



OUTPUT O.3.1

Atlante del rischio della fascia costiera organizzato per tematismi

Data prevista: 28/02/2026

Data consegna: 28/02/2026

Versione: 02

AMIS affronta il tema dei rischi dovuti al cambiamento climatico sulle coste alte e basse dell'area, investendo in tecnologie di monitoraggio sostenibili e innovative, inclusi robotica e gemelli digitali, con un approccio multiscala, per supportare la gestione dei rischi e l'adattamento di un territorio complesso e vulnerabile, densamente abitato, di grande valore economico e ambientale, migliorando fortemente la capacità dei territori coinvolti di affrontare in modo congiunto le sfide connesse.

Informazioni sull'Output	
Numero dell'Output	O3.1 Atlante del rischio della fascia costiera organizzato per tematismi
Componente	WP3 - Monitoraggio integrato della fascia costiera e mappatura del rischio
Indicatore output programma	RCO84_2.4: Azioni pilota sviluppate congiuntamente e attuate nell'ambito di progetti
Partner coinvolti	Consorzio LaMMA, BRGM, ABDAS, RL, RAS, UNIGE
Responsabile di prodotto	Consorzio LaMMA, BRGM
Autori	Carlo Brandini, Manuela Corongiu, Rossella Mocali, Massimo Perna, Michele Sacco, Stefano Taddei, Elisabetta Tomei, Giovanni Vitale
Data di consegna	28/02/2026
Data di consegna effettiva	28/02/2026
Livello di disseminazione	pubblico

Il progetto Amis è cofinanziato dal Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2021 - 2027, con finanziamento pari a € 1.581.720,66 (FESR)

DETTAGLI DEL DOCUMENTO

ACRONIMO DI PROGETTO	AMIS
Titolo esteso del progetto	Sistemi Avanzati di Monitoraggio e gemelli digitali per la Sicurezza e resilienza della costa
Data di avvio	01.03.2024
Durata	30 mesi
Call identifier	Primo Avviso programma Interreg IT FR Marittimo
Grant Agreement No	IF Marittimo00097 – AMIS

VERSION MANAGEMENT

Tabella delle Revisioni			
Version	Name	Date	Description
V 0.1	O3.1_V_01	20/02/2026	First draft
V 0.2	O3.1_V_02	28/02/2026	Final draft

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

ACRONIMO/ABBREVIAZIONE	Significato
ARC	Atlante del Rischio Costiero
LaMMA	Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per il Monitoraggio Sostenibile
ABDAS	Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
RL	Regione Liguria
RAS	Regione Sardegna
UNIGE	Università di Genova
EGMS	European Ground Motion Service
RCP	Representative Concentration Pathway
WMS	Web Map Service
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
Hs	Significant wave height
Ts	Peak Spectral Period

Sommario

Introduzione.....	6
1 Atlante del Rischio Costiero	7
2 I layers.....	8
3 Funzionalità dei layers	11
Settori della costa bassa	11
Susceptività al dissesto della costa alta	11
Tipo di costa	12
Evoluzione della costa	13
EGMS – European Ground Motion Service	13
Altezza significativa d'onda Hs.....	14
Eventi intensi	15
Runup	15
Wave Power	16
Uso del suolo	18
Densità di urbanizzazione costiera	18
Funzionalità trasversali del frontend	19
Link di accesso al prodotto	21
4 Osservazioni finali e prospettive future	21

Indice delle figure

Figura 1- Grafico relativo alla superficie di spiaggia interrogabile per ogni singolo settore della costa bassa	7
Figura 2 - Estratto della carta di suscettività al dissesto della costa alta	7
Figura 3 - Estratto del layer "Tipo di costa"	8
Figura 4 - Estratto del layer "Evoluzione della costa"	9
Figura 5 - Estratto del layer "European Ground Motion Service"	10
Figura 6 - Estratto del layer "Altezza d'onda significativa"	11
Figura 7 - Estratto del layer "Eventi estremi"	12
Figura 8 - Estratto del layer "Run-up"	13
Figura 9 - Estratto del layer "Wave power"	14
Figura 10 - Estratto del layer "Uso del suolo"	15
Figura 11 - Estratto del layer "Densità di urbanizzazione costiera"	16

Introduzione

L'Output O3.1 del progetto AMIS consiste nella realizzazione dell'Atlante del Rischio Costiero (ARC), una piattaforma webGIS bilingue, in italiano e francese, sviluppata per organizzare, rappresentare e rendere interrogabili le principali informazioni relative al rischio costiero nell'area transfrontaliera del Programma Italia-Francia Marittimo.

L'ARC nasce dall'esigenza di mettere a sistema dati territoriali, geomorfologici, meteomarini e climatici oggi spesso distribuiti tra fonti, scale e contesti amministrativi differenti. Il prodotto consente una consultazione integrata dei principali tematismi utili alla valutazione del rischio costiero, con particolare riferimento alle componenti di pericolosità, esposizione e vulnerabilità.

Attraverso un'interfaccia cartografica interattiva, l'utente può visualizzare e interrogare layer relativi alla tipologia ed evoluzione della costa, alla suscettività al dissesto, ai movimenti verticali del terreno, all'uso del suolo, alla densità di urbanizzazione costiera e ai principali indicatori meteomarini, quali altezza significativa d'onda, *runup*, eventi intensi e *wave power*. L'Atlante costituisce quindi uno strumento conoscitivo di macroscala, pensato per supportare la lettura integrata del rischio costiero e per fornire una base comune alle successive analisi di dettaglio nei siti pilota e nei gemelli digitali costieri.

1 Atlante del Rischio Costiero

L'Atlante del Rischio Costiero è un output del progetto Interreg Marittimo Italia-Francia AMIS sviluppato come piattaforma webGIS bilingue, in italiano e francese, per la consultazione integrata di dati territoriali, costieri e meteo-marini a supporto dell'analisi del rischio lungo le aree costiere dell'area di cooperazione.

Il frontend è strutturato come una dashboard cartografica interattiva basata su Leaflet, con una mappa centrale e un pannello laterale tematico che consente l'attivazione selettiva dei diversi livelli informativi. L'interfaccia permette di esplorare in modo dinamico tematismi relativi alla costa, al mare e all'esposizione antropica, integrando dati di progetto AMIS con dataset esterni provenienti da servizi europei quali EMODnet, Copernicus Land Monitoring Service ed EGMS – European Ground Motion Service.

Tra le principali funzionalità del frontend rientrano la visualizzazione dei settori di costa bassa, della suscettività al dissesto costiero, della tipologia e dell'evoluzione della costa, dell'uso del suolo, della densità di urbanizzazione costiera e dei dati relativi ai movimenti verticali del terreno.

Per la componente meteo-marina, l'atlante consente di consultare indicatori quali altezza significativa d'onda, runup e wave power, con selezione di scenari climatici RCP 4.5 e RCP 8.5 e rappresentazione dei valori associati a tempi di ritorno significativi.

2 I layers

Layer	Descrizione
Settori della costa bassa	Rappresenta la suddivisione della costa bassa in settori omogenei di analisi. Il layer costituisce l'unità spaziale di riferimento per la consultazione degli indicatori costieri e per l'interrogazione delle informazioni associate ai singoli tratti di litorale. Attraverso popup interattivi è possibile visualizzare dati descrittivi e, dove disponibili, grafici relativi all'evoluzione della linea di riva e dell'area di spiaggia.
Suscettività al dissesto della costa alta	Layer raster che rappresenta il grado di suscettività al dissesto costiero, classificato in cinque livelli: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. La rappresentazione cromatica consente di individuare rapidamente i tratti di costa potenzialmente più esposti a fenomeni di instabilità.
Tipo di costa	Layer WMS derivato da dati EMODnet Geology che descrive la morfologia e la tipologia dei tratti costieri. Include categorie quali coste rocciose, spiagge sabbiose, spiagge ghiaiose, pocket beaches, estuari, aree portuali, spiagge artificiali e litorali artificiali. Il layer è interrogabile tramite click sulla mappa, con popup bilingue che restituisce la descrizione completa della classe morfologica.
Evoluzione della costa	Layer WMS EMODnet che descrive la tendenza evolutiva del litorale, distinguendo tratti in accrezione, erosione, stabilità o artificializzazione. È utile per una lettura sintetica dei processi di avanzamento o arretramento della linea di costa e per individuare aree soggette a dinamiche erosive.
EGMS – European Ground Motion Service	Layer puntuale basato sui dati Copernicus EGMS, relativo ai movimenti verticali del suolo. L'utente può disegnare un poligono sulla mappa per selezionare i punti EGMS presenti nell'area di interesse. Cliccando sui punti selezionati è possibile visualizzare una serie temporale degli spostamenti

