

Progetto

SINAPSI

**asSistenza alla Navigazione per l'Accesso ai Porti in
 Sicurezza**



ATTIVITA' T1.1: REALIZZAZIONE RETE DI MONITORAGGIO

PRODOTTO T1.1.1: PROGETTAZIONE MONITORAGGIO

Partner responsabile: CNR-ISMAR

Partner contributori: UNIGE, UTLN, ADSP-MTS, LaMMA, ERI, CCI VAR

Nome del prodotto	Redatto da:	Validato da:
T1.1.1 - Progettazione monitoraggio	Anna Reboa, Gabriele Ferretti, Laura Cutroneo (UNIGE), Carlo Mantovani, Lorenzo Corgnati (CNR-ISMAR), Gregorio Barbieri (ADSP-MTS), Carlo Brandini (LaMMA), Anne Molcard (UTLN), Elena Tonon (CCI-VAR)	Marcello Magaldi (CNR-ISMAR), Marco Capello (UNIGE)



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1

Indice

<i>Descrizione del prodotto</i>	<i>i</i>
<i>Description du produit</i>	<i>i</i>
1. <i>INTRODUZIONE</i>	1
2. <i>PORTO DI GENOVA</i>	2
2.1 IL PORTO	2
2.2 CORRENTOMETRIA NEL PORTO DI GENOVA.....	3
3. <i>RADAR OCEANOGRAFICI IN BANDA HF</i>	12
3.1 RADAR HF	12
3.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA RADAR HF DI SINAPSI.....	17
4. <i>PORTI DI LIVORNO E PIOMBINO</i>	23
4.1 PORTO DI LIVORNO	23
4.2 PORTO DI PIOMBINO	25
a. STRUMENTAZIONE ACQUISTATA DA ADSP-MTS	27
b. STRUMENTAZIONE ACQUISTATA DA LAMMA	28
c. STRUMENTI ADDIZIONALI MESSI A DISPOSIZIONE DA ADSP-MTS E LAMMA	30
d. ALTRI STRUMENTI: MISURE DI LIVELLO DEL MARE.....	35
5. <i>PORTO DI TOLONE</i>	37
6. <i>BIBLIOGRAFIA</i>	37

Descrizione del prodotto

Il piano di monitoraggio delle onde e delle correnti che verrà messo in opera nell'ambito del progetto SINAPSI è qui descritto per ciascun porto coinvolto. I porti coinvolti sono: Genova, per il quale verranno monitorate le correnti all'interno del bacino tramite installazione di correntometri ADCP e all'esterno, insieme ai parametri del campo d'onda, tramite l'installazione di un sistema di radar oceanografici in banda HF; Tolone, nel quale verranno monitorate onde e correnti tramite un correntometro; Livorno, per il quale è prevista l'installazione di correntometri all'interno del bacino portuale; e Piombino, che prevede il monitoraggio delle onde tramite un ondometro che verrà posizionato all'esterno del porto.

Description du produit

Le plan de surveillance des vagues et des courants qui sera mis en œuvre dans le cadre du projet SINAPSI est décrit ici pour chaque port du projet. Les ports du projet sont : Gênes, pour lequel les courants seront surveillés à l'intérieur du bassin grâce à l'installation de courantomètres ADCP et à l'extérieur, ainsi que les paramètres du champ d'ondes, grâce à l'installation d'un système radar océanographique HF; Toulon, pour lequel les vagues et les courants seront surveillés grâce à un courantomètre ; Livourne, pour lequel des courantomètres seront installés à l'intérieur du bassin portuaire ; et Piombino, qui prévoit la surveillance des vagues grâce à un ondamètre qui sera placé à l'extérieur du port.

1. INTRODUZIONE

Il progetto SINAPSI prevede la realizzazione di un sistema monitoraggio e disseminazione delle caratteristiche fisiche del mare quali correnti, onde e vento in posizioni strategiche per la gestione del traffico portuale. Il sistema osservativo fisico include sia tecnologie tradizionali (ADCP, ondometri e drifter) sia strumenti innovativi come i radar costieri in banda HF. Lo scopo ultimo è quello di fornire agli utenti dei porti (Comandanti, Piloti, Capitaneria di Porto, ecc.), tramite strumenti ICT, dati in tempo reale sulle condizioni del mare per migliorare la sicurezza della navigazione.

La cornice del Programma Interreg Italia Francia garantisce lo studio e l'applicazione delle buone pratiche in modo coordinato e armonizzato in tutta l'area transfrontaliera. I modelli di successo potranno essere replicati in altre aree.

La rete osservativa è stata progettata dai Partner di concerto con gli *stakeholder* e i gruppi target locali in modo da individuare le collocazioni ideali degli strumenti di monitoraggio all'interno o all'esterno dei porti oggetto di studio. I dati acquisiti verranno non solo messi direttamente a disposizione dei soggetti interessati, ma anche impiegati per migliorare l'attendibilità di modelli numerici di circolazione e di previsione del moto ondoso sviluppati ad-hoc per le diverse realtà portuali.

Negli ultimi anni numerosi progetti del Programma Interreg Italia-Francia Marittimo, tra i quali MOMAR, SICOMAR, IMPACT, SICOMARplus, hanno contribuito a sviluppare, sia in termini di estensione spaziale sia in termini di evoluzione tecnologica, una rete condivisa di monitoraggio dello stato del mare a supporto della protezione ambientale e della sicurezza della navigazione nell'area transfrontaliera. Molti dei partner di SINAPSI hanno contribuito a questo percorso, nel quale SINAPSI rappresenta un nuovo passo significativo. La strumentazione che verrà installata per il piano di monitoraggio previsto in SINAPSI andrà ad ampliare e complementare la rete di monitoraggio esistente. Tramite metodologie comuni e servizi interoperabili di condivisione e

PRODOTTO N.T1.1.1

integrazione dei dati si potrà quindi approfondire la conoscenza delle caratteristiche meteo-marine che contraddistinguono il bacino dell'area transfrontaliera, conoscenza imprescindibile per lo sviluppo di qualsiasi strumento finalizzato a migliorare la sicurezza della navigazione.

Di seguito viene descritta l'attività di monitoraggio prevista in ogni singolo porto coinvolto dal progetto SINAPSI.

2. PORTO DI GENOVA

2.1 IL PORTO

Il Porto di Genova (Fig. 2.1) è costituito fondamentalmente da tre diversi bacini: il bacino di centro-levante, che si affaccia sul centro della città di Genova e i quartieri di Sampierdarena e Cornigliano; il bacino di ponente di Genova Multedo, che comprende il terminal petroli; il bacino di estremo ponente che comprende il terminal container di Prà-Voltri. Nel progetto SINAPSI è coinvolto il bacino di centro-levante (Fig. 2.2), che a sua volta è divisibile in due macrosettori: quello di centro-levante che comprende l'ingresso di levante del Porto, il Bacino di Evoluzione, il bacino Porto Vecchio e il Porto Antico, e quello di ponente che comprende il Canale di Sampierdarena, la foce del Polcevera, il Canale di Calma dell'Aeroporto e l'entrata di ponente del Porto.



Fig. 2.1 Porto di Genova (<https://www.portsofgenoa.com/it/map-ports.html#genova>)



Fig. 2.2 Porto di Genova, settore orientale (<https://www.portsofgenoa.com/it/map-ports.html#genova>)

2.2 CORRENTOMETRIA NEL PORTO DI GENOVA

Nell'attività di monitoraggio che verrà svolta all'interno del Porto di Genova è prevista l'installazione di tre correntometri profilanti acustici ad effetto Doppler orizzontali (*Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler - HADCP*). I tre strumenti, già in essere presso l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale (ADSP-MLO), verranno presi in carico dall'Università di Genova, mantenuti e installati nel Porto. I correntometri in



PRODOTTO N.T1.1.1

questione sono tre RD Instruments Workhorse HADCP, con frequenza 300 kHz (Fig. 2.3). Questi correntometri erano già stati impiegati per il monitoraggio in continuo delle correnti durante il dragaggio del Porto di Genova dal 2009 al 2014 ed erano posizionati uno all'ingresso di levante (fanale rosso), e uno all'ingresso di ponente (punta estrema della diga interna davanti alla foce del Polcevera) (Cutroneo et al., 2012 e 2014). Un terzo correntometro fungeva da riserva, per coprire l'assenza di uno dei correntometri installati durante le manutenzioni.

Gli HADCP hanno tre trasduttori posizionati in orizzontale con un angolo di 25° che emettono tre distinti fasci acustici alla specifica frequenza di 300 kHz con apertura conica di 2.1°.



Fig. 2.3 Workhorse ADCP orizzontale (RD Instruments)

L'ADCP misura la velocità delle correnti marine emettendo, tramite i suoi tre trasduttori, tre fasci acustici (*beams*) con una frequenza fissa nota attraverso la massa d'acqua e registrando la frequenza e l'ampiezza dell'eco del segnale acustico (*backscatter* in dB) riflesso dalle particelle sospese nella massa d'acqua e che, si assume, si muovano alla stessa velocità della massa d'acqua stessa (RD Instruments, 2008). Ciascun fascio



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1

acustico (*beam*) è suddiviso in n segmenti (*bins* o celle di misura) di dimensioni fisse impostate dall'operatore, all'interno dei quali i dati ottenuti vengono mediati dallo strumento per la resa di un singolo dato di risposta; Fig. 2.4). Il movimento di queste particelle, in avvicinamento o in allontanamento dai trasduttori dell'ADCP, produce un effetto Doppler nell'eco di ritorno che l'ADCP utilizza per calcolare la velocità, la direzione e il verso del movimento delle particelle e quindi della corrente. L'ADCP quindi utilizza l'effetto Doppler registrato in ciascun *bin* e *beam* per misurare il vettore velocità delle particelle, e considerando la velocità del suono ed i tempi di ritorno dell'eco, assegna ad ogni bin la propria profondità e la corrispondente velocità di corrente. In questo modo la risposta che l'ADCP dà è equivalente a quella di una catena di n correntometri convenzionali posizionati a quote fisse ed equidistanti lungo la colonna d'acqua. L'interpolazione dei dati ottenuti dai tre trasduttori permette allo strumento di fornire dati accurati di corrente nello spazio.

