptera physalus*, par Emodnet.

En Italie, afin de mettre en œuvre la surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, comme l'exigent les directives "Habitats" et "Oiseaux", l'ISPRA a publié un manuel dans le but de fournir un guide méthodologique standardisé pour la mise en œuvre des programmes nationaux de surveillance des espèces et des habitats dans les mers italiennes. Les évaluations des espèces et des habitats doivent être réalisées à l'échelle biogéographique, en se référant à des paramètres spécifiques. L'état de conservation des espèces et des habitats figurant dans les annexes de la directive "Habitats" doit être évalué à l'échelle d'une région biogéographique (la région marine méditerranéenne), sur la base de paramètres spécifiques. Les paramètres requis pour les espèces sont : "l'aire de répartition" (par rapport à la distribution), "la population", "l'habitat de l'espèce" et "les perspectives d'avenir" ; ceux des habitats sont : "la superficie", "l'aire de répartition", "la structure et les fonctions" et "les perspectives d'avenir".

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/manuali-per-il-monitoraggio-di-specie-e-habitat-di-interesse-comunitario-direttiva-92-43-cee-e-direttiva-09-147-ce-in-italia-ambiente-marino>



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Application des directives "Habitats" et "Oiseaux" dans les régions spatiales transfrontalières

En application des directives européennes et de la législation nationale de transposition, la Région Toscane a promulgué la loi régionale n° 56 du 6 avril 2000 (abrogée et remplacée par la LR 30/2015 - Règles pour la conservation et la valorisation du patrimoine naturel et environnemental régional), et a lancé une politique globale de protection de la biodiversité. Avec cette loi, la Toscane a défini son réseau écologique régional composé de l'ensemble des SIC, des ZPS et des zones protégées supplémentaires appelées SIC (sites d'intérêt régional). Ces dernières zones, qui ne sont pas incluses dans le réseau Natura 2000, ont été identifiées par la Région dans le but d'élargir le cadre de l'action communautaire en protégeant également les habitats et les espèces animales et végétales qui ne figurent pas parmi ceux à protéger en vertu des directives communautaires susmentionnées.

Le réseau régional Natura 2000 comprend 13 sites marins en Toscane, 11 ZSC (zones spéciales de conservation) et les SIC "Protection du Tursiops Truncatus" (le plus grand site de la Méditerranée pour la protection du dauphin) et "Calafuria - zone terrestre et maritime".

633 km de côtes, les 7 îles principales de l'archipel toscan, 13 sites marins en Toscane avec 11 ZSC - Zones spéciales de conservation et les SIC "Protection du grand dauphin Tursiops truncatus", le plus grand site de la Méditerranée pour la protection de ce dauphin, et "Calafuria - zone terrestre et marine pour la protection des biocénoses coralligènes d'intérêt pour la conservation" ; une liste étendue d'activités qui ont un rapport direct avec la mer (baignade, biodiversité, tourisme, transport, pêche, plaisance). Mais surtout, un Observatoire toscan de la biodiversité créé par la Région Toscane avec la loi 30/2015 art.11, qui est chargé de coordonner les actions et le suivi des activités liées à cet énorme patrimoine naturel. Un réseau qui serpente le long de la côte et dans la mer pour, tout d'abord, enregistrer notre biodiversité marine.

En particulier, les zones relatives aux îles de Giannutri, Gorgona, Capraia, Pianosa et Montecristo correspondent aux zones de protection de la mer déjà prévues dans la planification actuelle du parc national de l'archipel toscan. Ce chevauchement entre les deux systèmes de protection (Réseau Natura 2000 et Zone protégée) contribue en fait à garantir une plus grande protection des espèces et des écosystèmes qui caractérisent la zone de compétence de l'Observatoire toscan des cétacés et une partie de celle du Sanctuaire international Pelagos.

Afin de compléter le Réseau Natura 2000 en mer, avec la Délibération du Conseil régional 27 du 26 avril 2017, a été désigné le site " Fondali tra le foci del Fiume Chiarone e Fiume Fiora ", partagé avec la Région Lazio, qui est ensuite devenu une ZSC avec le décret ministériel du 3 février 2021.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

À ce jour, seule la zone des "Secche della Meloria" a été établie en tant qu'aire marine protégée, la première en Toscane, située dans la mer au large des côtes de Livourne et de Pise, et caractérisée par la présence d'habitats marins d'une valeur paysagère et de conservation extraordinaire, composés d'une alternance de zones rocheuses avec les fonds marins caractéristiques en forme de bassin typiques de la zone et de prairies de posidonies (un habitat prioritaire en vertu de la directive Habitats).

Le réseau Natura 2000 en Sardaigne se compose actuellement de 31 sites de zones de protection spéciale de type " A ", de 87 sites de type " B " d'importance communautaire (environ 20 % de la superficie régionale), dont 56 ont été désignés comme zones spéciales de conservation par décret ministériel du 7 avril 2017, et de 6 sites de type " C " dans lesquels les SIC/CSA coïncident complètement avec des ZPS ; par décret ministériel du 8 août 2019, 23 autres zones spéciales de conservation et 2 autres sites de type " C " ont été désignés.

Il existe deux parcs nationaux dans la région de la Sardaigne, à savoir le parc national de l'île d'Asinara et le parc national de l'archipel de la Maddalena.

Le parc international des Bocche di Bonifacio est un parc marin situé en Corse (France) et en Sardaigne (Italie), composé de la réserve naturelle des Bocche di Bonifacio et du parc national de l'archipel de La Maddalena.

La réserve naturelle de Bocche di Bonifacio, créée en 1999, est un parc marin en Corse. La réserve est classée comme une zone spécialement protégée d'intérêt méditerranéen.

Le détroit de Bonifacio est l'un des sites naturels les plus attrayants de la Méditerranée occidentale.

La richesse et la sensibilité du " capital naturel " de cet isthme marin, renforcées par son étroitesse et l'importance depuis le néolithique de nombreux échanges corso-sardes, ont permis d'initier l'idée d'une protection transfrontalière de ce détroit international, par ailleurs soumis à diverses menaces anthropiques, comme le trafic intense de pétroliers et autres navires transportant des substances dangereuses.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Protocoles de partage des données: état de l'art et problèmes restant à résoudre

Le partage et la réutilisation des données: un devoir, une nécessité.

Au cours des dernières décennies, face à l'incroyable développement du secteur des ICT vers de nouveaux capteurs et outils, l'acquisition de données et d'informations dans toutes les disciplines a connu une croissance exponentielle, soulignant combien la nécessité de les partager et de les réutiliser devrait être, en termes de durabilité, l'un des principes fondateurs. D'une part, la réutilisation permet de récupérer les investissements de ceux qui ont produit ces informations, faisant ainsi progresser l'état des connaissances ; d'autre part, elle profite à ceux qui utilisent ensuite ces données à d'autres fins. De ces deux points de vue, il en résulte une croissance économique et le développement d'une communauté.