Marittimo-IT FR-Maritime

	verticali, utile per analizzare fenomeni di subsidenza, stabilità o sollevamento del terreno.
Altezza d'onda Hs	Layer puntuale relativo alla <i>significant wave height</i> associata a tempi di ritorno, con visualizzazione predefinita per RP = 100 anni. Il layer supporta la selezione degli scenari climatici RCP 4.5 e RCP 8.5. Ogni punto può essere interrogato per visualizzare curve e valori di altezza d'onda per diversi tempi di ritorno.
Eventi intensi	Layer dinamico dedicato alla visualizzazione di eventi meteo-marini intensi storici o simulati. L'utente può selezionare un evento da un menù a tendina; i punti vengono rappresentati con classi cromatiche basate sul tempo di ritorno stimato dell'evento e, a scale di zoom più elevate, possono mostrare anche l'indicazione della direzione dell'onda. I popup riportano valori sintetici come Hs, Tp e direzione.
Runup	Layer puntuale che rappresenta il runup, cioè la risalita dell'onda sulla spiaggia o sulla costa, espresso in metri e associato a tempi di ritorno. La visualizzazione principale è riferita a RP = 100 anni, con possibilità di selezionare scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Cliccando sui punti si visualizza un grafico dei valori di runup per diversi tempi di ritorno.
Wave Power	Layer puntuale che rappresenta la potenza del moto ondoso, espressa in kW/m, associata a tempi di ritorno. Il layer permette la selezione degli scenari climatici RCP 4.5 e RCP 8.5 e mostra una legenda dinamica con valori minimi e massimi. I popup consentono di visualizzare grafici della <i>wave power</i> per differenti tempi di ritorno.
Uso del suolo	Layer poligonale derivato dai dati Copernicus Coastal Zones, che classifica le coperture del suolo nelle aree costiere. Le classi rappresentate includono urbano, agricolo, praterie, boschi e foreste, macchia mediterranea, aree con vegetazione scarsa o assente, zone umide e corpi idrici. Il layer supporta la valutazione dell'esposizione territoriale e della pressione antropica lungo la costa.

Marittimo-IT FR-Maritime

Densità di urbanizzazione costiera	Layer poligonale che rappresenta la percentuale di urbanizzazione nei settori costieri, classificata in cinque livelli: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. Il popup restituisce il valore percentuale della densità di urbanizzazione per il settore selezionato. Il layer è utile per valutare l'esposizione antropica e la pressione insediativa lungo la fascia costiera.
------------------------------------	---

Inoltre, come Basemap sono disponibili i livelli Esri Gray Canvas, ESRI Satellitare, OpenStreetMap, layer cartografici di base selezionabili dall'utente. Offrono diversi sfondi di riferimento: una base grigia semplificata per la lettura tematica, una base satellitare per l'interpretazione visiva del territorio e la cartografia OpenStreetMap per il contesto geografico generale.

3 Funzionalità dei layers

Settori della costa bassa

Il layer Settori della costa bassa rappresenta la base geometrica principale dell'ARC. Suddivide il litorale in tratti o settori costieri utilizzati come unità spaziali di riferimento per l'analisi del rischio.

Dati forniti: identificativo del settore, informazioni descrittive del tratto costiero e, dove disponibili, indicatori collegati all'evoluzione morfologica della costa.

Funzionalità: il layer è attivo di default e può essere interrogato tramite click sulla mappa. I popup restituiscono informazioni associate al settore selezionato. In alcuni casi il popup include schede tematiche e grafici dinamici relativi agli spostamenti della linea di riva e alla superficie di spiaggia, permettendo di leggere variazioni temporali e tendenze evolutive.

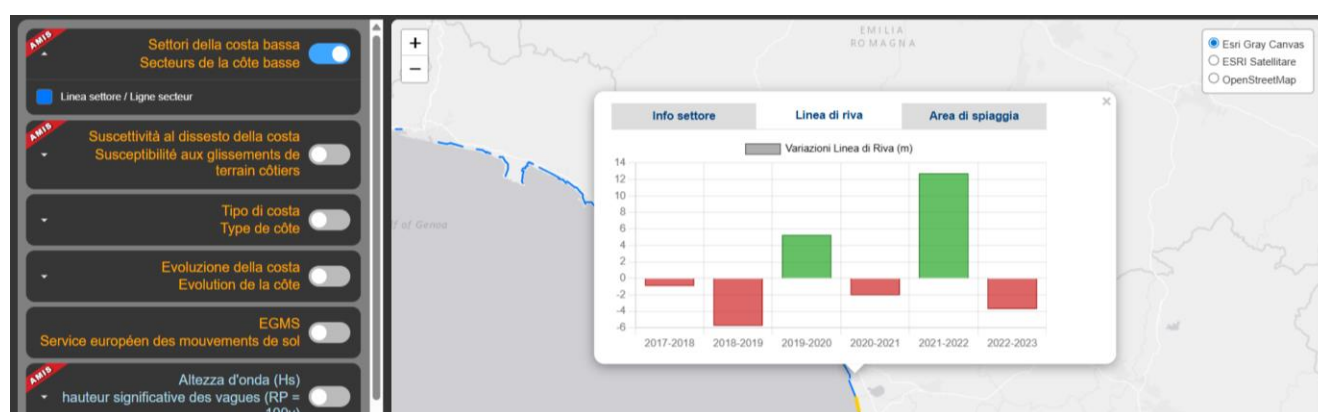


Figura 1- Grafico relativo alla superficie di spiaggia interrogabile per ogni singolo settore della costa bassa

Suscettività al dissesto della costa alta

Il layer di suscettività al dissesto costiero rappresenta la propensione dei tratti costieri a fenomeni di instabilità, erosione o dissesto.

Dati forniti: valori raster classificati in cinque livelli di suscettività: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta.

Funzionalità: l'utente può attivare o disattivare il layer dal pannello laterale. La visualizzazione avviene tramite scala cromatica dal verde al rosso, consentendo una lettura immediata delle aree più critiche. Il layer supporta l'individuazione spaziale dei settori costieri maggiormente esposti a fenomeni di instabilità.

Marittimo-IT FR-Maritime

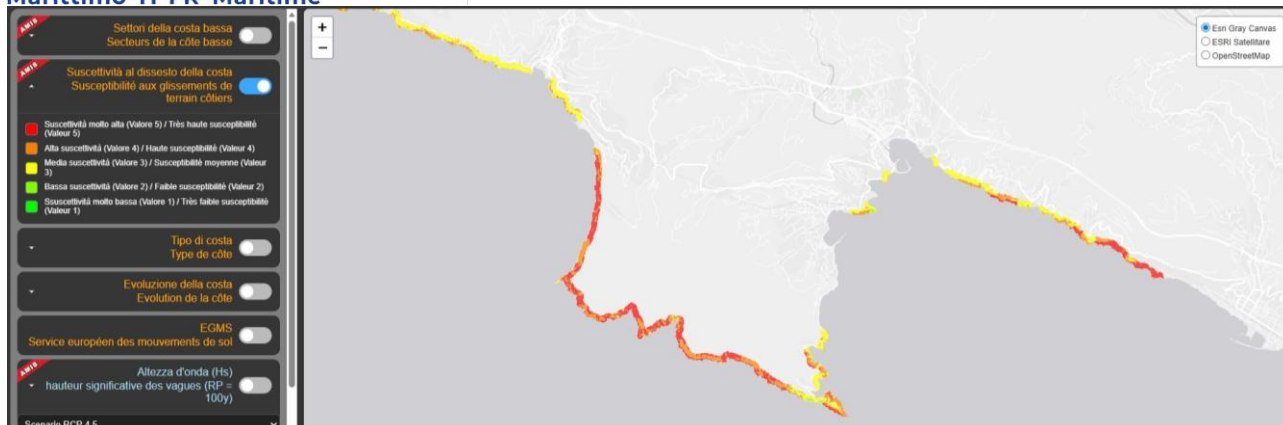


Figura 2 - Estratto del layer “Suscettività al dissesto della costa alta”

Tipo di costa

Il layer Tipo di costa descrive la morfologia del litorale e deriva da dati EMODnet Geology.

Dati forniti: classificazione morfologica dei tratti costieri, con categorie quali coste rocciose, scogliere, pocket beaches, spiagge sabbiose, spiagge ghiaiose, coste fangose, estuari, aree portuali, spiagge artificiali e litorali artificiali.

Funzionalità: il layer è servito tramite WMS e può essere interrogato con click sulla costa. Il sistema esegue una richiesta GetFeatureInfo e restituisce un popup bilingue italiano/francese con la descrizione completa della classe costiera rilevata. La funzione è utile per contestualizzare la vulnerabilità del litorale rispetto alla sua natura morfologica.