In base alla frequenza di lavoro dello strumento (nel caso degli strumenti di Genova, 300 kHz), l'ADCP può penetrare la massa d'acqua a sé antistante per una distanza di circa 100-120 m, in dipendenza dalla quantità di materiale sospeso nell'acqua e dalla densità della massa d'acqua stessa.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1

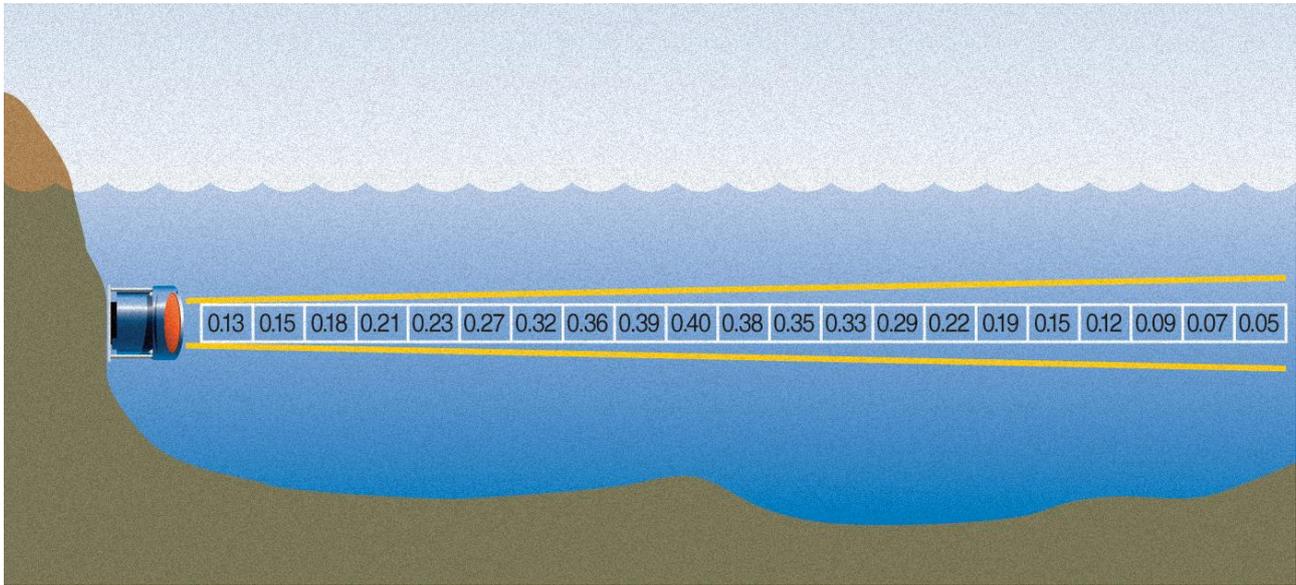
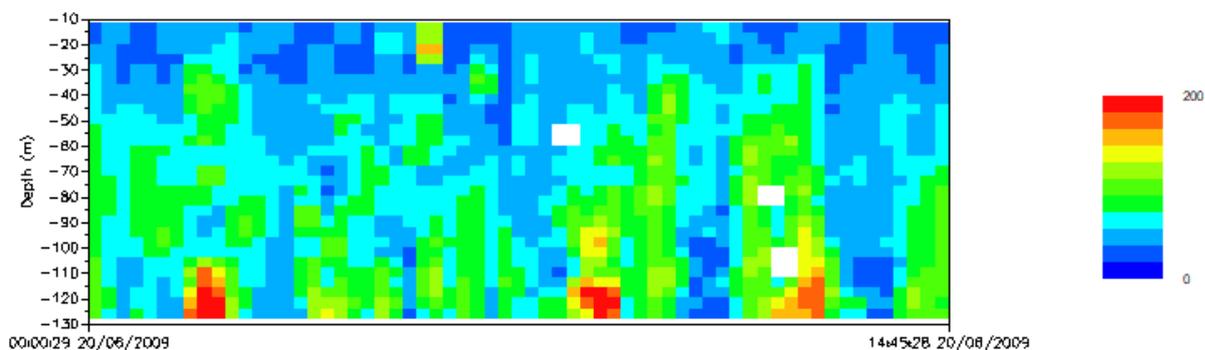


Fig. 2.4 Schema che evidenzia la velocità della corrente misurata all'interno delle singole celle di misura di un ADCP orizzontale montato a metà della colonna d'acqua (RD Instruments)

L'ADCP restituisce quindi per ogni singola misura la velocità (mm s^{-1}), la direzione e il verso della corrente ($^{\circ}$ N; Fig. 2.5), le due componenti della velocità Nord-Sud, Est-Ovest, la componente verticale e dati riferiti all'errore e alla bontà della misura, oltre al *backscatter* misurato da ogni singolo trasduttore.



Velocity Magnitude (mm/s)



Velocity Direction (Degrees)

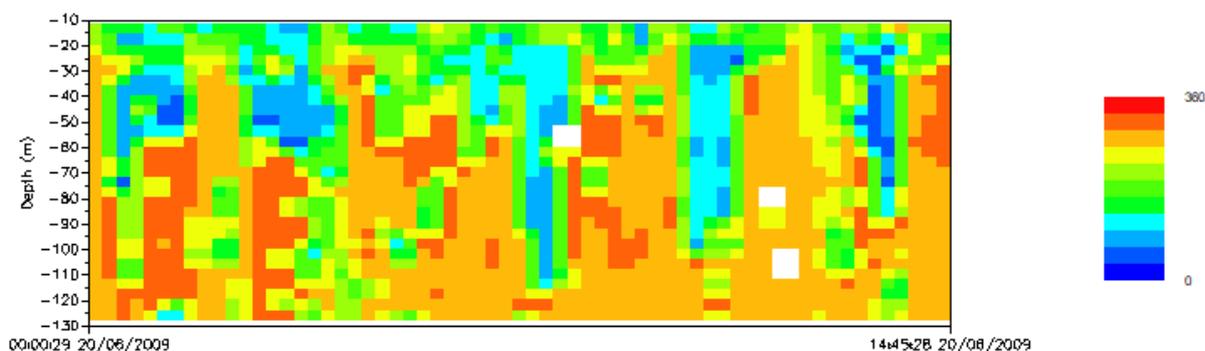


Fig. 2.5 Esempi di profili orizzontali restituiti dall'HADCP per la velocità della corrente e la direzione della corrente

Gli HADCP saranno installati fissi a molo ed i trasduttori registreranno le correnti lungo la massa d'acqua antistante ad intervalli discreti di tempo. I correntometri verranno installati nel Canale di Sampierdarena (uno di fronte alla nuova banchina di Calata Bettolo e uno davanti a Ponte Eritrea) e nel Bacino di Evoluzione (Fig. 2.6).

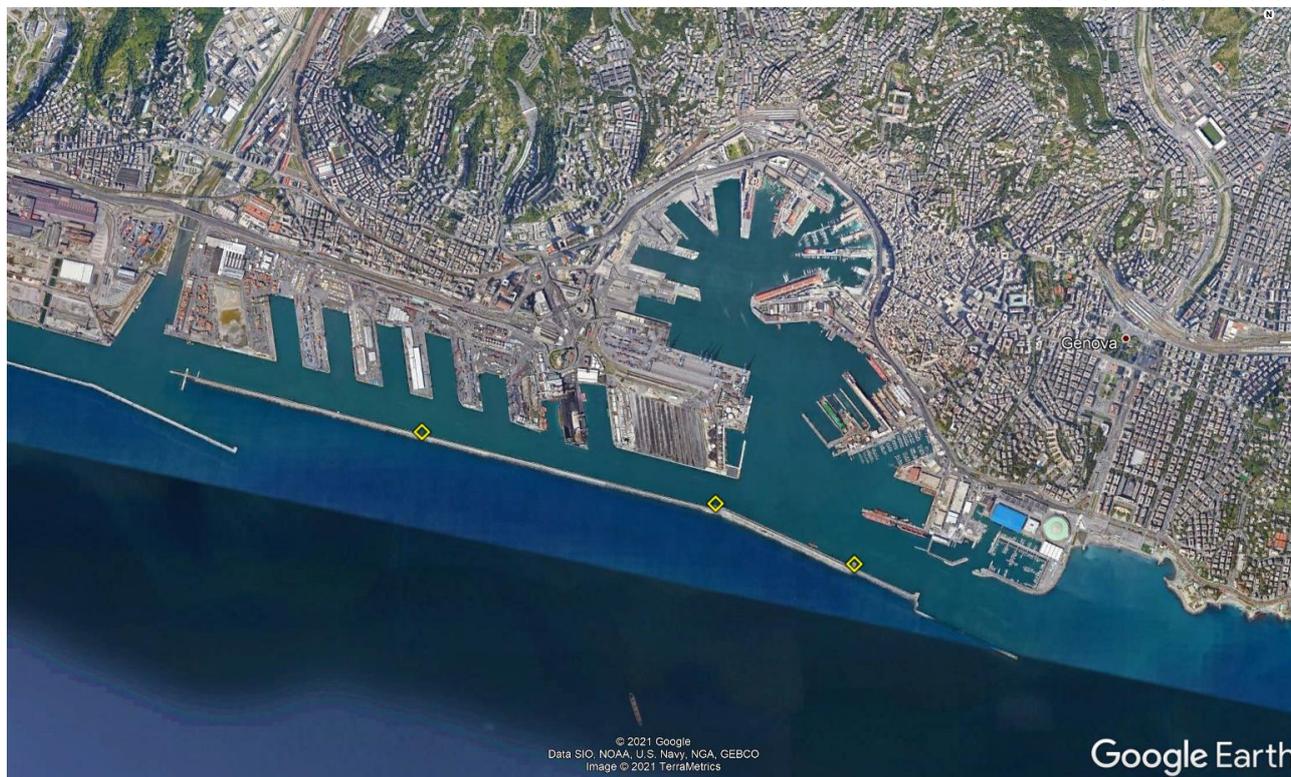


Fig. 2.6 Posizione dei tre correntometri (rombi gialli)