L'un des aspects les plus agréants pour le partage des informations environnementales s'est avéré être la dimension géospatiale. En fait, cette caractéristique est indispensable non seulement pour décrire des données intrinsèquement dépendantes de la géolocalisation, mais aussi comme facteur commun dans la description d'informations statistiques ou de données socio-économiques sur lesquelles se concentrent les actions commerciales et de planification.

Sur la base de ces principes, les récentes politiques communautaires ont œuvré à la mise en place d'infrastructures et de référentiels de partage d'informations publiques. Les méthodes de partage ne peuvent se référer qu'à des normes de données et de services. Les premières concernent le contenu thématique des informations à partager, y compris la spécification du modèle de données, des formats de transfert physique, des ontologies et des dictionnaires adoptés. Ces derniers font référence aux protocoles et aux modes d'accès, par le biais de géoportails et d'infrastructures web pour le dépôt de données.

Les normes internationales non thématiques liées à la géomatique peuvent être réparties en deux grandes catégories:

ISO TC/211: l'organisation mondiale de normalisation (ISO) avec le comité technique 211 sur la géomatique. L'ISO est composée d'organismes de normalisation dans les différents pays qui votent sur les différentes étapes d'approbation de la norme. L'organisme national pour l'Italie est l'UNI, le secteur relatif à l'information géographique est l'UNINFO. Les normes ne sont pas mandatées, sauf



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

si elles sont spécifiquement déclinées dans le contexte européen par le Comité européen de normalisation (CEN). Le CEN TC/287 est le comité technique de l'information géographique. Ces normes portent sur des questions liées aux données géospatiales en général, allant de la structure des données aux modalités et à la formalisation des langages de description et d'échange. Toutefois, ils s'appuient tous sur un profil abstrait et n'abordent pas les questions et les cas d'utilisation spécifiques. Les exceptions sont les normes sur le thème de l'adressage (19160 Addressing) et de la couverture terrestre (19144 - Land Cover Meta Language) en tant que sujets ayant un impact global sur le géocodage et les classifications de couverture terrestre. Les normes sont gratuites pour les organismes nationaux et les experts des comités d'édition, payantes pour tous les autres.

OGC: Open Geospatial Consortium. Un consortium mondial pour la normalisation des données géospatiales où convergent la plupart des entreprises et multinationales privées qui s'occupent de logiciels, d'API (interface de programmation d'applications) et de services liés à la sphère géospatiale. L'OGC peut également être rejoint par d'autres types d'entités telles que des administrations publiques, des organismes universitaires et de recherche, etc. Les méthodes de formalisation des normes sont similaires à celles des normes ISO et CEN pour le secteur de la géomatique, mais à la différence de ces dernières, l'OGC adhère davantage à l'évolution des ICT en termes de fréquence de mise à jour et d'émission de normes, et surtout à un plus grand respect des formats physiques de transfert et d'interopérabilité des données et services géospatiaux considérés. L'accès à ces normes est également libre et gratuit. Pour ces caractéristiques, les normes de l'OGC sont plutôt bien connues de la communauté géospatiale des utilisateurs et des développeurs. En outre, en raison du plus grand dynamisme avec lequel elles sont publiées, la réadoption en l'état n'est pas rare, même au sein de l'ISO et du CEN (par exemple, au sein de l'ISO TC/211, la norme 19136 GML - Geographic Markup Language, est dérivée de la norme OGC du même nom).

Au sein de l'UE, la législation qui régit à la fois les données et les services géospatiaux intéressant l'administration publique est la directive INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), entrée en vigueur le 14 mars 2007, qui vise à établir une infrastructure géographique européenne (directive 2007/2/CE). Les moyens d'infrastructure géographique:

- modèles de données partagés pour l'échange de données
- services d'accès aux informations géospatiales standard et interopérables

En ce qui concerne les données (point 1), trois annexes ont été définies dans la législation avec la description de 36 sujets d'intérêt dans les études environnementales, subdivisés comme suit:



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Services Copernicus

Entre-temps, en raison de l'évolution frénétique des ICT, l'interopérabilité et le partage de l'information sont passés du statut de "devoir" pour les administrations publiques à celui de "nécessité" opérationnelle pour tous ceux qui, à des fins commerciales ou de recherche, traitent de l'observation de la terre et des informations géospatiales. Cette nécessité a été saisie en premier lieu par le programme Copernicus (<https://www.copernicus.eu/fr>).

Les services Copernicus sont identifiés sur 6 thèmes de base



Pour chacun de ces thèmes, les services Copernicus sont basés sur le traitement de données environnementales pertinentes provenant d'observations satellitaires et de capteurs in situ. Les utilisateurs de Copernicus peuvent également accéder directement aux données satellitaires. Les services et les données de Copernicus sont offerts gratuitement aux utilisateurs.

Copernicus est servi par une série de satellites dédiés (les familles Sentinel) et de missions participantes (satellites commerciaux et publics existants). Les satellites Sentinel sont spécifiquement conçus pour répondre aux besoins des services Copernicus et de leurs utilisateurs. Le lancement de Sentinel-1A en 2014 par l'Union européenne a marqué le début d'un processus visant à mettre en orbite une constellation de près de 20 satellites supplémentaires d'ici 2030. Copernicus collecte également des informations à partir de systèmes in situ tels que les stations terrestres, qui fournissent des données acquises par de nombreux capteurs situés au sol, en mer ou dans l'atmosphère.

En les analysant et en les traitant, les services Copernicus transforment cette profusion de données collectées par les satellites et les systèmes in situ en informations à valeur ajoutée. Les ensembles de données acquises au fil des années et des décennies sont indexés et rendus comparables,



Interreg



UNIONE EUROPEA

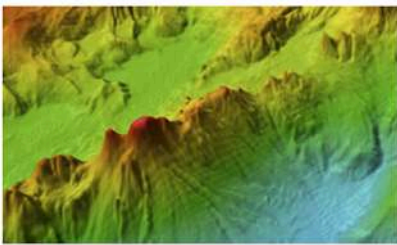


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

assurant ainsi le suivi des changements; les modèles structurels sont examinés et utilisés pour accroître la capacité de prévision, par exemple dans l'analyse des océans et de l'atmosphère. Des cartes sont créées à partir d'images satellites, les caractéristiques et les anomalies sont identifiées et des informations statistiques sont extraites.

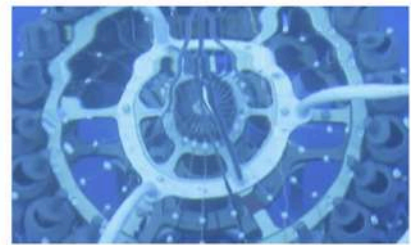
EMODnet (European Marine Observation and Data Network): est un réseau d'organisations soutenu par la politique maritime intégrée européenne. Toutes les organisations participantes travaillent ensemble sur les observations marines, traitent les données selon des normes et rendent les données et les produits connexes librement disponibles.