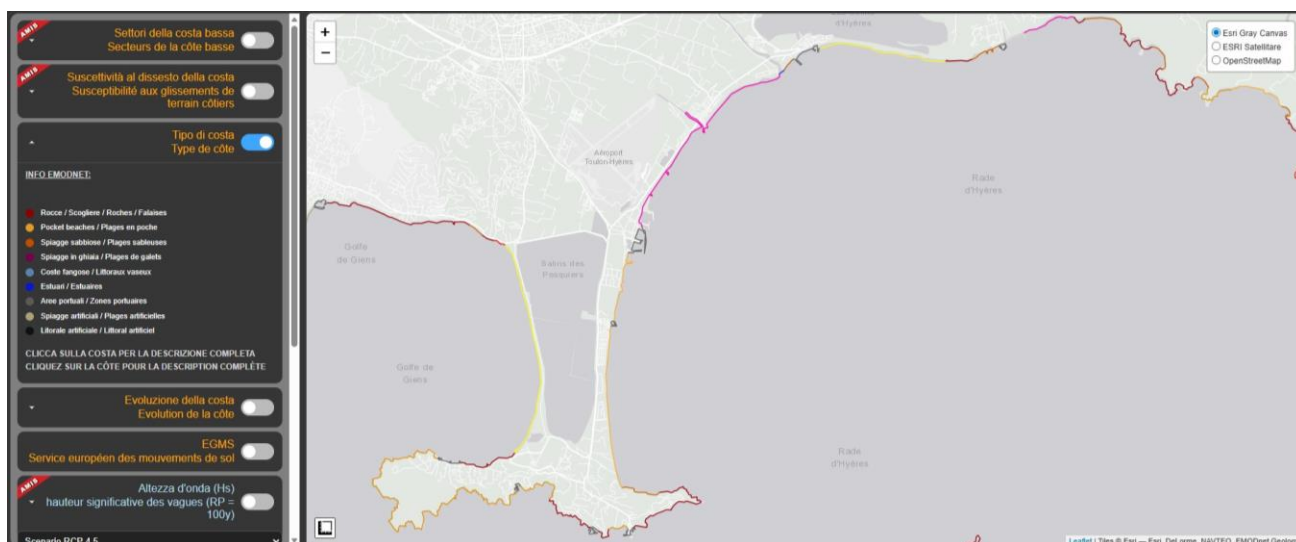


Figura 3 - Estratto del layer "Tipo di costa"

Evoluzione della costa

Il layer Evoluzione della costa fornisce una sintesi delle dinamiche recenti o prevalenti della linea costiera, anch'esso basato su dati EMODnet Geology.

Dati forniti: classificazione dei tratti costieri in accrezione, erosione, stabilità o artificializzazione.

Funzionalità: il layer può essere attivato dal pannello tematico e sovrapposto agli altri livelli cartografici. La legenda consente una lettura rapida delle tendenze evolutive del litorale. È particolarmente utile per individuare i settori interessati da arretramento della costa o da processi di avanzamento sedimentario.



Figura 4 - Estratto del layer "Evoluzione della costa"

EGMS – European Ground Motion Service

Il layer EGMS integra informazioni sui movimenti verticali del terreno provenienti dal servizio europeo European Ground Motion Service di Copernicus.

Dati forniti: punti di misura EGMS con valori di velocità media di movimento verticale e serie temporali di spostamento, espresse in millimetri.

Funzionalità: quando il layer viene attivato, l'interfaccia abilita gli strumenti di disegno su mappa. L'utente può tracciare un poligono o un rettangolo per selezionare i punti EGMS all'interno dell'area di interesse. I punti selezionati vengono visualizzati con una scala cromatica riferita alla velocità di movimento. Cliccando su un punto, si apre un pannello grafico con la serie temporale degli spostamenti e una linea di tendenza. Questa funzione consente di analizzare fenomeni di subsidenza, sollevamento o stabilità del suolo in ambito costiero.

Marittimo-IT FR-Maritime



Figura 5 - Estratto del layer "European Ground Motion Service"

Altezza significativa d'onda Hs

Il layer Altezza d'onda Hs rappresenta la distribuzione spaziale dei valori di altezza significativa d'onda associati a tempi di ritorno.

Dati forniti: punti meteo-marini con valori di Hs per diversi tempi di ritorno, tra cui 1, 2, 5, 10, 50, 100 e 200 anni. La visualizzazione principale è riferita al tempo di ritorno di 100 anni.

Funzionalità: l'utente può selezionare lo scenario climatico RCP 4.5 o RCP 8.5. I punti sono rappresentati con colori proporzionali ai valori di Hs. Cliccando su un punto si apre un grafico che mostra la curva dei valori di altezza d'onda in funzione dei diversi tempi di ritorno. Il layer è collegato anche all'assistente per le mareggiate, che consente interrogazioni testuali e localizzazione automatica del punto richiesto sulla mappa.



Figura 6 - Estratto del layer "Altezza d'onda significativa"

Eventi intensi

Il layer Eventi intensi permette la visualizzazione di specifici eventi di mareggiata storici o simulati selezionabili da un menu.

Dati forniti: per ogni evento sono rappresentati punti meteo-marini con valori di altezza d'onda massima giornaliera, periodo di picco e direzione dell'onda. I valori sono confrontati con soglie associate a tempi di ritorno per stimare la severità dell'evento.

Funzionalità: l'utente seleziona un evento dal menu a tendina. Il layer visualizza i punti classificati secondo classi di tempo di ritorno: inferiore a 1 anno, 1–2 anni, 2–5 anni, 5–10 anni, 10–50 anni, 50–100 anni e superiore a 100 anni. I popup mostrano i valori principali dell'evento, come Hs, Tp e Dirp. A scale di zoom più elevate è prevista la visualizzazione della direzione dell'onda tramite simboli orientati.

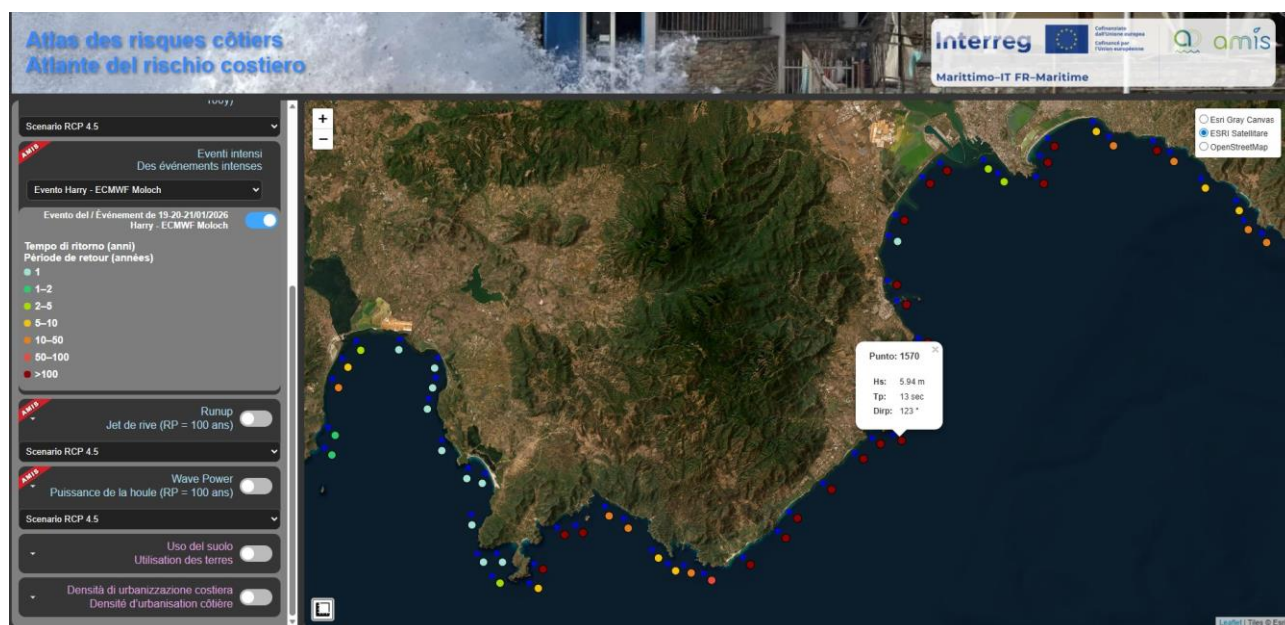


Figura 7 - Estratto del layer "Eventi intensi"

Runup

Il layer Runup rappresenta la risalita dell'onda sulla costa, cioè il livello massimo raggiunto dal moto ondoso sul profilo costiero.

Dati forniti: punti con valori di runup espressi in metri, calcolati per diversi tempi di ritorno, tra cui 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione cartografica principale utilizza il valore associato al tempo di ritorno di 100 anni.

Funzionalità: il layer consente la selezione degli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. I punti sono rappresentati con scala cromatica graduata e la legenda riporta dinamicamente i valori minimo e massimo. Cliccando su un punto, l'utente visualizza un grafico che mostra l'andamento del *runup* in funzione dei tempi di ritorno.



Figura 8 - Estratto del layer "Run-up"

Wave Power

Il layer Wave Power rappresenta la potenza del moto ondoso incidente lungo la costa.