La scelta della posizione per l'installazione dei correntometri deriva dal monitoraggio ambientale realizzato da UNIGE-DISTAV dal 2007 al 2014 nell'ambito del *capital dredging* dei sedimenti del fondale del Porto, dei successivi dragaggi puntuali di mantenimento della navigabilità realizzati per conto di ADSP-MLO, nonché dagli incontri realizzati con gli *stakeholder* del porto, ossia ADSP-MLO, Capitaneria di Genova, Corpo dei Piloti, Ormeggiatori e Comandanti di navi. In particolare, la scelta di posizionare i correntometri all'interno del Canale di Sampierdarena deriva dalla modifica che la circolazione delle masse d'acqua ha subito in seguito alla rimozione del dente della vecchia diga Duca di Galliera davanti all'attuale Darsena degli olii minerali. Il cosiddetto dente era costituito da massi della vecchia diga che formavano una sporgenza dalla diga verso l'interno del canale, costituendo quindi una sorta di strettoia e di ostacolo che impediva il libero fluire delle masse d'acqua dal Bacino di Evoluzione al Canale di

PRODOTTO N.T1.1.1

Sampierdarena e viceversa. La rimozione del dente ha fatto sì che l'acqua potesse quindi fluire liberamente e questo ha prodotto un aumento della dinamica nel Canale di Sampierdarena. La differenza nella velocità della corrente è stata anche segnalata dai Piloti e dai Comandanti delle navi che entrano nel Porto di Genova e manovrano e ormeggiano lungo il Canale. Il sito nel Bacino di Evoluzione è stato segnalato direttamente dai Piloti del Porto che necessitano di dati sulle correnti a supporto delle manovre compiute dalle grandi navi porta-container o da crociera in questo bacino durante l'evoluzione prima di proseguire verso la banchina di ormeggio.

Pertanto, per andare in contro proprio agli operatori portuali impegnati nelle manovre delle navi nel Porto di Genova, si è scelto di posizionare i correntometri in questi due settori nevralgici del Porto e di fornire agli operatori dati in tempo reale sulla velocità e verso della corrente.

Nel dettaglio, i tre correntometri saranno posizionati lungo la diga tramite una struttura in acciaio inox alla profondità di circa 7 m (la profondità esatta verrà determinata al momento dell'installazione). Un esempio di struttura è riportato nella figura 2.7: la struttura permetterà oltre al posizionamento degli strumenti alla determinata profondità, anche il loro facile recupero per le manutenzioni periodiche.

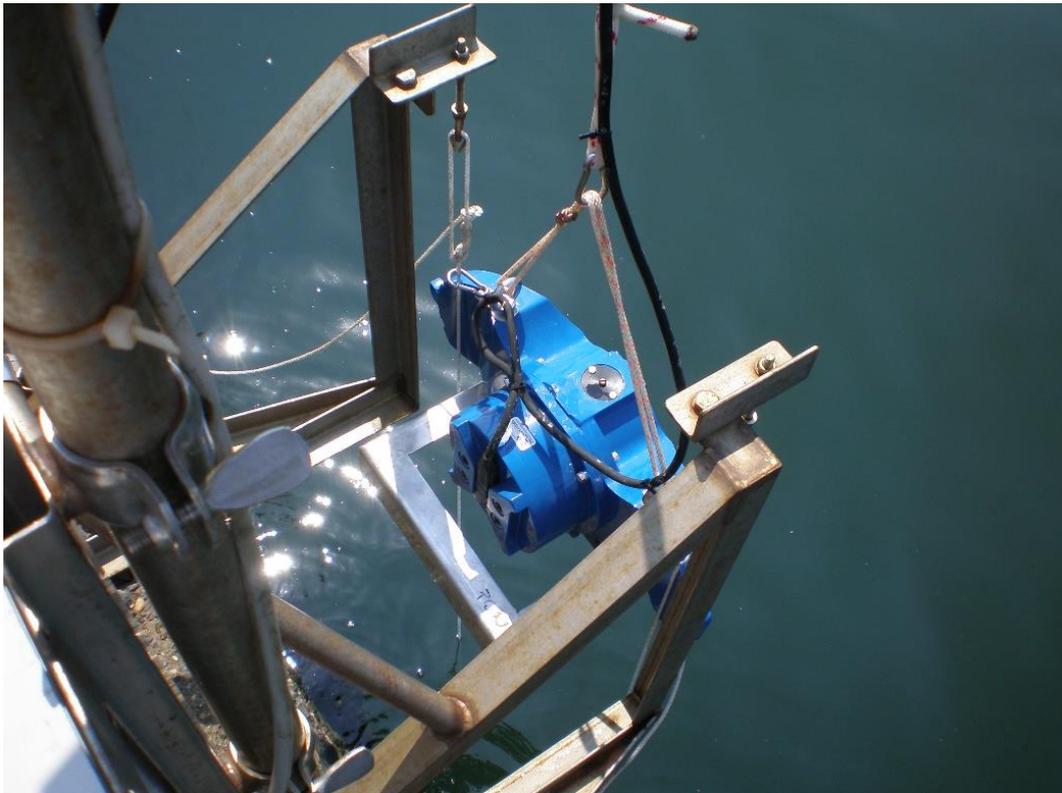


Fig. 2.7 Struttura di supporto all'ADCP orizzontale (Dragaggio Porto di Genova)

In figura 2.8 sono riportate alcune fotografie subacquee scattate ai correntometri installati lungo la diga durante il monitoraggio del dragaggio del Porto di Genova. La stessa configurazione verrà mantenuta durante il monitoraggio previsto per SINAPSI. I correntometri saranno gestiti da una centralina posizionata sulla diga foranea e alimentati con pannelli solari e batterie tampone (Fig. 2.9).



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1



Fig. 2.8 Foto subacquee dell'ADCP orizzontale (Dragaggio Porto di Genova)



Fig. 2.9 Centralina elettronica e pannelli solari per l'alimentazione (Dragaggio Porto di Genova)

NOTA: È in previsione l'ampliamento del Porto di Genova con la costruzione di una nuova diga foranea posizionata più al largo rispetto alla configurazione attuale e la demolizione del tratto di diga che attualmente protegge il Canale di Sampierdarena. Di conseguenza i correntometri potranno dover essere spostati all'atto dello spostamento della nuova diga foranea.

3. RADAR OCEANOGRAFICI IN BANDA HF

3.1 RADAR HF

Per il monitoraggio dello stato del mare all'esterno del porto di Genova è prevista l'installazione e la messa in esercizio di un sistema di radar oceanografici in banda HF.

PRODOTTO N.T1.1.1

I radar HF sono strumenti di telerilevamento che permettono di acquisire e rendere disponibili automaticamente informazioni aggiornate sulle correnti marine superficiali e sul moto ondoso, e in certe condizioni sulla direzione del vento. Essi permettono un monitoraggio continuo e automatico ad alta risoluzione spaziale (griglie da 1 a 6 km) e temporale (una mappa ogni 30 o 60 minuti) su superfici di migliaia di chilometri quadrati (Fig. 3.1).

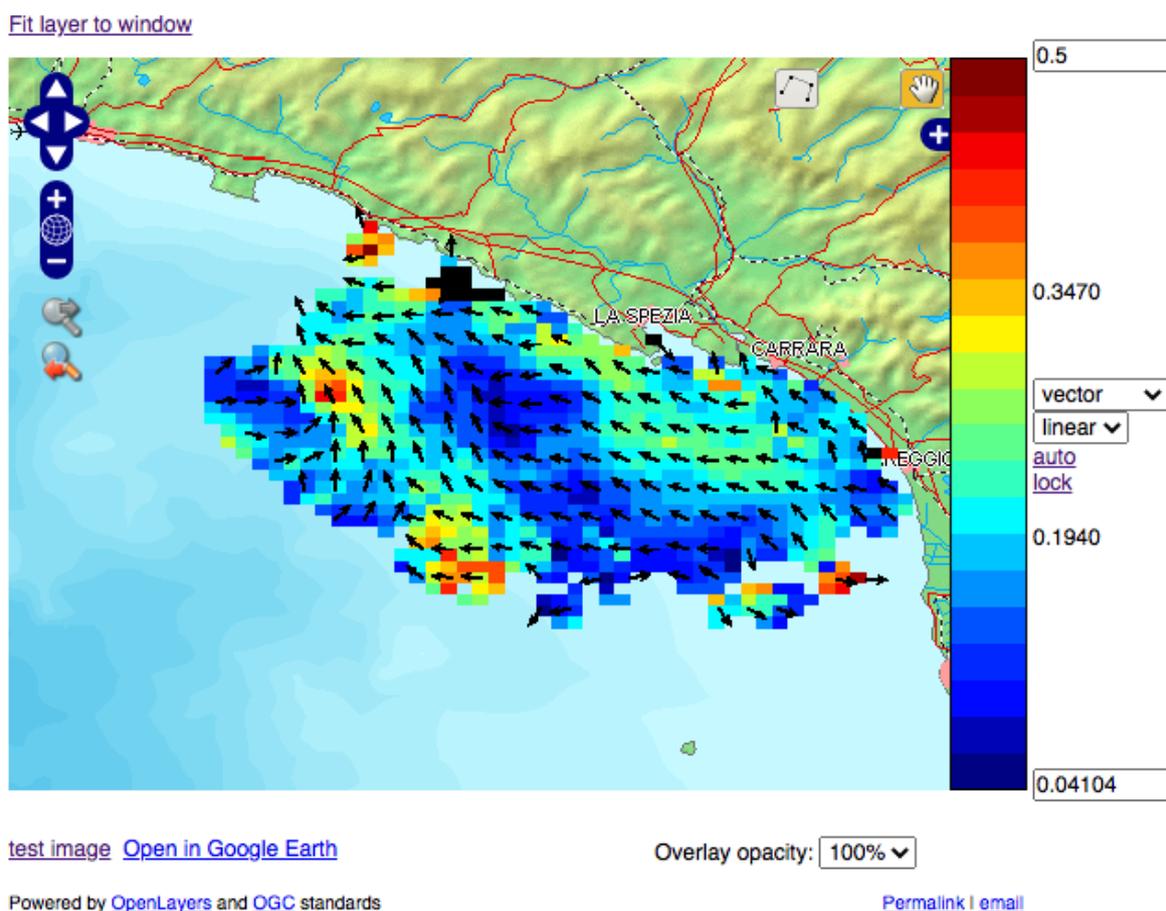


Fig. 3.1 Esempio di una mappa di corrente superficiale da radar HF nell'area marina compresa approssimativamente tra Viareggio (LU) e Monterosso al Mare (SP)