Bathymetry



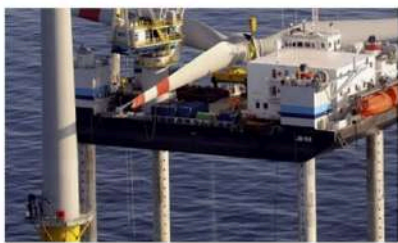
Biology



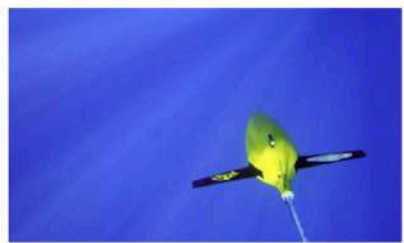
Chemistry



Geology



Human activities



Physics



Seabed habitats



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Le cadre communautaire et le rôle des états membres

Les États membres jouent un rôle important dans le déploiement des services spatiaux de l'UE. Ils travaillent en partenariat avec l'UE et d'autres entités, mais peuvent adopter leurs propres stratégies ou programmes spatiaux et mener leurs propres actions pour soutenir le déploiement des services fournis par les programmes spatiaux de l'UE, sans être tenus de les coordonner avec la Commission. Le PRS (Public Regulated Service) de Galileo répond directement aux besoins des autorités nationales. Avec les institutions et organes européens ou internationaux, les "utilisateurs de base de Copernicus" sont les autorités européennes, nationales, régionales ou locales chargées de définir, de mettre en œuvre, d'exécuter ou de contrôler le service ou la politique publique.

Niveau régional/local

Au niveau régional et local, les directives et les lignes directrices sont donc dictées par les organes supérieurs de l'État et de l'UE. Mais les services Copernicus soutiennent un large éventail d'applications en faveur des zones urbaines, de la planification régionale et locale, de l'agriculture, de la sylviculture, de la pêche, de la santé, des transports, du changement climatique, du développement durable et de la protection civile. En outre, chaque entité exerce ses fonctions en ayant à l'esprit l'application des réglementations supérieures, mais sans avoir de mandat direct pour les faire appliquer. Par conséquent, les directives ne sont pas automatiquement extensibles au niveau local; elles ont parfois un impact de transposition significatif dans les chaînes opérationnelles des petits opérateurs, ne serait-ce que dans l'activation de "ressources d'écoute" pour les politiques communautaires mises en place. Pour cette raison, les niveaux régionaux et locaux ont davantage besoin de sensibilisation et de formation par rapport à ces initiatives, discrétisant des informations à caractère plus opérationnel plutôt que sur les systèmes de recherche maximale qui sont plus appropriés et plus impactants de ces programmes.

Le Phénomène opendata

Au cours de la dernière décennie, le besoin a commencé à se faire sentir non seulement de rendre les données des administrations publiques disponibles, mais surtout de les rendre accessibles et réutilisables selon des critères d'interopérabilité standard. Les données ouvertes peuvent en effet avoir un impact considérable sur les sphères politique, sociale et économique. D'où l'urgence d'un grand effort de mobilisation de l'information. En fait, aujourd'hui encore, la "culture des données publiques" continue d'être fermement établie uniquement parmi les initiés, excluant de fait de



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

grandes opportunités de développement économique à différents niveaux de productivité.

C'est pourquoi, en Italie, « les lignes directrices nationales pour la valorisation du patrimoine informationnel public » ont été rédigées en 2017. Ils représentent les spécifications de référence pour les administrations publiques italiennes qui mettent leurs données à disposition dans un format ouvert. Dans ces lignes directrices, une série d'actions sont proposées pour soutenir l'utilisation et la diffusion des données en vue d'améliorer le patrimoine informationnel public.

Plus précisément, les données spatiales constituent donc l'élément cognitif de base pour toutes les politiques de gestion des terres. La connaissance du monde réel, sous tous ses aspects, est cruciale à la fois comme outil de développement et comme aide à la décision dans de nombreux domaines tels que les politiques de sécurité, la protection civile, l'aménagement du territoire, les transports, l'environnement.

Le lien étroit entre les données ouvertes et l'interopérabilité exige toutefois que ces informations soient mises à disposition avec des critères standard qui peuvent être automatiquement réinterprétés dans d'autres domaines d'information. Cette caractéristique signifie que, dans les systèmes dits "fédérés", les plateformes logicielles sont communicantes et que les informations sont rendues accessibles dans plusieurs nœuds et sur différents canaux, tout en évitant toute forme de réplique des données. De plus, les données en tant que telles résident chez l'organisme qui en est propriétaire (conformément aux principes fondateurs de la directive INSPIRE). Les mêmes documents dans les métadonnées appropriées cataloguent les informations accompagnant un certain jeu de données et attribuent une licence spécifique pour son utilisation.

Il existe plusieurs possibilités de "licence" pour les données, la plus répandue et la plus conforme à la philosophie de l'OpenData étant l'attribution CC-by (version 4.0). En résumé, cette licence permet la reproduction, la distribution, l'affichage public, la modification et la transformation des ensembles de données qui lui sont associés, en reconnaissant une mention appropriée de la paternité et en interdisant que des restrictions supplémentaires à celles accordées dans la licence originale soient appliquées à ces données.

Par conséquent, chaque ensemble de données affiché doit être accompagné d'une licence appropriée indiquant comment cet ensemble de données peut être utilisé.

Les prérogatives d'ouverture de ses données au monde extérieur, tout en représentant une révolution copernicienne par rapport à l'attitude protectionniste envers ses propres données, pour les réalisations nécessaires à leur efficacité, ont un impact considérable à la fois sur les ressources (humaines et économiques) d'une organisation, et surtout sur le système organisationnel avec lequel les organisations sont actuellement structurées. En particulier, l'effort à fournir concerne la définition d'une politique claire d'exposition des données au niveau central, ainsi que la création



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

de compétences multidisciplinaires spécifiques capables de répondre conjointement aux exigences technico-juridiques de validation et de certification des données. C'est pourquoi, surtout au niveau local, cette innovation a du mal à s'imposer de manière systématique. Par conséquent, même la question de l'ouverture des données (ainsi que celle de la transposition des normes) ne peut pas être adressée uniquement aux grands organismes capables de déployer les ressources nécessaires en peu de temps, mais une action complémentaire d'organismes superposés capables de soutenir positivement le débordement de cette évolution également vers les organismes locaux qui, par ailleurs, détiennent des données auxiliaires et typiquement plus détaillées.