Dati forniti: punti con valori di wave power espressi in kW/m, calcolati per diversi tempi di ritorno: 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione principale è riferita al tempo di ritorno di 100 anni.

Funzionalità: come per il runup, l'utente può scegliere tra scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Il layer mostra i punti con scala cromatica proporzionale ai valori di potenza ondosa e una legenda dinamica con minimo e massimo. Il click sui punti apre un grafico interattivo che rappresenta la wave power per i diversi tempi di ritorno, facilitando il confronto tra condizioni ordinarie ed estreme.

Marittimo-IT FR-Maritime



Figura 9 - Estratto del layer "Wave power"

Uso del suolo

Il layer Uso del suolo descrive la copertura e l'utilizzo del territorio nella fascia costiera, utilizzando dati Copernicus Coastal Zones.

Dati forniti: poligoni classificati in categorie di uso/copertura del suolo, tra cui urbano, agricolo, praterie, boschi e foreste, boscaglia e macchia mediterranea, aree aperte con vegetazione scarsa o assente, zone umide e corpi idrici.

Funzionalità: il layer può essere attivato e sovrapposto ai dati costieri e meteo-marini. La rappresentazione per classi cromatiche consente di leggere la distribuzione delle coperture del suolo lungo la fascia costiera e di valutare la presenza di elementi antropici o naturali esposti ai fenomeni di rischio costiero.



Figura 10 - Estratto del layer "Uso del suolo"

Densità di urbanizzazione costiera

Il layer Densità di urbanizzazione costiera rappresenta il grado di urbanizzazione dei settori costieri.

Dati forniti: valore percentuale di urbanizzazione per settore, classificato in cinque classi: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta.

Funzionalità: il layer viene caricato su richiesta e visualizzato come poligoni colorati in base alla percentuale di urbanizzazione. Il popup restituisce il valore numerico della densità di urbanizzazione costiera per il settore selezionato. Questo livello è utile per valutare l'esposizione antropica, individuando i tratti costieri in cui infrastrutture, insediamenti o superfici artificiali sono maggiormente presenti.

Marittimo-IT FR-Maritime

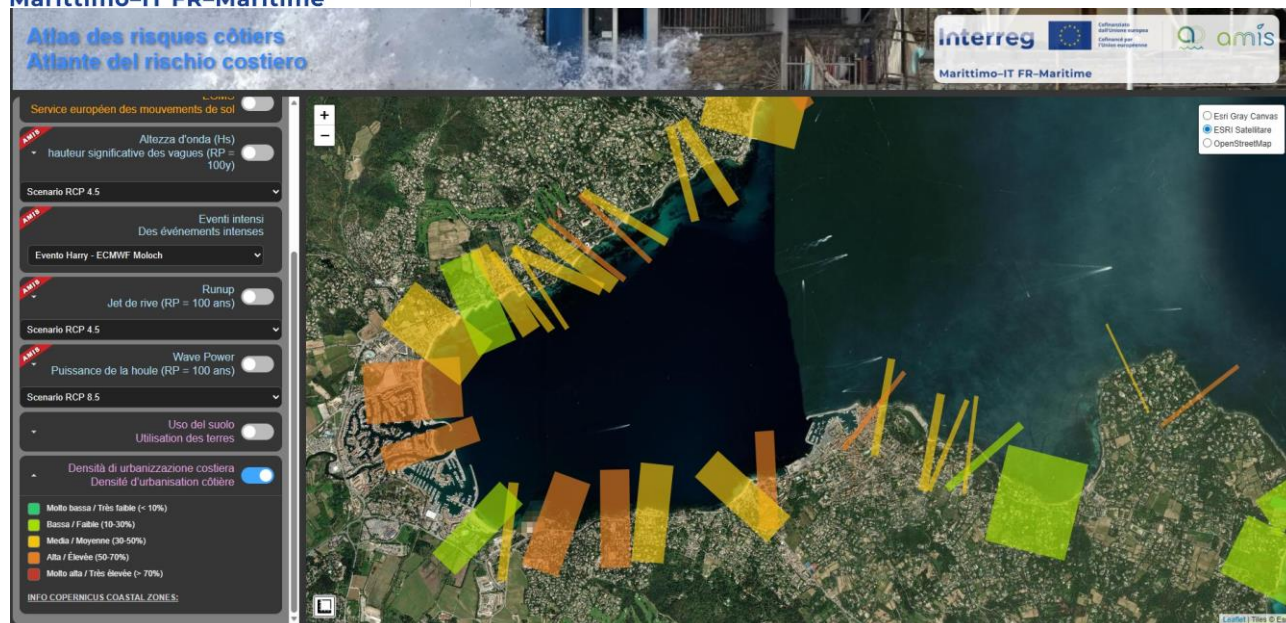


Figura 11 - Estratto del layer "Densità di urbanizzazione costiera"

Funzionalità trasversali del frontend

Oltre alle funzioni specifiche dei singoli layer, il frontend dell'ARC mette a disposizione alcune funzionalità comuni:

Funzionalità	Descrizione
Attivazione/disattivazione layer	Ogni layer può essere acceso o spento tramite switch nel pannello laterale.
Accordion tematici	Le legende sono organizzate in pannelli espandibili, facilitando la consultazione dei diversi tematismi.
Popup informativi	Molti layer sono interrogabili tramite click, con restituzione di attributi, descrizioni bilingui o valori numerici.
Grafici dinamici	I dati temporali o associati a tempi di ritorno sono visualizzati tramite grafici generati con Chart.js.
Selezione scenari climatici	I layer meteo-marini consentono il confronto tra scenari RCP 4.5 e RCP 8.5.
Selezione eventi intensi	L'utente può scegliere specifiche mareggiate storiche o simulate e visualizzarne la severità spaziale.
Strumenti di misura	La mappa include strumenti per misurare distanze e superfici.

Marittimo-IT FR-Maritime

Disegno su mappa	Per il layer EGMS è possibile disegnare aree di selezione e interrogare i punti ricadenti al loro interno.
Interfaccia bilingue	Titoli, legende e diversi popup sono disponibili in italiano e francese.
Assistente mareggiate	Un modulo chat consente interrogazioni testuali sui dati di mareggiata e localizza automaticamente il punto richiesto sulla mappa.

Link di accesso al prodotto

L'Atlante del Rischio Costiero è consultabile all'indirizzo:

<https://geoportale.lamma.toscana.it/atlante>

4 Osservazioni finali e prospettive future

L'Atlante del Rischio Costiero rappresenta uno dei principali risultati operativi del progetto AMIS, poiché rende disponibili in un unico ambiente webGIS informazioni eterogenee relative alla fascia costiera dell'area transfrontaliera. Il prodotto consente di superare la frammentazione delle basi informative e offre una lettura integrata, interrogabile e confrontabile dei principali fattori che concorrono alla definizione del rischio costiero.

L'ARC è stato concepito come livello conoscitivo di macroscala, aggiornabile e progressivamente estendibile. Esso non sostituisce le analisi locali di dettaglio, ma fornisce una base comune per orientare la pianificazione, la prevenzione e la comunicazione del rischio. In questa prospettiva, il suo ruolo è complementare a quello dei Digital Twin costieri sviluppati nel progetto: mentre l'ARC offre una visione d'insieme dell'area di cooperazione, i gemelli digitali permettono approfondimenti dinamici e locali nei siti pilota.

Nelle successive fasi progettuali, l'Atlante potrà essere ulteriormente consolidato attraverso l'aggiornamento dei layer, il miglioramento delle funzionalità di interrogazione, l'integrazione con nuovi dati di monitoraggio e il collegamento con i prodotti dinamici di valutazione e comunicazione del rischio. In questo modo O3.1 costituisce non solo un prodotto cartografico, ma una prima infrastruttura informativa condivisa a supporto della resilienza e dell'adattamento delle aree costiere ai cambiamenti climatici.



OUTPUT O.3.1

Atlas du risque de la bande côtière organisé par thématiques

Date prévue: 28/2/26

Date de livraison: 28/2/26

Version: 02

AMIS s'attaque aux risques liés au changement climatique sur les côtes, tant hautes que basses, de la région en investissant dans des technologies de surveillance durables et innovantes, notamment la robotique et les jumeaux numériques, selon une approche multi-échelle. Cette approche favorise la gestion des risques et l'adaptation dans une zone complexe, vulnérable et densément peuplée, d'une grande valeur économique et environnementale, et renforce considérablement la capacité des régions concernées à relever conjointement les défis qui en découlent.