Una singola stazione radar HF è caratterizzata tipicamente da un sistema elettronico di gestione e acquisizione del segnale e da una o più antenne ricetrasmittenti collocate nello stesso punto o a breve distanza.

PRODOTTO N.T1.1.1

Le frequenze operative spaziano nel campo delle onde radio e si collocano in bande assegnate a livello internazionale dall'*International Telecommunication Union* (ITU).

Un sistema di radar HF, per esprimere la sua piena potenzialità, deve comprendere almeno due stazioni opportunamente distanziate la cui area di misura sia per la maggior parte sovrapponibile.

Ogni radar HF infatti, analizzando il segnale radio riflesso dalla superficie marina, è in grado di ricavare informazioni sulla sola componente radiale della velocità della corrente rispetto al proprio punto di vista. Nell'area di sovrapposizione i vettori radiali di due o più stazioni che cadono nell'intorno dello stesso punto vengono combinati geometricamente dando origine alle mappe di velocità 2-dimensionali complete (Fig. 3.2). Inoltre, per i tipi di radar HF che consentono questa misura, solo nella zona di sovrapposizione suddetta lo spettro direzionale del campo d'onda risulta derivabile.

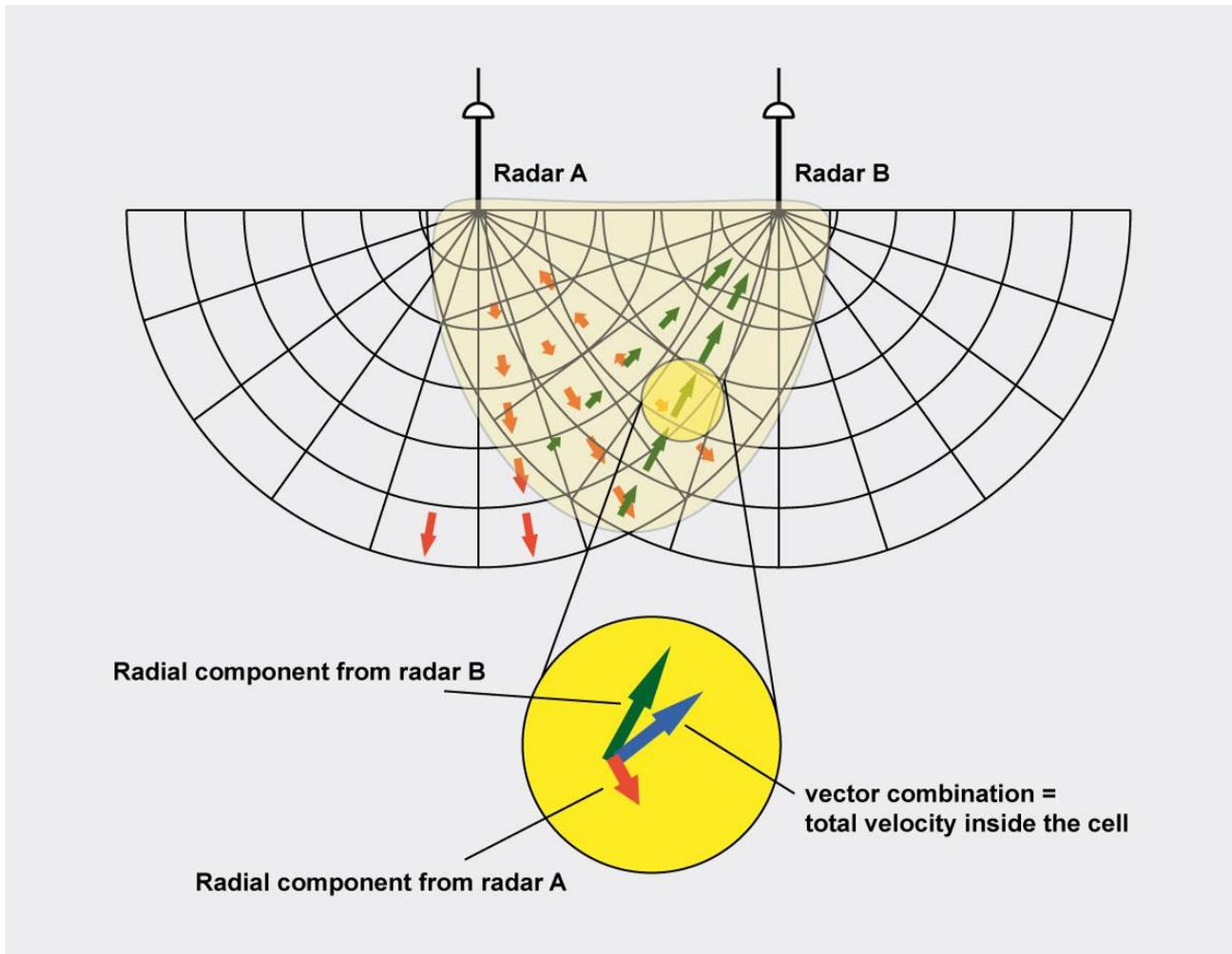


Fig. 3.2 Rappresentazione della mappatura delle correnti (componente radiale) da parte di ciascuna stazione radar HF e della combinazione delle componenti radiali per la derivazione del vettore completo

La distanza ottimale tra due stazioni che concorrono a rilevare il campo di corrente superficiale su una zona di mare comune è funzione della frequenza operativa, e tipicamente è pari a circa 50 km per i radar operanti nella banda dei 13-16 MHz e circa 20 km per i radar operanti nella banda dei 24-26 MHz. Tale distanza deve essere ulteriormente ridotta se si vuole privilegiare la stima dei parametri del campo d'onda, poiché essa deriva da un segnale elettromagnetico riflesso più debole.

I radar HF trovano numerose applicazioni scientifiche e pratiche (Rubio et al., 2017) tra cui:

PRODOTTO N.T1.1.1

- migliore comprensione dell'ecosistema e della connettività tra aree marine protette
- sviluppo e affinamento dei modelli di circolazione
- pianificazione e gestione costiera
- sviluppo degli strumenti di previsione e di monitoraggio per la gestione di incidenti marittimi e operazioni di ricerca e soccorso
- supporto alla navigazione
- intervento efficace in caso di sversamento in mare di sostanze inquinanti

Il sistema radar HF finanziato dal progetto SINAPSI complementa la rete radar HF transfrontaliera già esistente e quindi capitalizza gli investimenti sostenuti in progetti internazionali e nazionali recenti (RITMARE, MOMAR, SICOMAR, IMPACT, SICOMAR PLUS). La collaborazione in seno ai progetti citati ha consentito di creare una rete tra i partner che operano una o più stazioni radar HF, favorendo e promuovendo modelli di gestione condivisa che migliorano la sostenibilità e l'usabilità dell'intero sistema. Grazie a 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 previste dal progetto.

L'integrazione del sistema radar HF di SINAPSI nella rete radar esistente è facilitato dalle competenze acquisite dai ricercatori di ISMAR nel trattamento dei dati di corrente in tempo reale secondo modelli e convenzioni riconosciute dalla comunità internazionale (Corgnati et al. 2018), competenze che si concretizzano nell'uso operativo e nello sviluppo di strumenti software creati ad hoc (Corgnati et al., 2020).

3.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA RADAR HF DI SINAPSI

Con l'acquisizione di un sistema di radar HF, in coerenza con gli obiettivi del progetto, si intende produrre la mappatura, in continuo e in tempo reale, dello stato del mare nell'area antistante al porto di Genova.

Tutti i radar oceanografici in banda HF condividono lo stesso principio fisico come origine dell'informazione, ma possono essere distinti in due grandi famiglie in funzione della tecnica che adottano per calcolare i parametri oceanografici, che a sua volta si riflette nel numero e nella configurazione spaziale delle antenne (Fig. 3.3).

Le due tecniche sono caratterizzate dal modo in cui viene risolta la mappatura del segnale in funzione dell'angolo, e sono comunemente note come *Direction Finding* (DF) (Barrick et al., 1997) e *Beam Forming* (BF) (Gurgel et al., 1999).



Fig. 3.3a Esempio di radar HF dotato di antenna compatta (Codar SeaSonde) che utilizza la tecnica *Direction Finding*



Fig. 3.3b Esempio di radar HF dotato di un array di antenne riceventi (WERA – foto dal sito <http://wera.cen.uni-hamburg.de/>) che utilizza la tecnica *Beam forming*

Tra i punti di forza dei sistemi BF sono universalmente riconosciute la migliore capacità di caratterizzare il moto ondoso e la maggiore tolleranza a condizioni ambientali sfavorevoli sul processo di misura, a fronte di una limitazione sull'apertura angolare e una maggiore difficoltà di installazione rispetto ai sistemi DF (Wyatt, 2019 e 2005).