ANNEX: 1



Addresses



Administrative units



Cadastral parcels



Coordinate reference systems



Geographical grid systems



Geographical names



Hydrography



Protected sites



Transport networks

ANNEX: 2



Elevation



Geology



Land cover



Orthoimagery



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ANNEX: 3



Agricultural and aquaculture facilities



Atmospheric conditions



Buildings



Environmental monitoring Facilities



Human health and safety



Meteorological geographical features



Natural risk zones



Population distribution and demography



Sea regions



Species distribution



Utility and governmental services



Area management / restriction / regulation zones & reporting units



Bio-geographical regions



Energy Resources



Habitats and biotopes



Land use



Mineral Resources



Oceanographic geographical features



Production and industrial facilities



Soil



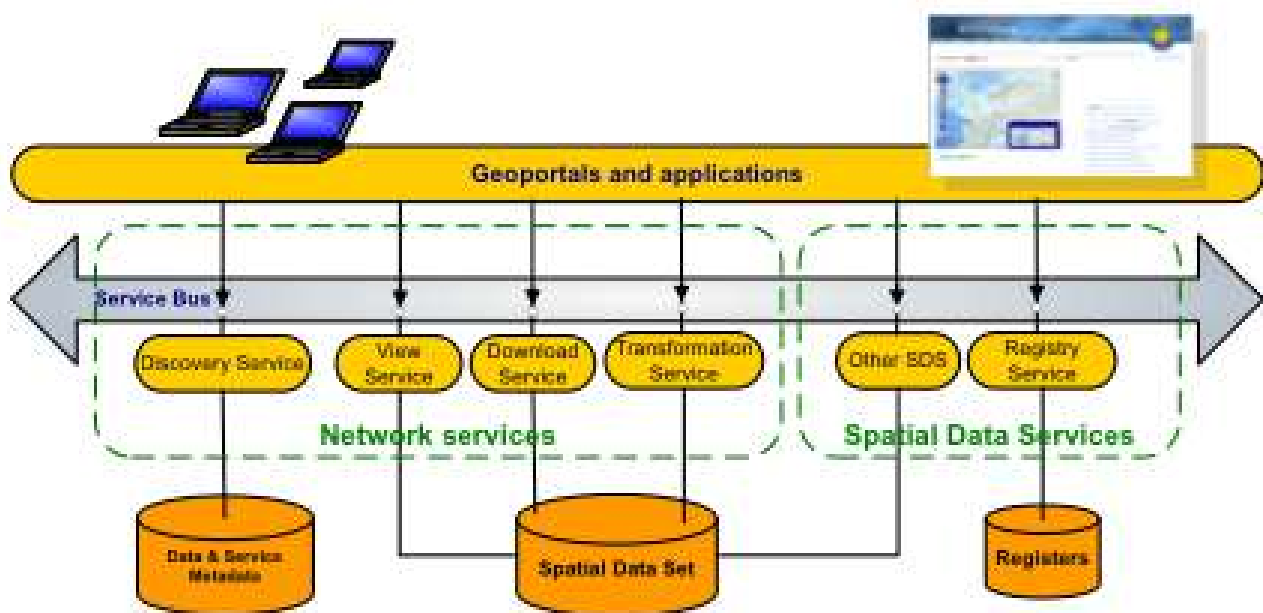
Statistical units

Pour chacun de ces sujets sont disponibles:

- Spécifications des données - Directives techniques: spécifications de description formelle du contenu du sujet en format pdf;
- Modèles de données : modèles de données formalisés à l'aide d'UML (Unified Modelling Language) et accompagnés de:
- Catalogue des caractéristiques (HTML)
- Référentiel en boîtier propriétaire et HTML
- Schéma de données : schéma d'application au format XSD (XML Schema Definition) lié au GML (Geographic Markup Language) choisi comme norme d'interopérabilité pour les données vectorielles.



En ce qui concerne les services d'accès (services de réseau et services de données géographiques) mentionnés au point 2), INSPIRE définit un ensemble de lignes directrices pour le partage de données en réseau et les services d'interopérabilité associés. Le résumé peut être illustré par la figure ci-dessous:



Il est évident que les données, les services de métadonnées et les registres d'identification des fournisseurs de données doivent tous être servis de manière synergique par les géoportails et les applications connexes. C'est pourquoi chaque État membre dispose d'un nœud national qui collecte et expose les données et les services nécessaires à la mise en œuvre de la directive INSPIRE. Ensuite, le géoportail INSPIRE (<https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>) est le point d'accès européen aux ensembles de données et aux services liés aux nœuds des différents États membres ou des membres de l'EFTA (European Free Trade Association). Le géoportail INSPIRE permet de:

- Contrôler la disponibilité des ensembles de données INSPIRE
- Trouver des jeux de données d'intérêt sur la base de la consultation de leurs métadonnées
- Accéder aux ensembles de données qui vous intéressent par le biais de services de visualisation ou de téléchargement spécifiques.

Le nœud italien pour la mise en œuvre de la directive INSPIRE est le MITE (Ministero della



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Transizione Ecologica), qui, avec le Geoportale Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>), rend les catalogues des autorités publiques au niveau national accessibles aux services de réseau et aux fins de la directive INSPIRE.

D'autre part, les services de recherche de jeux de données s'effectuent par le biais du catalogue italien de métadonnées géospatiales (<https://geodati.gov.it/geoportale/>), qui fait partie du RNDT (Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali) de l'AgID (Agenzia per l'Italia Digitale) du MITD (Ministero per l'Innovazione Tecnologica e la Transizione Digitale).

La mise en œuvre de la directive INSPIRE est obligatoire pour les États membres.

Le services de surveillance Copernicus

Comme décrit ci-dessus, Copernicus est le plus grand programme de l'Union européenne visant à développer des services d'information basés sur des données de télédétection et in situ. Le programme est coordonné et géré par la Commission européenne et est mis en œuvre en coopération avec les États membres, l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT), le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF), les agences de l'UE et Mercator Océan. De grandes quantités de données mondiales provenant de satellites et de systèmes de mesure terrestres, aériens et maritimes sont utilisées pour fournir des informations qui aident les fournisseurs de services, les autorités publiques et d'autres organisations internationales à améliorer la qualité de vie des citoyens européens. Les services d'information du système Copernicus sont accessibles gratuitement aux utilisateurs du programme.

Les composantes Espace et Service du programme Copernicus sont spécifiquement conçues pour répondre aux besoins des utilisateurs. Grâce aux observations par satellite et in situ, les services fournissent des données en temps quasi réel au niveau mondial qui peuvent également être utilisées pour les besoins locaux et régionaux. Copernicus est desservi par une série de satellites dédiés (les familles Sentinel) et de missions contributives (satellites commerciaux et publics existants conçus à d'autres fins mais qui continuent à fournir une partie de leur capacité d'observation à Copernicus).

Depuis le lancement de Sentinel-1A en 2014, l'Union européenne a lancé un processus visant à mettre en orbite une constellation de près de 20 satellites supplémentaires avant 2030.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Sentinel-1A fournit un ensemble unique d'images à haute résolution, pour toutes les saisons, de jour comme de nuit, d'imagerie radar pour une utilisation dans les services terrestres, d'urgence et océaniques.



Figure 8 : Le satellite Sentinel-1 (source <https://www.esa.int>).