Informations de sortie	
Numéro de sortie	O3.1 Atlas du risque de la bande côtière organisé par thématiques
Composant	WP3 - Surveillance côtière intégrée et cartographie des risques
Indicateur de sortie du programme	RCO84_2.4: Actions pilotes élaborées conjointement et mises en œuvre dans le cadre de projets
Partenaires impliqués	Consorzio LaMMA, BRGM, ABDAS, RL, RAS, UNIGE
Chef de produit	Consorzio LaMMA, BRGM
Auteurs	Carlo Brandini, Manuela Corongiu, Rossella Mocali, Massimo Perna, Michele Sacco, Stefano Taddei, Elisabetta Tomei, Giovanni Vitale
Date de livraison	28/02/2026
Date de livraison réelle	28/02/2026
Niveau de diffusion	publique

Le projet Amis est cofinancé par le programme Interreg Italie-France Maritime 2021-2027. Ce financement est de € 1.581.720,66 (FESR)

DÉTAILS DU DOCUMENT

ACRONYME DE PROJET	AMIS
Titre complet du projet	Systèmes de surveillance avancés et jumeaux numériques pour la sécurité et la résilience côtières
Date de début	01.03.2024
Durée	30 mois
Call identifier	Premier Avertissement programme Interreg IT FR Maritime
Grant Agreement No	IF Marittimo00097 – AMIS

VERSION MANAGEMENT

Tabella delle Revisioni			
Version	Name	Date	Description
V 0.1	O3.1_V_01	20/02/2026	First draft
V 0.2	O3.1_V_02	28/02/2026	Final draft

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

ACRONYME/ABRÉVIATION	Signification
ARC	Atlante del Rischio Costiero
LaMMA	Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per il Monitoraggio Sostenibile
ABDAS	Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
RL	Regione Liguria
RAS	Regione Sardegna
UNIGE	Università di Genova
EGMS	European Ground Motion Service
RCP	Representative Concentration Pathway
WMS	Web Map Service
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
Hs	Significant wave height
Ts	Peak Spectral Period

Sommaire

Introduction.....	4
1 Atlas des risques cotiers	5
2 Les couches	6
3 Fonctionnalité des couches.....	9
Secteurs cotiers bas	9
Susceptibilité aux glissements de terrain cotiers	9
Type de cote	10
Evolution de la cote	11
EGMS – European Ground Motion Service	11
Hauter significative des vagues Hs	12
Evenements intenses	13
Runup	13
Wave Power	14
Occupation du sol	15
Densité d'urbanisation côtière	15
Fonctionnalités transversales du frontend	16
Lien d'accès au produit	18
4 Observations finales et perspectives futures	18

Index des figures

Figure 1- Graphique montrant la superficie de plage étudiée pour chaque secteur individuel de la côte basse.....	9
Figure 2 - Extrait de la couche « Sensibilité aux glissements de terrain de la partie supérieure du littoral ».....	10
Figure 3 - Extrait de la couche « Type de côte ».....	10
Figure 4 - Extrait de la couche « Évolution côtière ».....	11
Figure 5 - Extrait de la couche « Service européen de surveillance des mouvements du sol ».....	12
Figure 6 - Extrait de la couche « Hauteur significative des vagues »	12
Figure 7 - Extrait de la couche « Événements graves ».....	13
Figure 8 - Extrait de couche "Run-up"	14
Figure 9 - Extrait de la couche « Wave power ».....	14
Figure 10 - Extrait de la couche « Occupation du sol ».....	15
Figure 11 - Extrait de la couche « Densité d'urbanisation côtière »	16

Introduction

Le livrable O3.1 du projet AMIS consiste en la création de l'Atlas des risques côtiers (ARC), une plateforme webGIS bilingue (italien et français) développée pour organiser, représenter et rendre accessibles les informations clés sur les risques côtiers dans la zone transfrontalière du Programme IT-FR Maritime.

L'ARC répond au besoin de systématiser les données territoriales, géomorphologiques, météorologiques marines et climatiques, actuellement souvent dispersées entre différentes sources, échelles et contextes administratifs. Ce produit permet une consultation intégrée des principaux thèmes utiles à l'évaluation des risques côtiers, notamment l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité. Grâce à une interface cartographique interactive, les utilisateurs peuvent visualiser et interroger les couches relatives au type et à l'évolution du littoral, à la susceptibilité à l'instabilité, aux mouvements verticaux du sol, à l'occupation des sols, à la densité d'urbanisation côtière et aux principaux indicateurs météorologiques marins, tels que la hauteur significative des vagues, le déferlement, les événements intenses et la puissance des vagues. L'Atlas constitue ainsi un outil de connaissance à grande échelle, conçu pour faciliter l'interprétation intégrée des risques côtiers et fournir une base commune pour des analyses détaillées ultérieures sur des sites pilotes et des jumeaux numériques côtiers.

1 Atlas des risques cotiers

L'Atlas des risques côtiers est un résultat du projet Interreg Italie-France Maritime AMIS. Développée comme une plateforme webGIS bilingue (italien et français), elle permet la consultation intégrée de données territoriales, côtières et météorologiques marines afin d'appuyer l'analyse des risques le long des zones côtières de la zone de coopération.

L'interface utilisateur se présente sous la forme d'un tableau de bord cartographique interactif basé sur Leaflet, avec une carte centrale et un panneau latéral thématique permettant l'activation sélective de différents niveaux d'information. Elle permet une exploration dynamique des thématiques liées au littoral, à la mer et à l'exposition humaine, en intégrant les données du projet AMIS à des jeux de données externes provenant de services européens tels qu'EMODnet, le service de surveillance des terres Copernicus et EGMS (European Ground Motion Service).

Les principales fonctionnalités de l'interface utilisateur comprennent la visualisation des zones côtières de faible altitude, la susceptibilité à l'instabilité côtière, le type et l'évolution du littoral, l'occupation des sols, la densité d'urbanisation côtière et les données de mouvements verticaux du sol. Pour la composante météorologique marine, l'atlas permet aux utilisateurs de consulter des indicateurs tels que la hauteur significative des vagues, le déferlement et la puissance des vagues, avec une sélection de scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5 et une représentation des valeurs associées aux périodes de retour significatives.

2 Les couches

Layer	Description
Secteurs côtiers bas	Elle représente la subdivision de la côte basse en secteurs d'analyse homogènes. Cette couche constitue l'unité de référence spatiale pour la consultation des indicateurs côtiers et l'obtention d'informations relatives à chaque tronçon de littoral. Des fenêtres contextuelles interactives permettent de visualiser des données descriptives et, le cas échéant, des graphiques illustrant l'évolution du trait de côte et de la superficie de la plage.
Susceptibilité aux glissements de terrain côtiers	Couche raster représentant le degré de susceptibilité à l'instabilité côtière, classée en cinq niveaux : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé. Le code couleur permet d'identifier rapidement les portions de littoral potentiellement les plus exposées aux phénomènes d'instabilité.
Type de côte	Couche WMS dérivée des données géologiques EMODnet décrivant la morphologie et la typologie des formations côtières. Elle comprend des catégories telles que les côtes rocheuses, les plages de sable, les plages de galets, les criques isolées, les estuaires, les zones portuaires, les plages artificielles et les rivages artificiels. Un clic sur la carte permet d'accéder à cette couche ; une fenêtre contextuelle bilingue affiche alors une description complète de la forme de relief.
Évolution de la côte	La couche WMS d'EMODnet décrit l'évolution du littoral et distingue les zones d'accrétion, d'érosion, stables ou artificielles. Elle permet une interprétation concise des processus d'avancée ou de recul du littoral et l'identification des zones sujettes à l'érosion.
EGMS – European Ground Motion Service	Couche de points basée sur les données Copernicus EGMS, relative aux mouvements verticaux du sol. L'utilisateur peut tracer un polygone sur la carte pour sélectionner les points EGMS dans la zone

Marittimo-IT FR-Maritime

	d'intérêt. En cliquant sur les points sélectionnés, une série temporelle des mouvements verticaux s'affiche, utile pour analyser les phénomènes d'affaissement, de stabilité ou de soulèvement du sol.
Hauteur des vagues Hs	Couche de points relative à la hauteur significative des vagues associée aux périodes de retour, avec un affichage par défaut pour une période de retour de 100 ans. Cette couche permet de sélectionner les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5. Chaque point peut être interrogé afin d'afficher les courbes et les valeurs de hauteur des vagues pour différentes périodes de retour.
Événements intenses	Une couche dynamique permet de visualiser des événements météorologiques marins extrêmes, historiques ou simulés. L'utilisateur sélectionne un événement dans un menu déroulant ; les points sont représentés par des couleurs en fonction de la durée estimée de l'événement et, à des niveaux de zoom élevés, la direction des vagues peut également être affichée. Des fenêtres contextuelles affichent des valeurs récapitulatives telles que Hs, Tp et la direction.
Runup	Une couche de points représente le déferlement, c'est-à-dire la hauteur de la vague sur la plage ou la côte, exprimée en mètres et associée à des périodes de retour. La vue principale correspond à une période de retour de 100 ans, avec la possibilité de sélectionner les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Cliquer sur les points affiche un graphique des valeurs de déferlement pour différentes périodes de retour.
Wave Power	Une couche de points représentant la puissance des vagues, exprimée en kW/m, associée aux périodes de retour. Cette couche permet de sélectionner les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5 et affiche une légende dynamique avec les valeurs minimales et maximales. Des fenêtres contextuelles permettent de visualiser les graphiques de puissance des vagues pour différentes périodes de retour.