Al fine di garantire un'accurata validazione e calibrazione del modello ad alta risoluzione di previsione del moto ondoso è necessario che il sistema radar HF previsto in SINAPSI sia in grado di produrre, a parità di prestazioni per quanto riguarda l'estrazione delle correnti superficiali, misure ad alta risoluzione dei parametri del campo d'onda. Appare logico quindi che venga acquisito un sistema di radar HF in grado di adottare la tecnica *Beam Forming*, sebbene questa scelta comporti uno sforzo maggiore in fase di

PRODOTTO N.T1.1.1

installazione essendo richiesti spazi più estesi, rispetto ai sistemi DF, per la posa delle antenne.

Gli elementi principali del sistema saranno:

- due stazioni radar HF operanti nella banda dei 25 MHz, ciascuna dotata di un software di acquisizione, elaborazione e archiviazione dei dati in tempo reale;
- un server fisico o virtuale dotato degli applicativi software per l'elaborazione dei dati radiali acquisiti dalle due stazioni di cui sopra, per la produzione in tempo reale di mappe bidimensionali relative alle correnti marine superficiali e ai parametri del campo d'onda.

Il sistema sarà scelto in modo da garantire i seguenti requisiti minimi:

- ciascuna delle due stazioni radar HF dovrà fornire la misura della componente radiale della velocità della corrente superficiale e la stima dell'altezza d'onda significativa con una risoluzione radiale di almeno 1 km, una risoluzione temporale minima pari a una misura ogni ora, un campo angolare di misura di almeno 120° e una risoluzione angolare di almeno 5°. In condizioni ottimali, la misura delle correnti dovrà estendersi fino alla distanza di 45 km, e la misura dell'altezza d'onda significativa fino ad almeno 15 km;
- Nell'area di sovrapposizione dei campi di misura delle due stazioni, dovrà essere fornita la mappatura della velocità della corrente superficiale e dello spettro direzionale del campo d'onda per ogni punto della griglia definita dall'utente entro i limiti di portata e risoluzione delle singole stazioni come richiesto al punto precedente.

Il software di acquisizione, gestione e archiviazione dei dati di ciascuna stazione radar HF dovrà possedere le seguenti funzionalità minime:



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1

- elaborazione automatica in tempo reale dei dati acquisiti, calcolo dei parametri oceanografici, loro salvataggio su file e archiviazione automatica su disco di backup.
- salvataggio e archiviazione di tutti i dati necessari per rielaborazioni in tempi successivi senza perdita di informazione rispetto all'elaborazione in tempo reale;
- monitoraggio dello stato di funzionamento del sistema radar HF, anche attraverso gli strumenti di diagnostica resi disponibili a livello hardware dal sistema, e notifica tramite sito web o invio email di messaggi di allerta;
- strumenti di visualizzazione dei dati oceanografici e loro esportazione in formati aperti.

Il software dell'unità centrale di elaborazione dovrà possedere le seguenti funzionalità minime:

- elaborazione e combinazione automatica in tempo reale dei dati inviati dalle singole stazioni radar HF, calcolo dei parametri oceanografici e produzione di mappe con frequenza almeno oraria, applicazione di controlli di qualità sui valori calcolati, loro salvataggio su file e archiviazione automatica su disco di backup;
- salvataggio e archiviazione di tutti i dati necessari per rielaborazioni in tempi successivi senza perdita di informazione rispetto all'elaborazione in tempo reale;
- monitoraggio dello stato di funzionamento del processo di elaborazione dati e notifica tramite sito web o invio email di messaggi di allerta;
- strumenti di visualizzazione dei dati oceanografici e loro esportazione in formati aperti.

PRODOTTO N.T1.1.1

Le due stazioni radar HF verranno installate lungo la costa ai due estremi dell'area comunale di Genova. La scelta dei siti è determinata da una serie di fattori tra cui:

- l'ottimizzazione della superficie coperta dalla misura radar HF, con particolare attenzione alle linee di navigazione in ingresso al porto di Genova;
- la geometria della costa unitamente alla possibilità di disporre l'array di antenne in prossimità del mare, con orientamento adeguato e con visuale libera da ostacoli;
- la disponibilità di strutture ospitanti per l'elettronica di controllo e acquisizione.

La prima fase dello studio, consistente in un accurato esame di mappe e foto satellitari e in un sopralluogo in situ, ha consentito di individuare alcuni potenziali siti collocati nel quartiere di Voltri, a ovest, e nel quartiere di Quarto dei Mille a est. Nei prossimi mesi verranno presi i contatti con i soggetti gestori dei siti per la valutazione dei requisiti e delle modalità di concessione degli spazi. Parallelamente si sta procedendo alla redazione dei documenti di gara per l'affidamento della fornitura del sistema radar HF, si prevede di individuare l'azienda appaltatrice entro il mese di giugno 2021 e di installare i radar nella prima metà del 2022.

Nella figura 3.4 è rappresentata una stima della copertura attesa dai radar HF di SINAPSI nelle ipotesi sin qui formulate, sia per la misura delle correnti marine superficiali (Fig. 3.4a) sia per la misura delle onde (Fig. 3.4b).

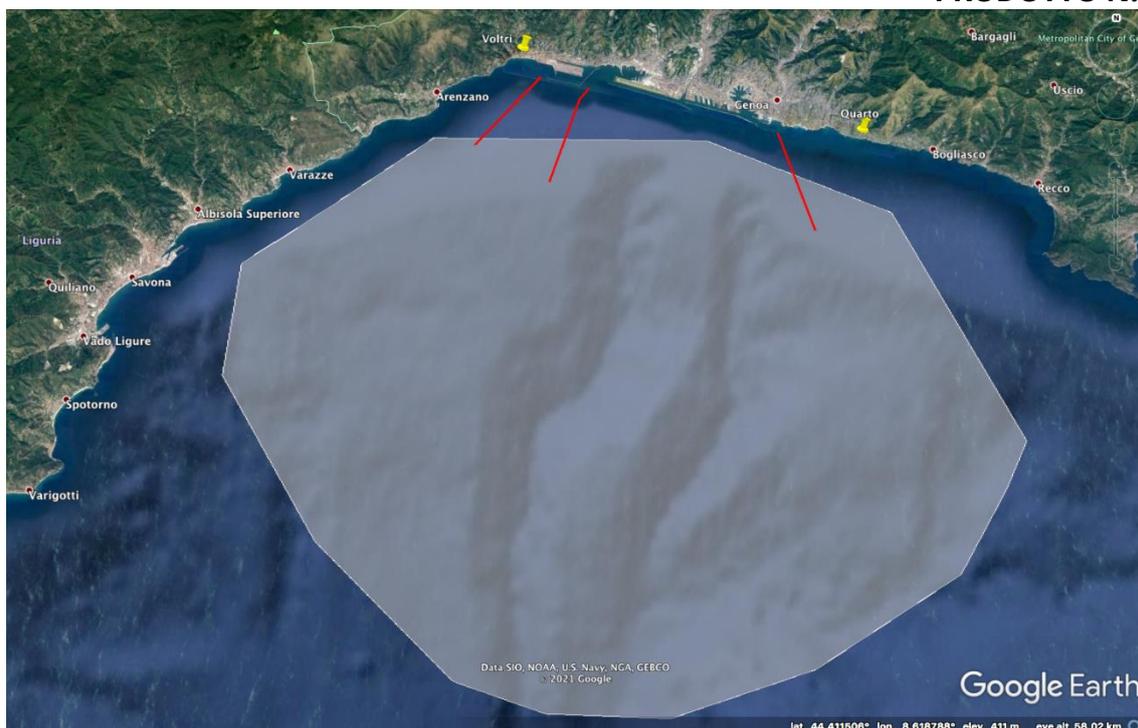


Fig. 3.4a In bianco semitrasparente l'area interessata dalla misura di corrente superficiale, In rosso sono indicate le linee di navigazione per l'ingresso nel porto di Genova

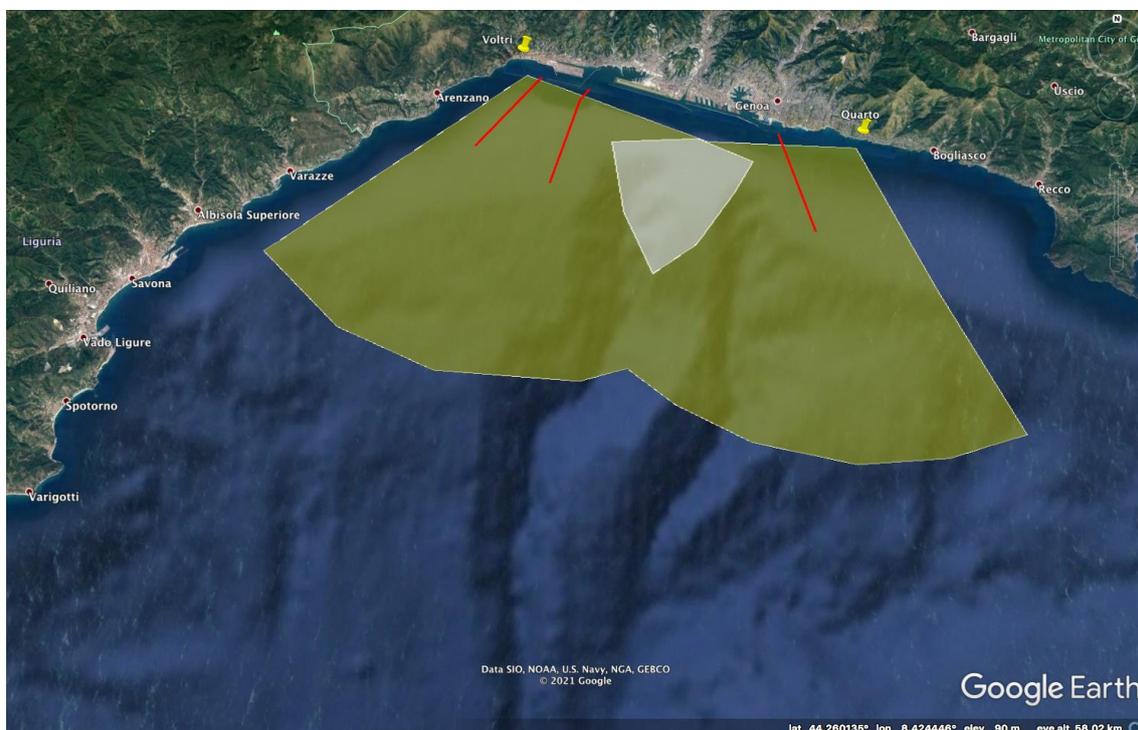


Fig. 3.4b In giallo semitrasparente l'area interessata dalla misura dell'altezza d'onda significativa. Al centro, in bianco semitrasparente, è disegnata l'area in cui è possibile ricavare lo spettro direzionale completo del campo d'onda. In rosso ancora le linee di navigazione per l'ingresso nel porto di Genova