Sentinel-2A et 2B, dotés d'un capteur optique multispectral, ont été lancés en 2015 et 2017, tandis que Sentinel-3A, portant une suite d'instruments optiques et radar pour des applications terrestres, océaniques et atmosphériques, et Sentinel-1B ont été lancés en 2016, tandis que le précurseur Sentinel-5 a été mis en orbite en 2017. Les autres missions Sentinel (Sentinel-4, Sentinel-5 et Sentinel-6) seront lancées dans les années à venir et couvriront progressivement tous les domaines de l'observation de la Terre.

Copernicus collecte également des informations à partir de systèmes in situ tels que les stations terrestres, qui fournissent des données acquises à partir d'une multitude de capteurs sur terre, en mer ou dans l'air. Ces données proviennent d'organisations européennes et non-européennes ainsi que des États membres. Les informations sont stockées pour suivre les changements ou les phénomènes récurrents : cela constitue une mine de données fiables et actualisées sur l'état de notre planète. Les données sont analysées pour générer des indicateurs utiles aux chercheurs et aux utilisateurs finaux, fournissant des informations sur les tendances passées, présentes et futures. Par exemple, la qualité de l'air dans nos villes est analysée et les augmentations visibles et perceptibles de la pollution atmosphérique (fumée, poussière, smog) sont détectées, ou l'augmentation du niveau de la mer à l'échelle mondiale est surveillée.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Les services de base

Les services de base de Copernicus se rapportent à 6 domaines thématiques:

- 1) Un service de surveillance de l'atmosphère (Atmosphere monitoring) opérationnel depuis juillet 2015;
- 2) Un service de surveillance du milieu marin (Marine Environment Monitoring) opérationnel depuis mai 2015;
- 3) Un service de surveillance des terres (Land Monitoring) opérationnel depuis janvier 2013;
- 4) Un service de changement climatique (Climate Change Service) opérationnel depuis juillet 2018;
- 5) Un service de gestion des urgences (Emergency Management Service) opérationnel depuis avril 2012;
- 6) Un service de sécurité (Security Service) opérationnel depuis la fin de l'année 2016.

Le Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) fournit des informations de référence régulières et systématiques sur l'état physique et biogéochimique, la variabilité et la dynamique de l'océan et des écosystèmes marins pour l'océan mondial et les mers régionales européennes. À ce jour, le Copernicus Data Hub rend disponibles et accessibles 199 produits (produits océaniques), répartis en données de modèles, données de téléobservation et données in situ. Les produits comprennent les prévisions, les observations actuelles et les hindcasts (données du modèle sur des périodes spécifiques).

Les observations et les prévisions produites par le CMEMS soutiennent la plupart des applications maritimes, notamment:

- La sécurité maritime ;
- Ressources marines ;
- Environnement côtier et marin ;
- Météo, prévisions saisonnières et climat.

Par exemple, la fourniture de données sur les courants, les vents et les glaces de mer permet d'améliorer les services de routage des navires, les opérations en mer ou les opérations de recherche et de sauvetage, contribuant ainsi à la sécurité maritime.

Elle contribue également à la protection et à la gestion durable des ressources marines vivantes, notamment pour l'aquaculture, la gestion durable des pêches ou le processus décisionnel des organisations régionales de pêche.

Les composantes physiques et biogéochimiques marines sont utiles pour la surveillance de la



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

qualité de l'eau et la lutte contre la pollution. L'élévation du niveau de la mer est un indicateur clé du changement climatique et permet d'évaluer l'érosion côtière.

Un grand nombre des données fournies par le service (par exemple, la température, la salinité, le niveau de la mer, les courants, le vent et la glace de mer) jouent également un rôle crucial dans le domaine des prévisions météorologiques, climatiques et saisonnières.

En fait, le service Copernicus CMEMS fournit des informations sur un large éventail de variables environnementales. Ces informations sont configurées comme des produits disponibles et accessibles, capables de soutenir tous les domaines directement ou indirectement liés à l'économie bleue, depuis la surveillance environnementale (santé des océans, surveillance de l'environnement polaire, analyse et adaptation du climat, conservation marine et biodiversité), jusqu'aux questions d'intérêt social (science et innovation, politiques et gouvernance des zones maritimes, éducation, santé publique et loisirs, événements extrêmes, dangers et sécurité en mer), en passant par la gestion et l'organisation des activités économiques (pêche, services côtiers, commerce et transport maritime, ressources naturelles et sources d'énergie renouvelables).

En ce qui concerne le service de sécurité Copernicus, il fournit des informations en vue d'améliorer la prévention, la préparation et la réponse aux crises dans trois domaines clés:

- la surveillance maritime (mise en œuvre par l'AESM)
- surveillance des frontières
- soutien à l'action extérieure de l'UE

La surveillance maritime visant à améliorer la sécurité en mer est mise en œuvre par l'EMSA (European Maritime Surveillance Agency) à partir des données Copernicus, par le biais d'un service spécifique (Copernicus Maritime Surveillance Service) qui fait partie du service de sécurité. Le service de Copernicus Maritime Surveillance (CMS) fournit aux autorités chargées de la sécurité et de la sûreté maritimes des moyens supplémentaires pour surveiller des points d'intérêt spécifiques, suivre l'évolution des accidents en mer et des collisions, suivre des objets en mer et détecter et identifier des navires.

L'objectif du service de surveillance maritime Copernicus, mis en œuvre par l'EMSA, est de soutenir ses utilisateurs en assurant une meilleure surveillance des activités en mer qui ont un impact sur des secteurs tels que:

- contrôle des pêches
- sécurité maritime
- l'application de la loi
- environnement marin (surveillance de la pollution)
- le soutien aux organisations internationales.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

L'Ocean State Report, publié chaque année par Copernicus, est un outil de synthèse utile contenant une foule d'informations générales sur l'état actuel, les variations naturelles et les tendances de l'océan mondial et des mers européennes.

Les services Downstream

De 2008 à 2020, l'investissement total dans le programme Copernicus a atteint 7,5 milliards d'euros. Sur la même période, cet investissement générera un bénéfice de 13,5 milliards (sans compter les avantages non monétaires). Cette valeur économique est générée par la valeur ajoutée créée dans l'industrie spatiale en amont, par la vente d'applications basées sur Copernicus par les fournisseurs de services en aval et par l'exploitation de produits compatibles avec Copernicus par les utilisateurs finaux dans divers secteurs économiques.

Les utilisateurs intermédiaires constituent le principal lien entre Copernicus et la communauté d'utilisateurs potentiels des produits et services liés à Copernicus. Également appelés fournisseurs en aval, ils sont généralement des prestataires de services qui traitent les données brutes pour en faire des informations exploitables pour les utilisateurs finaux. Les bénéfices de Copernicus sur le marché en aval sont estimés entre 125 et 150 millions d'euros en 2018, contre 54 millions d'euros en 2015 (ces bénéfices ont été estimés pour les 10 chaînes de valeur couvertes par ce rapport). Ils devraient croître à un taux de croissance composé (taux de croissance annuel moyen en pourcentage des recettes - TCAC) d'environ 15 % jusqu'en 2020. Aujourd'hui, les principaux obstacles à la croissance de ces marchés sont la faible volonté de payer des utilisateurs finaux (par exemple, pour les produits de qualité de l'air), l'écart entre les besoins spécifiques des utilisateurs finaux en matière de produits sur mesure et les solutions disponibles (par exemple, l'assurance), ou l'adoption encore récente des produits basés sur l'EO sur le marché en général (par exemple, les énergies renouvelables).