Marittimo-IT FR-Maritime

Uso del suolo	Couche polygonale dérivée des données Copernicus Coastal Zones, classant l'occupation des sols dans les zones côtières. Les classes représentées incluent les zones urbaines, agricoles, les prairies, les bois et forêts, le maquis méditerranéen, les zones peu ou pas végétalisées, les zones humides et les plans d'eau. Cette couche facilite l'évaluation de l'exposition spatiale et de la pression anthropique le long du littoral.
Densità di urbanizzazione costiera	Couche polygonale représentant le pourcentage d'urbanisation des zones côtières, classée en cinq niveaux : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé. La fenêtre contextuelle affiche le pourcentage de densité d'urbanisation pour le secteur sélectionné. Cette couche est utile pour évaluer l'exposition humaine et la pression du développement le long du littoral.

De plus, Esri Gray Canvas, Esri Satellite et OpenStreetMap sont disponibles en tant que fonds de carte, c'est-à-dire des couches cartographiques de base sélectionnables par l'utilisateur. Ils offrent différents arrière-plans de référence : un fond gris simplifié pour une lecture thématique, un fond satellite pour l'interprétation visuelle du territoire et la cartographie OpenStreetMap pour un contexte géographique général.

3 Fonctionnalité des couches

Secteurs cotiers bas

La couche « Secteurs côtiers bas » constitue la base géométrique principale de l'ARC. Elle divise le littoral en tronçons côtiers ou secteurs, utilisés comme unités de référence spatiale pour l'analyse des risques.

Données fournies : identifiant du secteur, informations descriptives sur le tronçon côtier et, le cas échéant, indicateurs relatifs à l'évolution morphologique du littoral.

Fonctionnalités : La couche est activée par défaut et accessible en cliquant sur la carte. Des fenêtres contextuelles affichent des informations associées au secteur sélectionné. Dans certains cas, ces fenêtres incluent des onglets thématiques et des graphiques dynamiques relatifs aux variations du trait de côte et à la superficie des plages, permettant ainsi d'observer les variations temporelles et les tendances d'évolution.

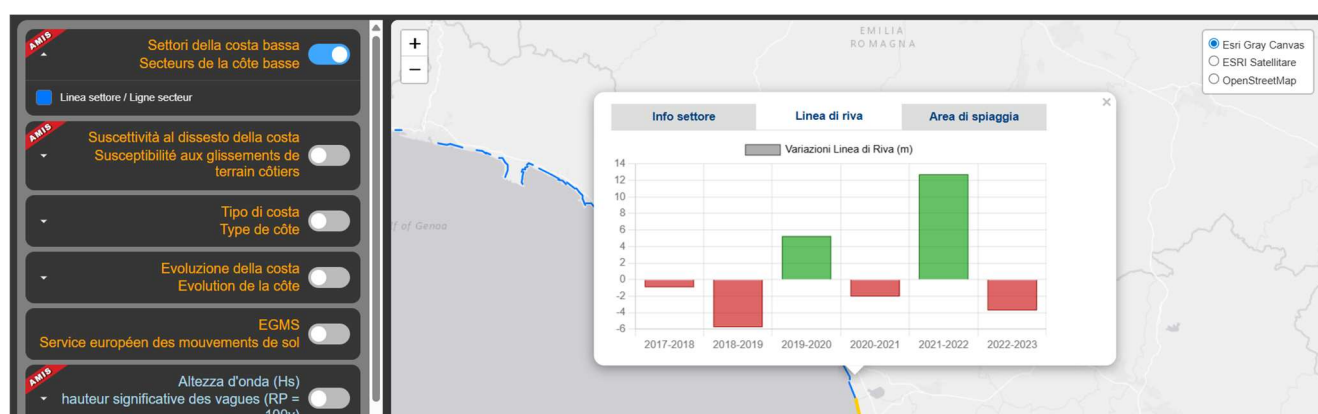


Figure 1- Graphique montrant la superficie de plage étudiée pour chaque secteur individuel de la côte basse

Susceptibilité aux glissements de terrain cotiers

La couche de susceptibilité à l'instabilité côtière représente la propension des zones côtières à l'instabilité, à l'érosion ou à la submersion.

Données fournies : Valeurs raster classées en cinq niveaux de susceptibilité : très faible, faible, moyenne, élevée et très élevée.

Fonctionnalités : L'utilisateur peut activer ou désactiver la couche depuis le panneau latéral. La couche est affichée à l'aide d'une échelle de couleurs allant du vert au rouge, permettant une identification immédiate des zones les plus critiques. Cette couche facilite l'identification spatiale des secteurs côtiers les plus exposés à l'instabilité.

Marittimo-IT FR-Maritime

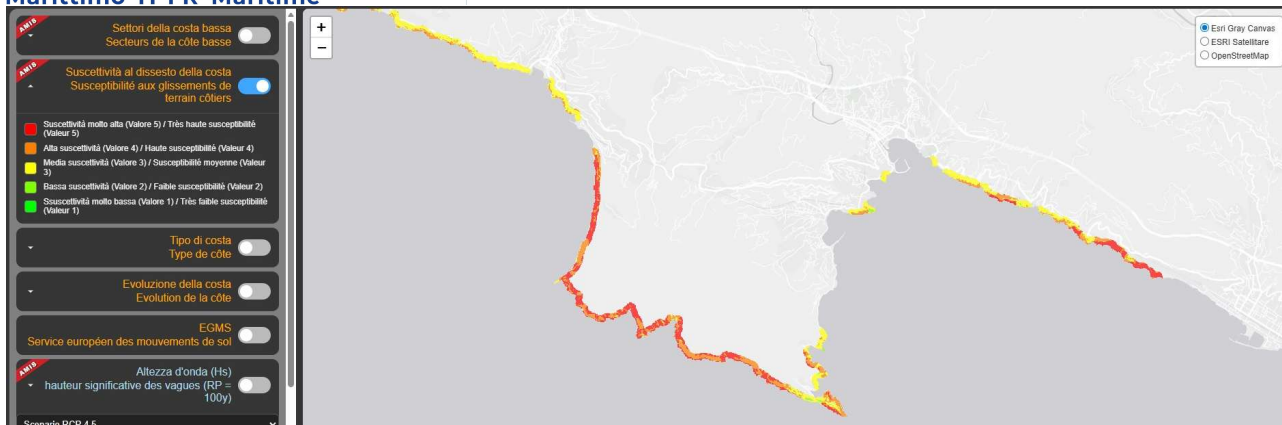


Figure 2 - Estrait de la couche « Sensibilità aux glissements de terrain de la partie supérieure du littoral »

Type de cote

La couche « Type de côte » décrit la morphologie du littoral et est issue des données géologiques d'EMODnet.

Données fournies : Classification morphologique des zones côtières, avec des catégories telles que côtes rocheuses, falaises, criques isolées, plages de sable, plages de galets, côtes vaseuses, estuaires, zones portuaires, plages artificielles et rivages artificiels.

Fonctionnalités : La couche est accessible via WMS et peut être consultée en cliquant sur le littoral. Le système effectue une requête GetFeatureInfo et affiche une fenêtre contextuelle bilingue (italien/français) contenant la description complète de la classe côtière détectée. Cette fonction est utile pour contextualiser la vulnérabilité du littoral en fonction de sa morphologie.