4. PORTI DI LIVORNO E PIOMBINO

4.1 PORTO DI LIVORNO

Il Porto di Livorno si affaccia sull'Alto Tirreno e si trova nella parte Nord-Occidentale della Toscana. È principalmente interno alla linea di costa, ben protetto dai venti del quadrante sud ed ovest. È classificato come Core all'interno delle reti transeuropee di trasporto (TEN-T), ed è uno scalo polivalente, dotato cioè di infrastrutture e mezzi che consentono di accogliere qualsiasi tipo di nave e di movimentare qualsiasi categoria di merce ed ogni tipologia di traffico (LO-LO, rotabile RO-RO, rinfuse, veicoli, crociere, ferries, prodotti forestali, ecc.). La dotazione infrastrutturale del Porto permette la connessione alle principali arterie stradali e ferroviarie nazionali ed alle zone aeroportuali di Pisa e Firenze. Grazie al suo hinterland piuttosto ampio il Porto di Livorno movimentava un elevato quantitativo di merci.



Fig. 4.1 Porto di Livorno



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1



Fig. 4.2 Porto di Livorno

4.2 PORTO DI PIOMBINO

Il Porto di Piombino (42° 55' Lat. Nord; 10° 33' Long. Sud) è un porto polifunzionale, dedicato al traffico di merci alla rinfusa, destinate ai mercati interni e internazionali ed al traffico passeggeri/commerciale con l'Isola d'Elba e la Sardegna e stagionalmente con la Corsica.

Il Porto di Piombino ha un bacino delimitato a Sud-Est dal molo sopraflutto, detto Batteria, ed a Nord-Est dal pontile ex ILVA. L'area nord del porto è prevalentemente utilizzata per i traffici da e per le aziende siderurgiche, che si svolgono al pontile c.d. Lucchini (Sud 470 m e Nord 270 m). Il fondale massimo è di circa 12 metri.

Altri traffici portuali, soprattutto lavorati di acciaio ed altre rinfuse, vengono svolti presso altre infrastrutture: la banchina G.Pecoraro, lunga 275 m., il pontile Magona, con due accosti da 155 m a nord e 105 m a sud, la banchina Marinai d' Italia, con accosto di 125 m., e occasionalmente la Banchina Trieste con fascia operativa di 135 m. I fondali vanno dai 7 ai 13 m.

Nel settore delle merci il porto opera prevalentemente nel settore delle rinfuse solide e delle merci ro-ro, mentre per i passeggeri l'attività è strettamente legata ai collegamenti con le isole Elba, Sardegna e Corsica.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1



Fig. 4.3 Porto di Piombino



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1



Fig. 4.4 Porto di Piombino

a. STRUMENTAZIONE ACQUISTATA DA ADSP-MTS

Le attività che verranno svolte all'interno del progetto SINAPSI prevedono l'installazione di due ondometri-correntometri ad effetto Doppler (*Acoustic Doppler Current Profiler - ADCP*) per il monitoraggio delle correnti marine e del moto ondoso nei porti di Livorno e Piombino. La strumentazione sarà identica per entrambi i porti e verrà acquistata tramite bando di gara pubblica.

Gli ondometri-correntometri verranno installati:

- Livorno: circa 100 m all'esterno della diga foranea, ad una profondità compresa tra 15 e 30 m;
- Piombino: base dell'ex piattaforma Enel, ad una profondità compresa tra 20 e 30 m.

PRODOTTO N.T1.1.1

I punti esatti in cui installare le strumentazioni verranno decisi a seguito di opportuni sopralluoghi dei siti svolti insieme a: AdSP-MTS, Consorzio LaMMA, fornitore delle strumentazioni ed installatori. In particolare, per la scelta dei siti più idonei all'installazione verrà tenuto conto anche della morfologia del fondale, dalla quale dipende la qualità dei dati acquisiti e le operazioni di installazione.

I componenti che verranno acquistati avranno le seguenti caratteristiche tecniche:

- Correntometro profilatore e ondametrico ad effetto doppler (ADCP). Rileva il profilo di corrente lungo la verticale ed i dati di moto ondoso (altezza H_s , periodo T_p , direzione, intensità e parametri spettrali) tramite quattro trasduttori che operano con una frequenza acustica compresa tra 600 kHz e 1200 kHz a seconda della profondità dei siti dove verranno installati;
- Memorizzazione, trasmissione e accesso dati. Deve garantire la connessione con i database di MONICA (piattaforma di AdSP-MTS) sia per la storicizzazione che per la visualizzazione e condivisione dei dati con servizi realizzati dall'AdSP - MTS;
- Struttura di alloggiamento e ancoraggio della strumentazione al fondale;
- Sistema di gestione e di controllo da remoto. È composto da *datalogger* per l'archiviazione locale dei dati, sistema di trasmissione dati, software di controllo, gestione, scarico dati da remoto, visualizzazione e archiviazione, modulo di processing in tempo reale dei dati ondametrici;
- Sistema di alimentazione. Avviene tramite pannelli solari e batterie di accumulo posizionati nelle vicinanze della strumentazione

b. STRUMENTAZIONE ACQUISTATA DA LAMMA

Il Consorzio LaMMA contribuisce al monitoraggio attraverso campagne di misura ripetute della durata di circa 3-6 mesi ciascuna, effettuate mediante i due sensori ADCP marca Nortek (*Acoustic Doppler Current Profiler*) ondametrici, acquistati nell'ambito del

PRODOTTO N.T1.1.1

progetto SINAPSI. Gli ADCP sono dotati di rilevatori ondametrici per la misura puntuale di direzione ed intensità delle correnti marine (sul profilo verticale) e di direzione, intensità e spettro del moto ondoso. Sono configurati in modalità auto-registrante e sono dotati di memoria interna che acquisisce i dati con continuità, alla frequenza impostata, per tutto il periodo di campagna previsto. I dati acquisiti saranno recuperati in un secondo momento alla fine della campagna di misura e saranno usati per la calibrazione/validazione dei modelli numerici.



Fig. 4.5 Foto degli ADCP acquistati dal Consorzio LaMMA

La collocazione esatta della campagna di misura verrà successivamente definita con l'AdSP-MTS. Le caratteristiche tecniche degli ADCP acquistati sono le seguenti:

- I due sensori operano a due distinte frequenze: il primo opera ad una frequenza di 600 kHz, per la collocazione a profondità fino a 30-40 m, il secondo opera ad una frequenza di 1000 kHz, per l'acquisizione di dati su fondali fino a 10-20 m di profondità;
- Modalità operativa: stand-alone con memoria interna, nessun dato viene trasmesso a terra;
- Frequenza misurazioni: campioni di corrente memorizzati ad intervalli di 10 minuti (comprensivi di velocità e direzione per ciascuna cella, *pitch*, *roll* ed *heading* dello

PRODOTTO N.T1.1.1

strumento), acquisizioni di onde (Hs, T, dir) e spettro ondometrico memorizzati ad intervalli di 30 minuti;

- Sistema di alimentazione a batteria;
- Sistema di supporto e montaggio sul fondo idoneo per una posa sia su fondale sabbioso sia in alternativa su apposito basamento in calcestruzzo; sono previsti punti di aggancio in grado di agevolare, in fase di messa in mare e recupero, un aggancio rapido ed un sollevamento sicuro sia per un sub, sia per una gru o per analoghi sistemi di sollevamento meccanico che si renderanno necessari;
- Software e firmware per l'estrazione e l'esportazione in altri formati (e.g. ascii, Matlab o similari) dei dati *raw* registrati in memoria sia ondometrici sia di corrente.

c. STRUMENTI ADDIZIONALI MESSI A DISPOSIZIONE DA ADSP-MTS E LAMMA

Nel porto di Livorno sono presenti due stazioni meteo per il rilevamento di dati atmosferici che vengono integrati sulla piattaforma MONICA, da cui è possibile attingere i dati per la validazione e calibrazione dei modelli di calcolo previsionali.

Le stazioni metereologiche utilizzano una comunicazione dati conforme allo standard oneM2M utilizzando degli appositi *interoperability proxy* realizzati ad hoc.

Di seguito vengono elencate le specifiche tecniche delle due stazioni metereologiche:

- Stazione metereologica Davis Vantage Pro2. È installata sul tetto della palazzina dell'Autorità di Sistema Portuale situata in Piazzale del Portuale 4. La stazione integra quattro tipologie di sensori ambientali:
 - anemometro a coppette con bandieruola;
 - pluviometro;
 - sensore temperatura;
 - sensore umidità.