Les avantages de Copernicus varient en fonction de la taille relative du domaine sur le marché aval de l'EO et du taux de pénétration de Copernicus.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

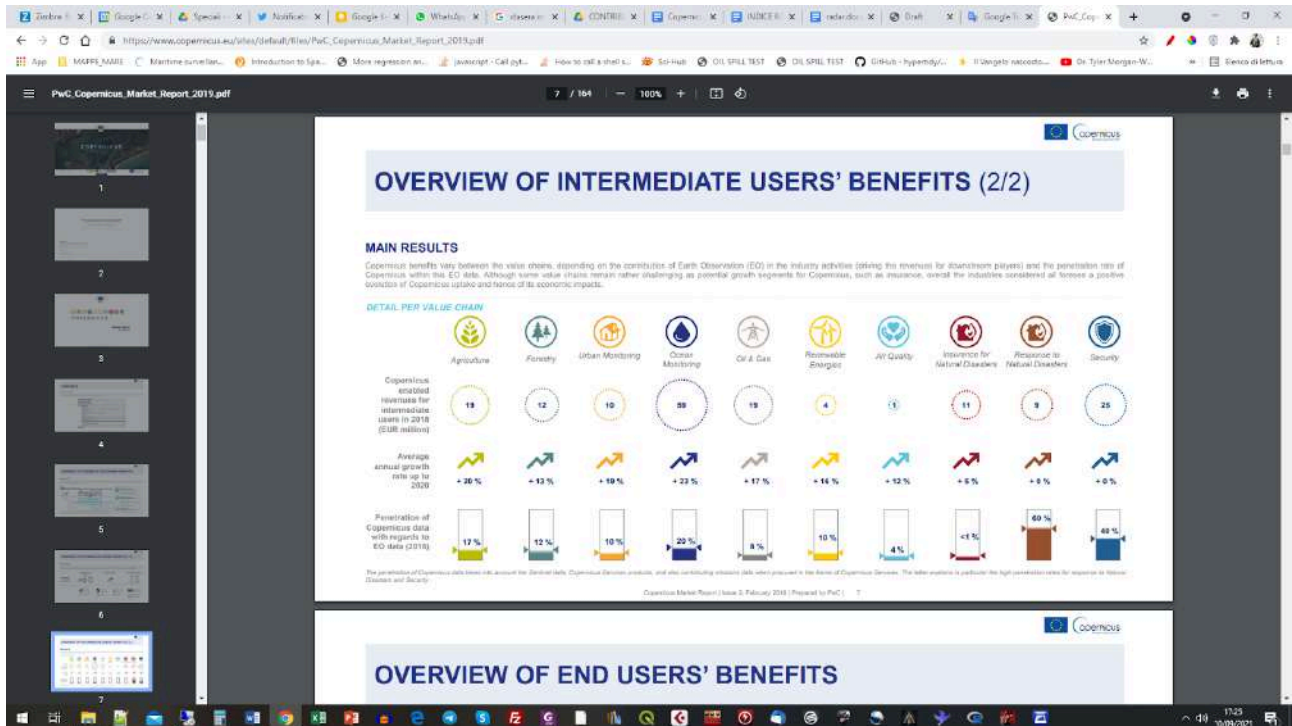


Figure 9 - La pénétration des données Copernicus prend en compte les données Sentinel, les produits Copernicus Services et également les données de mission qui contribuent lorsqu'elles sont achetées dans le cadre de Copernicus Services. Ce dernier point explique notamment les taux de pénétration élevés de l'intervention en cas de catastrophe naturelle et de la sécurité (extrait de Copernicus Market Report, numéro 2, février 2019).

Le marché de la Space Economy a connu une croissance fulgurante ces dernières années: en 2017, l'économie mondiale de l'EO était estimée entre 9,6 et 9,8 milliards d'euros, répartis entre les ventes de satellites d'EO (la section amont de la chaîne d'approvisionnement) et l'acquisition, le traitement et la transformation des données en produits d'information pour les utilisateurs finaux (le secteur aval). Le marché mondial est principalement tiré par le marché en amont, qui représente environ 70 % des revenus totaux. Le marché mondial en aval de l'EO est estimé entre 2,6 et 2,8 milliards d'euros, principalement tiré par les applications nationales, qui représentent entre 50 et 60 % des revenus. Alors que les recettes en amont ont tendance à fluctuer au fil des ans en fonction des besoins variables des grands satellites d'observation de la Terre, le marché en aval affiche une croissance régulière, avec un TCAC prévu de 7 % jusqu'en 2022.

Le marché en aval de l'EO de l'UE devrait connaître une croissance régulière au cours de la prochaine décennie, bénéficiant, tout comme le segment en amont de l'EO, d'une demande non nationale croissante de la part des pays émergents désireux d'accéder aux applications de l'EO. Selon les sources, les estimations du marché varient fortement, entre 750 millions et 1,2 milliard



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

d'euros en 2017 et un TCAC compris entre 6 % et 12 %, montrant une forte croissance similaire dans les deux cas.

Le secteur public, qui a tiré la demande de services d'EO depuis 2012, devrait continuer à le faire, représentant environ la moitié de la demande lorsqu'on combine les applications civiles et de défense. Cette croissance suit la croissance du marché mondial en aval des EO, bien que moins agressive que celle du marché nord-américain.

Dans le secteur de la surveillance des océans, les applications possibles des services Copernicus pour promouvoir les services en aval couvrent un large éventail d'activités, dont les suivantes:

- Cartographie des zones de pêche;
- Prédiction des efflorescences algales;
- Amélioration de la prédiction des nouvelles zones accessibles en raison de la fonte des glaces;
- Surveillance de la profondeur de l'eau, du vent, des vagues et des courants pour les énergies renouvelables et le routage des navires;
- Prédiction de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête au niveau régional;
- Surveillance et prévention de l'érosion côtière;
- Soutien aux réglementations environnementales et aux zones marines protégées.

De toute évidence, la variété des activités mentionnées montre à quel point les besoins de chaque communauté d'utilisateurs sont très divers, tant en ce qui concerne les échelles spatiales et temporelles de l'information que les modalités des services de publication et de diffusion. Parmi les problèmes critiques identifiés pour le développement de certains services en aval dans ce domaine (en particulier pour les zones côtières) figure la nécessité d'améliorer la résolution (par exemple, les vagues ne peuvent être détectées que si leur hauteur est supérieure à 0,4 m).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Partage des données radar HF

En 2014, EuroGOOS a lancé le High Frequency Radar Task Team (<http://eurogoos.eu/high-frequency-radar-task-team/>) dans le but de promouvoir le développement coordonné de la technologie des radars à haute fréquence (HFR) en Europe. Cette première étape a été suivie de nombreuses initiatives en Europe (UE H2020 Jerico-Next, UE H2020 SeaDataCloud, UE H2020 EuroSea, UE H2020 Jerico-S3, Copernicus Marine Environment Monitoring Service Evolution INCREASE) visant à construire un réseau HFR européen opérationnel basé sur une gestion coordonnée des données.