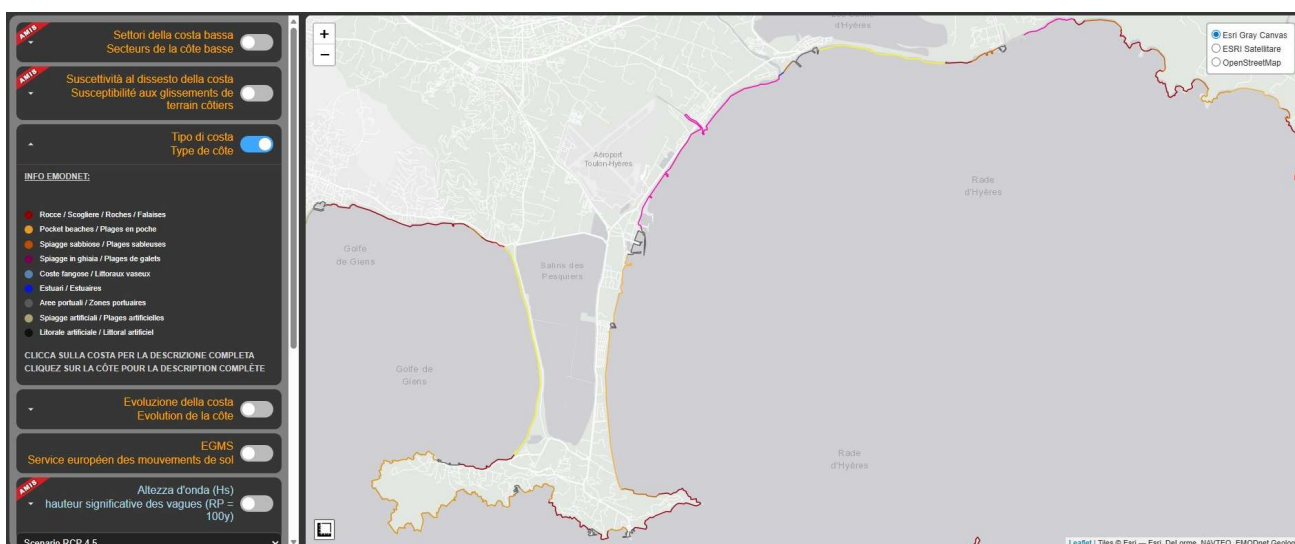


Figure 3 - Estrait de la couche « Type de côte »

Marittimo-IT FR-Maritime Evolution de la cote

La couche « Évolution côtière » offre un aperçu de la dynamique actuelle et récente du littoral, basé sur les données géologiques d'EMODnet.

Données fournies : Classification des zones côtières en accrétion, érosion, stabilité ou artificialisation.

Fonctionnalités : Cette couche est activable depuis le panneau thématique et superposable à d'autres couches cartographiques. La légende permet une lecture rapide des tendances d'évolution côtière. Elle est particulièrement utile pour identifier les zones affectées par le recul du littoral ou l'avancée sédimentaire.



Figure 4 - Extrait de la couche « Évolution côtière »

EGMS – European Ground Motion Service

La couche EGMS intègre les données de mouvement vertical du sol issues du service européen Copernicus d'observation des mouvements du sol.

Données fournies : points de mesure EGMS avec valeurs moyennes de vitesse de déplacement vertical et séries temporelles de déplacement, exprimées en millimètres.

Fonctionnalités : une fois la couche activée, l'interface propose des outils de dessin cartographique. L'utilisateur peut tracer un polygone ou un rectangle pour sélectionner les points EGMS dans la zone d'intérêt. Les points sélectionnés sont affichés avec une échelle de couleurs correspondant à leur vitesse de déplacement. Un clic sur un point ouvre un panneau graphique affichant la série temporelle de déplacement et une courbe de tendance. Cette fonctionnalité permet d'analyser les phénomènes d'affaissement, de soulèvement ou de stabilité des sols dans les zones côtières.



Figure5 - Extrait de la couche « Service européen de surveillance des mouvements du sol »

Hauter significatives des vagues Hs

La couche « Hauteur des vagues Hs » représente la distribution spatiale des valeurs significatives de hauteur des vagues associées aux périodes de retour.

Données fournies : Points météorologiques et marins avec les valeurs Hs pour différentes périodes de retour, notamment 1, 2, 5, 10, 50, 100 et 200 ans. La vue principale correspond à une période de retour de 100 ans.

Fonctionnalités : L'utilisateur peut sélectionner le scénario climatique RCP 4.5 ou RCP 8.5. Les points sont représentés par des couleurs proportionnelles aux valeurs Hs. Un clic sur un point ouvre un graphique affichant la courbe de hauteur des vagues en fonction des différentes périodes de retour. Cette couche est également liée à l'assistant de prévision des ondes de tempête, qui permet d'effectuer des requêtes textuelles et de localiser automatiquement le point demandé sur la carte.

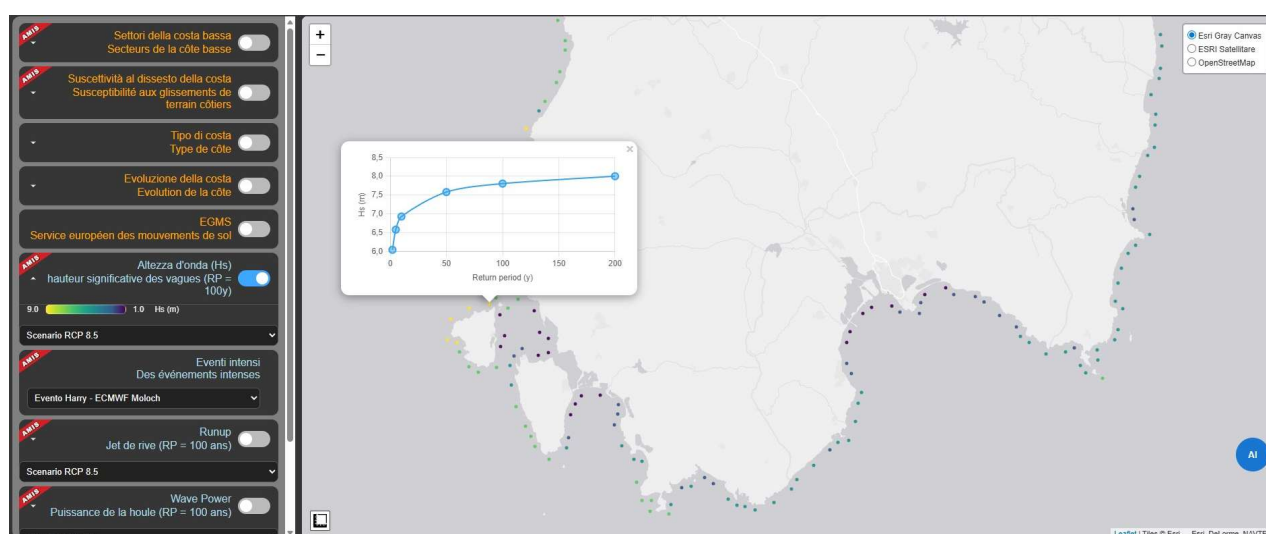


Figure 6 - Extrait de la couche « Hauteur significative des vagues »

Evenements intenses

La couche « Événements extrêmes » permet de visualiser des événements de submersion marine historiques ou simulés, sélectionnables dans un menu.

Données fournies : Pour chaque événement, des points météorologiques marins sont affichés avec les valeurs de hauteur maximale des vagues (Hs), de période de pic (Tp) et de direction des vagues. Ces valeurs sont comparées à des seuils associés aux périodes de retour afin d'estimer la gravité de l'événement.

Fonctionnalités : L'utilisateur sélectionne un événement dans le menu déroulant. La couche affiche des points classés par périodes de retour : moins d'un an, 1 à 2 ans, 2 à 5 ans, 5 à 10 ans, 10 à 50 ans, 50 à 100 ans et plus de 100 ans. Des infobulles affichent les valeurs clés de l'événement, telles que Hs, Tp et Dirp. À des niveaux de zoom plus élevés, la direction des vagues est affichée à l'aide de symboles orientés.

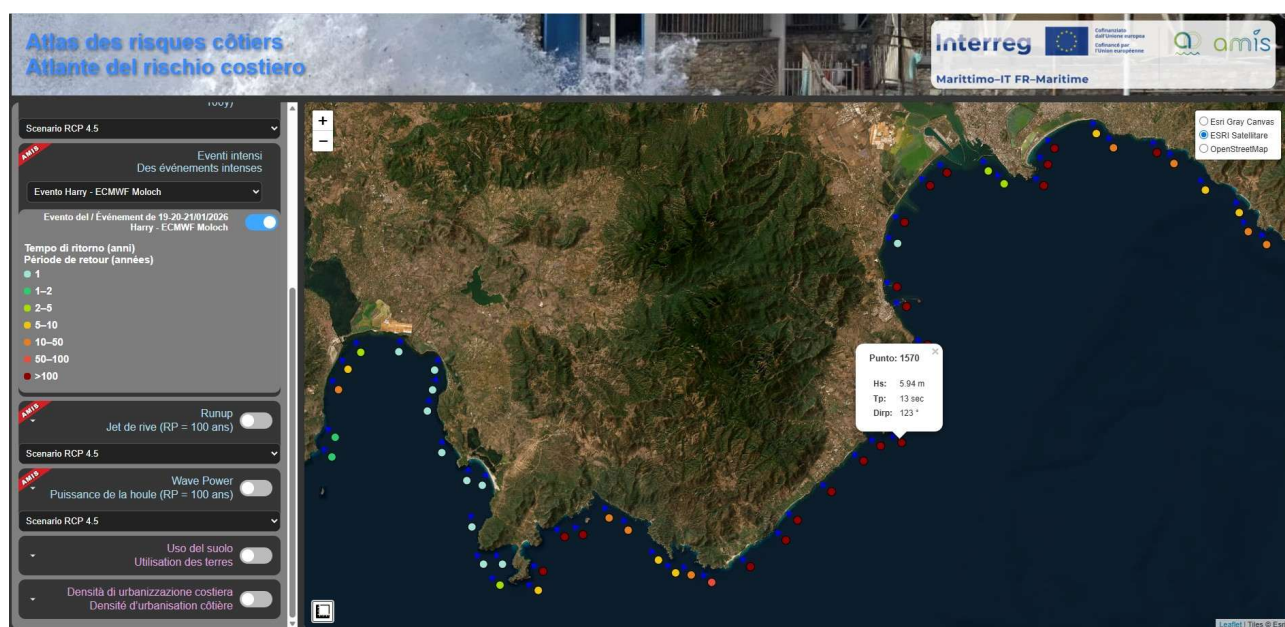


Figure 7 - Extrait de la couche « Événements graves »

Runup

La couche Runup représente le jet de rive sur la côte, c'est-à-dire le niveau maximal atteint par la houle sur le profil côtier.