Fig. 4.6 Stazione meteorologica Davis Vantage Pro2

La stazione metereologica comunica i dati rilevati al software proprietario che li storicizza. L'integrazione della stazione meteo in questione sfrutta le funzionalità del software proprietario che integra la funzionalità di creare dei file htm da caricare su dei server FTP da mostrare come pagine web.

L' *interoperability proxy* per questa stazione meteo è installato sulla stessa macchina in cui è installato il software proprietario, interpreta questi file htm, che sono salvati in locale, e li trasforma nel formato conforme allo standard oneM2M per inviarli alla *Standard Platform*.

- Stazione Vaisala Windcap. È un anemometro ad ultrasuoni installato sulla sede del Corpo dei Piloti del Porto di Livorno. Sfrutta il principio fisico per cui, in presenza di vento, il tempo impiegato da un impulso ultrasonico per viaggiare da un trasduttore all'altro varia a seconda dell'intensità del vento. I trasduttori presenti

PRODOTTO N.T1.1.1

sul dispositivo sono tre e grazie a questo si riesce ad ottenere la velocità e la direzione del vento.



Fig. 4.7 Stazione Vaisala Windcap

Nell'ambito del monitoraggio batimetrico, AdSP-MTS ha recentemente acquistato ed installato una strumentazione batimetrica altamente performante in grado di abilitare la pianificazione di campagne di raccolta dati e conseguentemente di interventi sul fondale in maniera ottimale, facendo uso di sonde di livello professionale che raccolgono dati i quali vengono poi gestiti da una piattaforma software per permettere la loro analisi e la pianificazione di eventuali interventi, oltre che la creazione di modelli di fondale utili per il monitoraggio e la navigazione assistita.

Il sistema batimetrico è composto da un sonar multifascio (*Multibeam Echo Sounder*) coadiuvato da un set di sensori per la localizzazione (GPS) e per il rilevamento dei movimenti inerziali dell'imbarcazione, necessari alla correzione dei dati acquisiti, e da un PC dotato del software di acquisizione ed elaborazione dei dati per produrre un risultato utilizzabile nei livelli superiori dello stack.

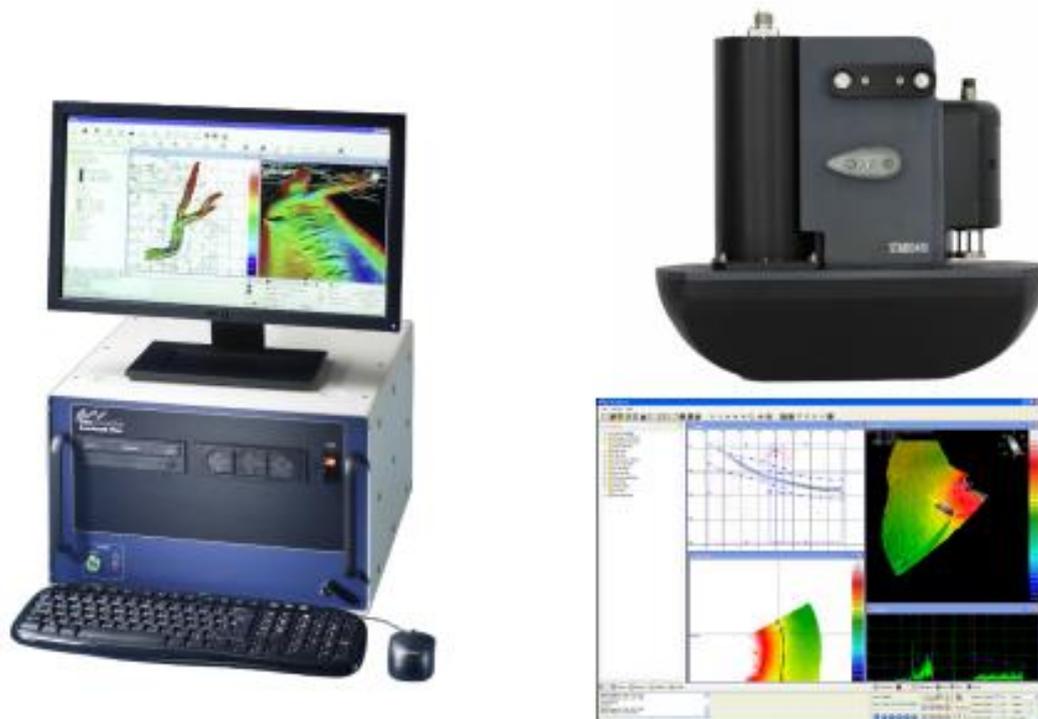


Fig. 4.8 Sistema batimetrico

Il Consorzio LaMMA mette a disposizione, inoltre, la stazione metereologica installata dal 01/10/2003 a Livorno presso l'Istituto Tecnico Nautico "Alfredo Cappellini", Piazza Giovine Italia, 1 - 57126 Livorno (Fig. 4.9) a una quota di 30 m s.l.m. A queste osservazioni anemometriche nei prossimi mesi si aggiungeranno quelle derivanti da una stazione meteo che sarà installata nell'ambito del progetto GIAS.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

PRODOTTO N.T1.1.1



Fig. 4.9 Localizzazione (freccia in verde) della stazione metereologica del Cappellini (fonte: <http://www.lamma.rete.toscana.it/en/meteo/osservazioni-e-dati/dati-stazioni/2416conf>)

La stazione integra le seguenti tipologie di sensori (ulteriori dettagli sul sito <http://www.lamma.rete.toscana.it/en/meteo/osservazioni-e-dati/dati-stazioni/2416conf>):

- termometro;
- pluviometro a doppia vaschetta oscillante;
- anemometro sonico per direzione ed intensità del vento;
- igrometro;
- barometro;
- radiometro;
- radiometro UV-B.



Fig. 4.10 Foto della stazione metereologica del Cappellini (fonte: <http://www.lamma.rete.toscana.it/en/meteo/osservazioni-e-dati/dati-stazioni/2416conf>)

d. ALTRI STRUMENTI: MISURE DI LIVELLO DEL MARE

Nella calibrazione/validazione dei modelli numerici, il Consorzio LaMMA utilizzerà inoltre i dati della stazione di Livorno, messi a disposizione dalla Rete Mareografica Nazionale (RMN), scaricabili dal sito <https://www.mareografico.it>, dal 01.01.2010. La stazione è ubicata al Porto Mediceo (Lat 43°32'46.63", Lon 10°17'57.62).



Fig. 4.11 Localizzazione (cerchio in rosso nella figura a sinistra) e foto del mareografo di Livorno (fonte: <https://www.mareografico.it>)

I parametri misurati dalla stazione RMN di Livorno sono i seguenti:

- Livello idrometrico ogni 10 sec (trasduttore di livello radar);
- Temperatura acqua ogni 1 h (trasduttore di temperatura acqua);
- Temperatura aria ogni 1 h (trasduttore di temperatura aria e rh%);
- Umidità relativa ogni 1 h (trasduttore di temperatura aria e rh%);
- Pressione atmosferica ogni 1 h (sensore barometrico);
- Direzione vento ogni 10 min (sensore ad ultrasuoni velocità e direzione vento);
- Velocità vento ogni 10 min (sensore ad ultrasuoni velocità e direzione vento).

Altre misure di livello del mare sono disponibili tramite il Servizio Idrologico Regionale della Regione Toscana, che dispone di un mareografo anche all'interno del Porto di Livorno.

Si prevede infine l'utilizzo, per attività di validazione, di un misuratore di livello portatile per attività di validazione dei modelli di calcolo e in particolare delle procedure adottate ad esempio per il calcolo dell'agitazione portuale.

5. PORTO DI TOLONE

Per quanto riguarda il Porto di Tolone, è stato realizzato uno studio da parte della ditta OCEANIDE per conto del CCI-VAR, in collaborazione con UTLN, per l'installazione di una rete di sensori di correnti marine nella rada di Tolone per la sorveglianza e la simulazione in tempo reale delle condizioni meteorologiche in grado d'influire sulla navigazione e la manovrabilità delle navi vicino e nel porto. Lo studio è riportato allegato di seguito al presente prodotto.

6. BIBLIOGRAFIA

Barrick, D.E., Lipa, B.J. (1997). Evolution of Bearing Determination in HF Current Mapping Radars. *Oceanography* 10(2), 72–75. doi: 10.5670/oceanog.1997

Corgnati, L., Mantovani, C., Novellino, A., Rubio, A., Mader, J. (2018) Recommendation Report 2 on improved common procedures for HFR QC analysis. JERICO-NEXT WP5-Data Management, Deliverable 5.14, Version 1.0. Brest, France, IFREMER, 82pp, (JERICO-NEXT-WP5-D5.14-V1.). <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-944>

Corgnati, L., Mantovani, C., Rubio, A., Mader, J., Reyes, E., Asensio Igoa, J. L., Novellino, A., Gorringer, P., Griffa, A. (2020). The European HF Radar Node: focal point to promote land-based remote sensing of coastal surface currents and its applications, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-1537, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-1537>

PRODOTTO N.T1.1.1

Cutroneo, L., Castellano, M., Pieracci, A., Povero, P., Tucci, S., Capello, M. (2012). The use of a combined monitoring system for following a turbid plume generated by dredging activities in a port. *Journal of Soils and Sediments* 12, 797–809. doi: 10.1007/s11368-012-0486-0

Cutroneo, L., Massa, F., Castellano, M., Canepa, G., Costa, S., Povero, P., Tucci, S., Capello, M. (2014). Technical and public approaches to involve dredging stakeholders and citizens in the development of a port area. *Environmental Earth Sciences* 72, 3159–3171. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-014-3222-9>.

Gurgel, K.-W., Antonischki, G., Essen, H.-H., Schlick, T. (1999). Wellen Radar WERA: A New Ground-Wave HF Radar for Ocean Remote Sensing. *Coastal Engineering* 37, 219–234. doi: 10.1016/S0378-3839(99)00027-7

RD Instruments (2008). Workhorse H-ADCP 300 kHz, Long-range horizontal ADCP, real-time current profiling and waves measurement in a single package. San Diego, USA.