Ces activités ont permis d'harmoniser les exigences d'installation et de gestion des systèmes HFR, et de normaliser les procédures de Quality Assurance, de format des données et de Quality Control, ainsi que l'accès aux données HFR (Mantovani et al., 2020 ; Corgnati et al., 2019 ; Corgnati et al., 2018). Grâce à ce niveau d'harmonisation et de normalisation, les données HFR sont distribuées de manière opérationnelle en temps quasi réel et en séries temporelles par le biais des portails Copernicus Marine Environment Monitoring Service In-Situ TAC (CMEMS-INSTAC), EMODnet Physics et SDC Data Access.

Le nœud européen HFR a été créé en 2018 par AZTI, CNR-ISMAR et SOCIB, sous la coordination de l'équipe de travail HFR d'EuroGOOS, en tant que centre opérationnel en Europe pour la gestion et la diffusion des données HFR, et pour la promotion de la mise en réseau entre les infrastructures HFR européennes et le réseau HFR mondial. Le nœud européen HFR est opérationnel depuis décembre 2018 dans la distribution d'outils de normalisation et de soutien aux opérateurs HFR, ainsi que de données de courant radial et total en temps réel et en série temporelle HFR à CMEMS-INSTAC, EMODnet Physics et SDC Data Access.

Le nœud européen HFR distribue les données HFR des opérateurs européens et américains à travers une chaîne de traitement qui met en œuvre la collecte, l'harmonisation, le contrôle de qualité, le formatage et la distribution des données. Les lignes directrices relatives à la mise en place du flux de données entre les opérateurs HFR et le nœud européen HFR sont décrites en détail dans (Reyes et al., 2019).

Dans le cadre du projet SICOMAR-Plus, les données HFR du CNR-ISMAR et du Consortium LaMMA sont collectées et traitées par le nœud HFR européen. Tous les ensembles de données ainsi normalisés sont accessibles en temps réel sur le serveur de données THREDDS du nœud européen HFR.

Les données du CNR-ISMAR sont également distribuées sur les portails CMEMS-INSTAC, EMODnet Physics et SeaDataNet.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Perspectives de développement national

Dans la vision globale, la production de biens communs représente un facteur de croissance important de la Space Economy. Autour des compétences opérationnelles des utilisateurs finaux institutionnels en charge de la production d'un bien public, l'idée initiale dans le contexte de Copernicus était de créer des acteurs-agents de développement de la SE, véritables infrastructures habilitantes de la Space Economy, une sorte de passerelle reliant l'amont, les infrastructures terrestres, et le downstream proprement dit (le modèle Copernicus Core Services).

Certes, l'une des principales difficultés de la croissance des services en aval a persisté dans la méconnaissance des possibilités et du potentiel offerts, mais aussi dans la complexité de l'accès et de l'acquisition de capacités d'utilisation adéquates, à laquelle il faut en ajouter au moins deux autres:

- 1) la taille et la forte fragmentation du marché, avec des difficultés à connecter et à faire correspondre efficacement la demande et l'offre de produits et de services offerts par Copernicus, et de l'EO, des GI et des ICT en général, lorsqu'il s'agit d'utilisateurs non techniques
- 2) la difficulté et la nécessité d'identifier également les besoins des utilisateurs non techniques ; en fait, malgré les efforts considérables déployés par la CE pour identifier et recueillir ces besoins à l'appui de la conception du système global dans le cadre de Copernicus, la connaissance, l'attention et la prise en compte des besoins des utilisateurs non techniques dans la conception des produits et services par les entreprises industrielles et commerciales restent limitées.

Pour faire face à ces obstacles et atteindre les objectifs prioritaires et indispensables du programme Copernicus, une série d'actions ont été menées depuis 2016, parmi lesquelles la plus large, la plus complète et la plus transversale reste certainement celle de User Uptake (UU). Cette action vise à accroître l'information, la sensibilisation et la connaissance des utilisateurs finaux potentiels quant à l'utilité d'utiliser ce que Copernicus produit et met gratuitement à leur disposition, à leurs fins et activités spécifiques, même au quotidien, et à augmenter leurs chances de réussite. Dans notre pays, les activités de l'UU sont coordonnées et assurées par le Forum national des utilisateurs Copernicus, les représentations des différentes communautés d'utilisateurs, les tables et les réseaux de coordination qui y sont présents.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Systèmes intégrés de partage des données pour la sécurité de la navigation : où en est le projet ?

Output : Conception, mise en œuvre et systématisation des services de sécurité de la navigation

<i>Composant</i>	<i>Activités</i>	<i>Produit</i>
<i>T1 – ACTIONS DE GOUVERNANCE POUR LA SÉCURITÉ MARITIME</i>	T1.1 Définition du cadre cognitif	T1.1.1
	T1.2 Gouvernance Intégration des réseaux technologiques (définition de la manière d'intégrer les réseaux technologiques dans la zone transfrontalière)	T1.2.1 T1.2.2
<i>T4 – SYSTÈMES INTÉGRÉS DE PRÉVISION POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES DE NAVIGATION</i>	T4.1 Services pour le partage des données et l'interopérabilité, y compris les données AIS	T4.1.1 T4.1.2

Conclusions et vision stratégique.

Dans ce rapport, les différents éléments à considérer dans le cadre d'un plan commun pour la sécurité de la navigation ont été décrits, notamment en ce qui concerne leur suivi. Il ne s'agit pas d'une vue complète de tous les aspects liés à la sécurité, dont certains sont recherchés à bord du navire, comme le risque d'incendie, de collision, d'inondation, etc.

SICOMAR Plus a certainement essayé de donner une vision stratégique surtout des aspects liés à la sécurité de la navigation qui découlent de l'environnement physique (par exemple les conditions météorologiques) ou qui ont un fort impact environnemental. Cependant, même si nous nous limitons à cet aspect, les données à prendre en compte dans les plans de surveillance sont nombreuses et hétérogènes, et il est donc nécessaire de surveiller:



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

- 1) L'environnement physique dans lequel les navires opèrent, c'est-à-dire les composantes météorologiques, météomarines et océanographiques, afin de réduire les accidents dus aux mauvaises conditions météorologiques (qui restent l'une des principales causes d'accidents) et de fournir des données pour la gestion des situations d'urgence;
- 2) Les composantes biologiques et écosystémiques de l'environnement marin et côtier, afin d'étudier les impacts possibles des accidents de navires sur la navigation et de pouvoir préparer les politiques de réduction des dommages les plus efficaces;
- 3) Le trafic maritime lui-même, grâce à des outils permettant de suivre le positionnement et l'identification des navires dans une zone donnée, la cargaison transportée et toutes les caractéristiques susceptibles d'étayer les pratiques de prévision et de gestion des accidents.