Données fournies : points avec des valeurs de runup exprimées en mètres, calculées pour différents temps de retour, notamment 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300 et 500 ans. La représentation cartographique principale utilise la valeur associée au temps de retour de 100 ans.

Fonctionnalité : la couche permet la sélection des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Les points sont représentés selon une échelle chromatique graduée et la légende indique dynamiquement les valeurs minimale et maximale. En cliquant sur un point, l'utilisateur visualise un graphique montrant l'évolution du runup en fonction des temps de retour.

Marittimo-IT FR-Maritime



Figure 8 - Extrait de couche "Run-up"

Wave Power

La couche Wave Power représente la puissance de la houle incidente le long de la côte.

Données fournies : points avec des valeurs de wave power exprimées en kW/m, calculées pour différents temps de retour : 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300 et 500 ans. La représentation principale se réfère au temps de retour de 100 ans.

Fonctionnalité : comme pour le runup, l'utilisateur peut choisir entre les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. La couche affiche les points selon une échelle chromatique proportionnelle aux valeurs de puissance de la houle et une légende dynamique avec les valeurs minimale et maximale. Un clic sur les points ouvre un graphique interactif représentant la wave power pour les différents temps de retour, facilitant la comparaison entre les conditions ordinaires et extrêmes.

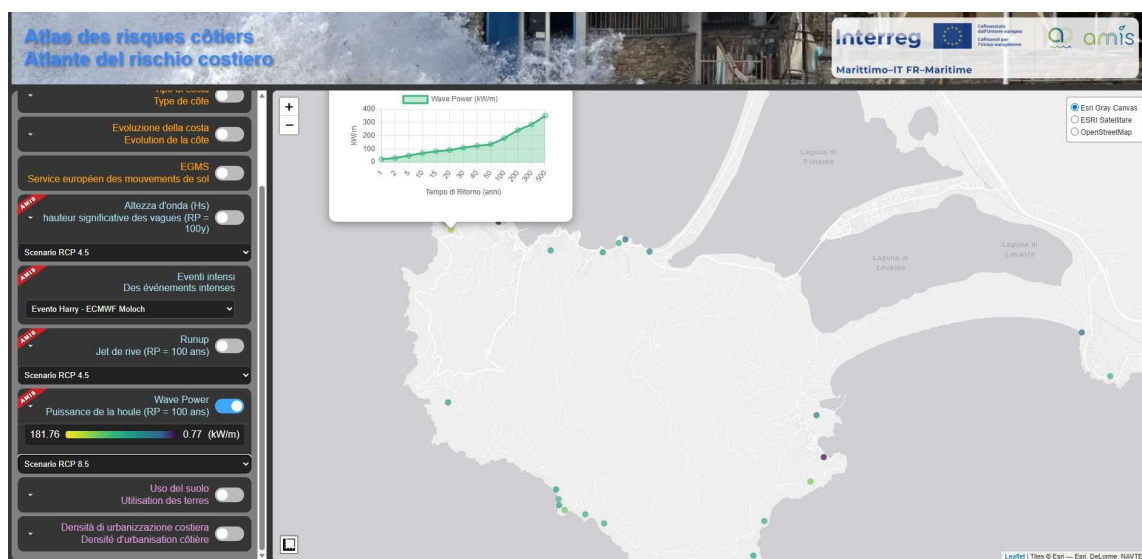


Figura 9 - Extrait de la couche « Wave power »

Occupation du sol

La couche Occupation du sol décrit la couverture et l'utilisation du territoire dans la bande côtière, à partir des données Copernicus Coastal Zones.

Données fournies : polygones classés en catégories d'occupation/de couverture du sol, notamment zones urbaines, zones agricoles, prairies, bois et forêts, broussailles et maquis méditerranéen, espaces ouverts avec végétation clairsemée ou absente, zones humides et plans d'eau.

Fonctionnalité : la couche peut être activée et superposée aux données côtières et météo-marines. La représentation par classes chromatiques permet de lire la distribution des couvertures du sol le long de la bande côtière et d'évaluer la présence d'éléments anthropiques ou naturels exposés aux phénomènes de risque côtier.



Figure 10 - Extrait de la couche « Occupation du sol »

Densité d'urbanisation côtière

La couche Densité d'urbanisation côtière représente le degré d'urbanisation des secteurs côtiers.

Données fournies : valeur en pourcentage de l'urbanisation par secteur, classée en cinq classes : très faible, faible, moyenne, élevée et très élevée.

Fonctionnalité : la couche est chargée à la demande et affichée sous forme de polygones colorés en fonction du pourcentage d'urbanisation. Le pop-up restitue la valeur numérique de la densité d'urbanisation côtière pour le secteur sélectionné. Ce niveau est utile pour évaluer l'exposition anthropique, en identifiant les tronçons côtiers où les infrastructures, les zones d'habitat ou les surfaces artificialisées sont les plus présentes.



Figure 11 - Extrait de la couche « Densité d'urbanisation côtière »

Fonctionnalités transversales du frontend

En plus des fonctions spécifiques à chaque couche, le frontend de l'ARC met à disposition certaines fonctionnalités communes :

Fonctionnalité	Description
Activation/désactivation des couches	Chaque couche peut être activée ou désactivée au moyen d'un interrupteur dans le panneau latéral.
Accordéons thématiques	Les légendes sont organisées en panneaux extensibles, facilitant la consultation des différents thèmes.
Pop-ups informatifs	De nombreuses couches peuvent être interrogées par clic, avec restitution d'attributs, de descriptions bilingues ou de valeurs numériques.
Graphiques dynamiques	Les données temporelles ou associées à des temps de retour sont visualisées au moyen de graphiques générés avec Chart.js.
Sélection des scénarios climatiques	Les couches météo-marines permettent la comparaison entre les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.
Sélection des événements intenses	L'utilisateur peut choisir des tempêtes marines historiques ou simulées spécifiques et en visualiser la sévérité spatiale.
Outils de mesure	La carte comprend des outils permettant de mesurer des distances et des surfaces.

Marittimo-IT FR-Maritime

Dessin sur la carte	Pour la couche EGMS, il est possible de dessiner des zones de sélection et d'interroger les points situés à l'intérieur de celles-ci.
Interface bilingue	Les titres, les légendes et les différents pop-ups sont disponibles en italien et en français.
Assistant tempêtes marines	Un module de chat permet d'effectuer des requêtes textuelles sur les données de tempête marine et localise automatiquement le point demandé sur la carte.

Lien d'accès au produit

L'Atlas du Risque Côtier est consultable à l'adresse suivante :

<https://geoportale.lamma.toscana.it/atlante>

4 Observations finales et perspectives futures

L'Atlas du Risque Côtier représente l'un des principaux résultats opérationnels du projet AMIS, car il met à disposition, au sein d'un environnement webGIS unique, des informations hétérogènes relatives à la bande côtière de l'aire transfrontalière. Ce produit permet de dépasser la fragmentation des bases d'information et offre une lecture intégrée, interrogeable et comparable des principaux facteurs contribuant à la définition du risque côtier.

L'ARC a été conçu comme un niveau de connaissance à macro-échelle, actualisable et progressivement extensible. Il ne remplace pas les analyses locales détaillées, mais fournit une base commune pour orienter la planification, la prévention et la communication du risque. Dans cette perspective, son rôle est complémentaire à celui des jumeaux numériques côtiers développés dans le cadre du projet : tandis que l'ARC offre une vision d'ensemble de l'aire de coopération, les jumeaux numériques permettent des approfondissements dynamiques et locaux sur les sites pilotes.

Lors des phases ultérieures du projet, l'Atlas pourra être davantage consolidé grâce à la mise à jour des couches, à l'amélioration des fonctionnalités d'interrogation, à l'intégration de nouvelles données de suivi et au lien avec les produits dynamiques d'évaluation et de communication du risque. Ainsi, O3.1 constitue non seulement un produit cartographique, mais aussi une première infrastructure d'information partagée au service de la résilience et de l'adaptation des zones côtières aux changements climatiques.