En ce qui concerne le premier aspect, au sein de SICOMAR Plus, les réseaux d'observation qui constituent certaines des principales réalisations du PC IFM ont été mis en œuvre et renforcés. C'est notamment le cas du réseau transfrontalier de radars légué par les projets SICOMAR, IMPACT et SICOMAR Plus. Il est possible d'imaginer que la mise en œuvre de ces systèmes puisse se poursuivre dans les années à venir, mais il sera nécessaire que les futures mises en œuvre du réseau répondent à des critères de durabilité, afin de garantir la pérennité des investissements dans le temps, et qu'il soit économiquement et techniquement possible qu'un réseau aussi complexe soit géré par les organismes qui l'ont construit (Région Toscane, LaMMA, CNR, Université de Toulon, ARPAS).

À ce jour, il n'existe pas de plan de gestion pour ce réseau partagé non seulement entre les régions du programme, mais aussi au sein des États membres. Il serait souhaitable que le futur système ne soit pas une simple somme de systèmes indépendants dont les plans de développement et de gestion sont définis au niveau des entités individuelles. La construction du réseau de radars représente en fait une sorte d'assemblage de nombreuses pièces qui impliquent souvent la résolution de nombreux problèmes: de la réalisation des procédures d'acquisition aux questions d'autorisation, d'installation et de gestion. Un modèle de gestion dans lequel chaque personne entretient son propre réseau et se contente de transmettre les données aux autres n'est pas seulement irrationnel, mais aussi insoutenable, car les efforts sont dupliqués sans faire progresser les connaissances. Il est également clair qu'il y a une trop grande fragmentation des initiatives entre des entités ayant des rôles et des tailles différents (organismes de recherche, agences de protection de l'environnement, universités). La manière de "fédérer" véritablement le système est l'un des défis futurs, plus urgent encore que les plans de développement ultérieurs.

Il convient également de souligner le manque ou l'absence de certaines données importantes pour la sécurité, telles que les données représentatives du vent, ainsi que d'autres données relatives aux paramètres atmosphériques en mer (en particulier, les données sur la visibilité atmosphérique). Une fois de plus, la priorité devrait être donnée, dans les plans et projets futurs, à l'identification des données particulièrement critiques ou même manquantes, puis à la réalisation d'une analyse



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

des besoins et des lacunes, et à l'orientation des investissements futurs pour combler ces lacunes.

Les données relatives à la valeur biologique et écosystémique étant très difficiles à collecter et à conserver, on estime que des composantes d'observation explicites de ces aspects devraient être incluses grâce à la participation d'autres acteurs concernés, tels que les agences nationales de référence italienne et française, ainsi que - par le biais d'accords et de protocoles appropriés - les associations de pêcheurs et les ONG.

Au niveau du suivi du trafic, sans vouloir interférer avec une activité qui relève de la compétence des garde-côtes, il existe un intérêt croissant pour l'extension du potentiel des systèmes AIS, qui peuvent être utilisés, toujours en fonction de la sécurité, à des fins multiples, telles que le signalement des conditions météorologiques de la mer dans une certaine zone, le signalement des cétacés observés dans une certaine zone, ou la transmission de données entre les unités impliquées dans la gestion d'un accident en mer.

Enfin, toutes ces données (données météo-océanographiques, données sur les écosystèmes et l'environnement, données sur le trafic) résident désormais dans des systèmes indépendants. La question de l'intégration entre les différentes observations, et éventuellement aussi avec les informations prévisionnelles, est sans doute l'une des plus importantes, car elle limite ou complique l'utilisation d'informations éparses, qui ne sont pas facilement accessibles et visualisables à travers une interface unique. De nombreuses données de caractérisation de l'environnement, qui sont également produites dans le cadre de SICOMAR Plus, sont disponibles par le biais de divers portails mis en place par les différents organismes, d'autres directement par les principaux systèmes de partage de données environnementales et marines de l'UE, tels que Copernicus et EMODNET. Il faut dire que, s'il n'est pas nécessaire de dupliquer les données qui existent déjà dans divers systèmes indépendants, il est au contraire essentiel que ces données soient utilisables grâce aux normes de partage et d'interopérabilité qui ont été définies par la directive INSPIRE, afin d'être utilisées par les services en cascade (en aval).

La mise en œuvre de ce type d'interface partagée, à définir d'un commun accord entre tous les organismes impliqués, devrait être l'une des priorités des projets à proposer dans un avenir proche, et il serait certainement souhaitable, tout en conservant les données avec ceux qui les produisent, que des services de partage dédiés au thème de la sécurité de la navigation, et spécifiques à celle-ci, soient mis en œuvre, dans lesquels les thèmes fondamentaux (conditions météorologiques, conditions de trafic, état écologique, etc.) pourraient être affichés au sein d'une plateforme unique qui pourrait représenter l'une des principales réalisations d'un futur projet de la programmation 2021-2027 du PC IFM.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

LA COOPERAZIONE AL CUORE DEL MEDITERRANEO / LA COOPÉRATION AU CŒUR DE LA MÉDITERRANÉE 74.....	1
Introduction: Vers un plan d'action commun pour la surveillance intégrée de la sécurité, les systèmes de surveillance et de prévision, et les méthodes de partage des données.....	5
Surveillance de la navigation.....	8
Systèmes de surveillance et de contrôle de la navigation.....	8
Développer le potentiel du système AIS.....	12
Surveillance des flux de marchandises dangereuses.....	13
Surveillance durable de l'état de la mer.....	17
Systèmes d'observation in-situ.....	18
Radars marins.....	21
Données satellitaires.....	26
Observations et prévisions.....	29
Modèles.....	31
Systèmes de prévision.....	35
Incertitude.....	36
Intégration.....	39
Surveillance de l'environnement marin et côtier.....	42
Impact de la navigation sur les espèces et les écosystèmes marins.....	42
Importance de la surveillance des espèces et des écosystèmes marins: législation.....	45
Outils de surveillance.....	47
Application des directives "Habitats" et "Oiseaux" dans les régions spatiales transfrontalières.....	50
Protocoles de partage des données: état de l'art et problèmes restant à résoudre.....	52
Le partage et la réutilisation des données: un devoir, une nécessité.....	52
Services Copernicus.....	54
Le cadre communautaire et le rôle des états membres.....	56
Niveau régional/local.....	56
La cooperazione al cuore del Mediterraneo / La coopération au cœur de la Méditerranée	73



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Le Phénomène opendata.....	56
Le services de surveillance Copernicus.....	61
Les services de base.....	63
Les services Downstream.....	65
Perspectives de développement national.....	69
Conclusions et vision stratégique.....	70