Rubio, A., Mader, J., Corgnati, L., Mantovani, C., Griffa, A., Novellino, A., et al. 2260 (2017). HF radar activity in European coastal seas: next steps toward a pan- 2261 European HF radar network. *Frontiers in Marine Science* 4, 8. doi: 10.3389/fmars.2017. 2262 00008

Wyatt, L.R. (2019). Measuring the ocean wave directional spectrum ‘First Five’ with HF radar. *Ocean Dynamics* 69, 123–144. <https://doi.org/10.1007/s10236-018-1235-8>

Wyatt, L.R. (2005). HF radar for coastal monitoring - a comparison of methods and measurements. *Europe Oceans 2005*, Brest, France, 2005, pp. 314-318 Vol. 1. doi: 10.1109/OCEANSE.2005.1511732

Missione di studio per l'installazione di un rete di sensori di corrente marine nella rada di Toulon per la sorveglianza e la simulazione in tempo reale delle condizioni meteorologiche in grado d'influire sulla navigazione e la manovrabilità delle navi vicino e nel porto nell'ambito del progetto Interreg Marittimo

SINAPSI

asSistenza alla Navigazione per l'Accesso ai porti in Sicurezza



LIVRABLE T1 T1.1.1: RENDICONTO FINALE

Partner responsabile : Chambre de Commerce et d'Industrie du Var (CCIV)

Partner contribuyente : OCEANIDE

Nome del documento	Scritto da :	Validato da :
RENDICONTI FINALE REV 2	Julien Marion (OCEANIDE)	Bailly Benjamin (OCEANIDE)
Data :	20/01/2020	20/01/2020

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	1
2	FASE 1 : INDIVIDUAZIONE	1
2.1	Tipi di dati raccolti	1
2.2	Contatti presi	2
2.3	Dati raccolti	3
2.3.1	Elenco di fonte e contenuti	3
2.3.2	Mappatura esaustiva dei dati elencati	4
2.3.3	Sensori scelti per l'individuazione delle misure e la mappa dettagliata	5
3	FASE 2 : RILEVAMENTO E SINTESI DEI DATI MISURATI CON SENSORI ESISTENTI	7
3.1	Vento	7
3.1.1	Fonte	7
3.1.2	Analisi statistica annuale	8
3.1.3	Analisi dei venti estremi	8
3.2	ONDA CORTA NELLA PICCOLA RADA	10
3.3	ONDA LUNGA	11
3.3.1	Fonte	11
3.3.2	Analisi statistica delle onde lunghe del largo	11
3.3.3	Analisi delle tempeste – Onde lunghe estreme	13
3.3.4	Propagazione delle onde lunghe dal largo	15
3.4	ANDAMENTO DEL CORRENTE	17
4	FASE 3 : SINTESI DEI DATI IN TEMPO REALE PUBBLICATI SU INTERNET	18
4.1	Generalità :	18
4.2	Météo-France	18
4.3	SHOM	20
4.4	Ifremer - MARC (IOWAGA – HOMERE)	22
4.5	WindGuru	23
4.6	Infoclimat	23
4.7	Météociel	24
4.8	Windfinder	24
4.9	Windy	25
4.10	Météo consult	25
4.11	Conclusione	26

5	FASE 4 : IDENTIFICAZIONE DELLE POSIZIONI IDEALI PER L'INSTALLAZIONE DEI SENSORI	26
5.1	Bisogno e posizione per i sensori.....	26
5.2	Tipo di strumentazione possibile.....	32
5.2.1	Strumentazione Nortekmed.....	32
5.2.2	Strumentazione IxBlue	38
6	FASE 5 : MAPPATURA 3D DELLE POSIZIONI DEI SENSORI ATTUALI E FUTURI.....	41
7	FASE 6 : RACCOMENDAZIONI PER IL FUTURO DEL PROGETTO SINAPSI	43
7.1	Complemento ai sensori	43
7.2	Trasmissione delle informazioni.....	44
7.3	Raccomendazioni	44

Descrizione del documento

Questo documento presenta il lavoro realizzato dall'azienda OCEANIDE a proposito della rada di Toulon nell'ambito del progetto SINAPSI su richiesta della CCIV.

Le fase sono :

- Individuazione dei differenti sensori per il tempo meteorologico esistenti (corrente, vento, onda lunga)
- Recuperazione dei dati importanti raccolte sui 10 anni scorsi
- Identificazione delle posizioni ideali per l'installazione di sensori per misurare il corrente
- Realizzazione di una mappa batimetrica e in 3 dimensioni elencando il posizionamento dei sensori attuali e futuri

1 INTRODUZIONE

La CCIV è stata scelta per 4 progetti « Sicurezza-Incolumità marittima » come per esempio il progetto Interreg Marittimo 2014-2020 comprensiva il progetto SINAPSI.

Il progetto SINAPSI pianifica la definizione delle condizioni meteorologiche-marini (correnti e onde) vicino e interno delle aree portuali grazie a delle osservazioni diretti o indiretti e anche con modelli digitali delle aree portuali impiegate nel progetto (Toulon, Gênes, Livourne e Piombino).

L'obiettivo è di conferire le Autorità Marittime, le Autorità Portuali, i Piloti e Commandanti di navi uno strumento TIC transfontaliero in grado di dare dei dati in tempo reale sulle condizioni meteorologiche vicino e nel porto per essere in grado di pianificare un'operazione e di fare una manovra in sicurezza.

2 FASE 1 : INDIVIDUAZIONE

2.1 Tipi di dati raccolti

La ricerca dei dati porta sui dati di meno di 10 anni, alla fine di questo studio si deve avere trovato una fonte per ottenere loro :

- Dati oceano-meteorologici :
 - Il vento ;
 - L'onda lunga ;
 - Il corrente ;
 - La nebbia.
- Dati topografichi e batimetrichi.

I dati raccolti sono aggiunti a mano a mano in un modello di SIG con il software QGIS. Tutti questi dati sono anche elencati su EXCEL.

I documenti creati sono dati alla CCIV su formato numerico alla fine dello studio.

I dati che non influiscono direttamente sulla sicurezza alla navigazione non sono individuati.

2.2 Contatti presi

La tabella in appresso mostra i contatti presi :

Nom	Organisme	Contact	N° de dati
-	SHOM	https://diffusion.shom.fr/	1, 2
Thierry Aubry	MTPM	taubry@metropoletpm.fr	3
Anne Molcard	Université di Toulon	anne.molcard@univ-tln.fr	4, 5
Christophe Lambert	MTPM	clambert@metropoletpm.fr	6
Emilie Nicolas	MTPM	enicolas@metropoletpm.fr	8
Francis Gaborit	CCIV	francis.gaborit@var.cci.fr	
-	CANDHIS	http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/mappa/	7

I contatti diretti con la Marine Nazionale e la DDTM non hanno avuto luogo a causa della crisi sanitarie del COVID-19.

2.3 Dati raccolti

2.3.1 Elenco di fonte e contenuti

N°	Contact	source	Type	Date	Contenu
1	SHOM	https://diffusion.shom.fr/pro/risques/litto3d-paca-2015.html	Données topo bathymétriques	2015	Dalles Litto 3D - PACA 2015
2	SHOM	https://diffusion.shom.fr/pro/mnt-facade-gdl-ca-homonim.html	Données bathymétriques		MNT Bathymétrique de façade du Golfe du Lion - Côte d'Azur
3	AUBRY Thierry (MTPM)	https://www.ports-tpm.fr/meteo/	4 capteurs météo : Hangar Vicat Môle Armement Espace OROSCO Darse TCA	depuis 2018	capteurs permanent CAMPBELL "AirTC_Avg" : température de l'air (°C) "RH_Avg" : direction (°N) ? Oui "WS_ms_Avg" : vitesse de vent moyenne (m/s) "WS_ms_Max" : vitesse de vent (max m/s) "BP_mbar_Avg" : Pression (mbar)
4	MOLCARD Anne (Univ Toulon)	http://hfradar.univ-tln.fr/HFRADAR/squel.php?content=accueil	HF Radar MOI	depuis 2012	mesure du courant de surface en temps réel
5	MOLCARD Anne (Univ Toulon)		5 ADCP (Nortekmed) Cap Carqueranne/Cap Sicié	depuis 2018	
6	LAMBERT Christophe (MTPM)	Etude de courantologie de la baie du lazaret (OCEANIDE) https://data.metropletpm.fr/	Mesures IxBlue	Avril/Octobre 2018	Campagne de mesure IxBlue dans la baie du Lazaret
7	Réseau Candhis (CETMEF)	http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte/	Bouée 08301 Porquerolles Directionnelle et temps réel	1992-2012	
8	NICOLAS Emilie (MTPM)	doc pdf journée REFMAR 2019 "Apport d'un réseau de mesures des niveaux d'eau à la compréhension de la dynamique côtière : Exemple du littoral de l'agglomération toulonnaise"	10 stations de mesure (pression, température)	1er capteur installé en 2013	Objectif : étude des niveaux d'eau (MIO Université Toulon)
9	OCEANIDE CCIV	Données publiques Météo France - station la Mitre	1 station météo	janv2006 janv 2016	Données horaires (vitesse direction du vent) sur 10 ans Vitesses et direction moyennées sur les 10 minutes précédent l'heure et mesurée à une hauteur de 10m
10	OCEANIDE	Mesures du sémaphore de l'île du Levant	1 station météo		Vitesse et direction de provenance du vent mesuré toute les 3h

2.3.2 Mappatura esaustiva dei dati elencati

La figura seguente presenta un estratto del modello SIG (Systema d'Informazione Geografica) realizzato con il software Qgis per raccogliere e localizzare i dati elencati succitato. Ci sono anche altre mappe estrate del modello SIG nell'allegato 1.

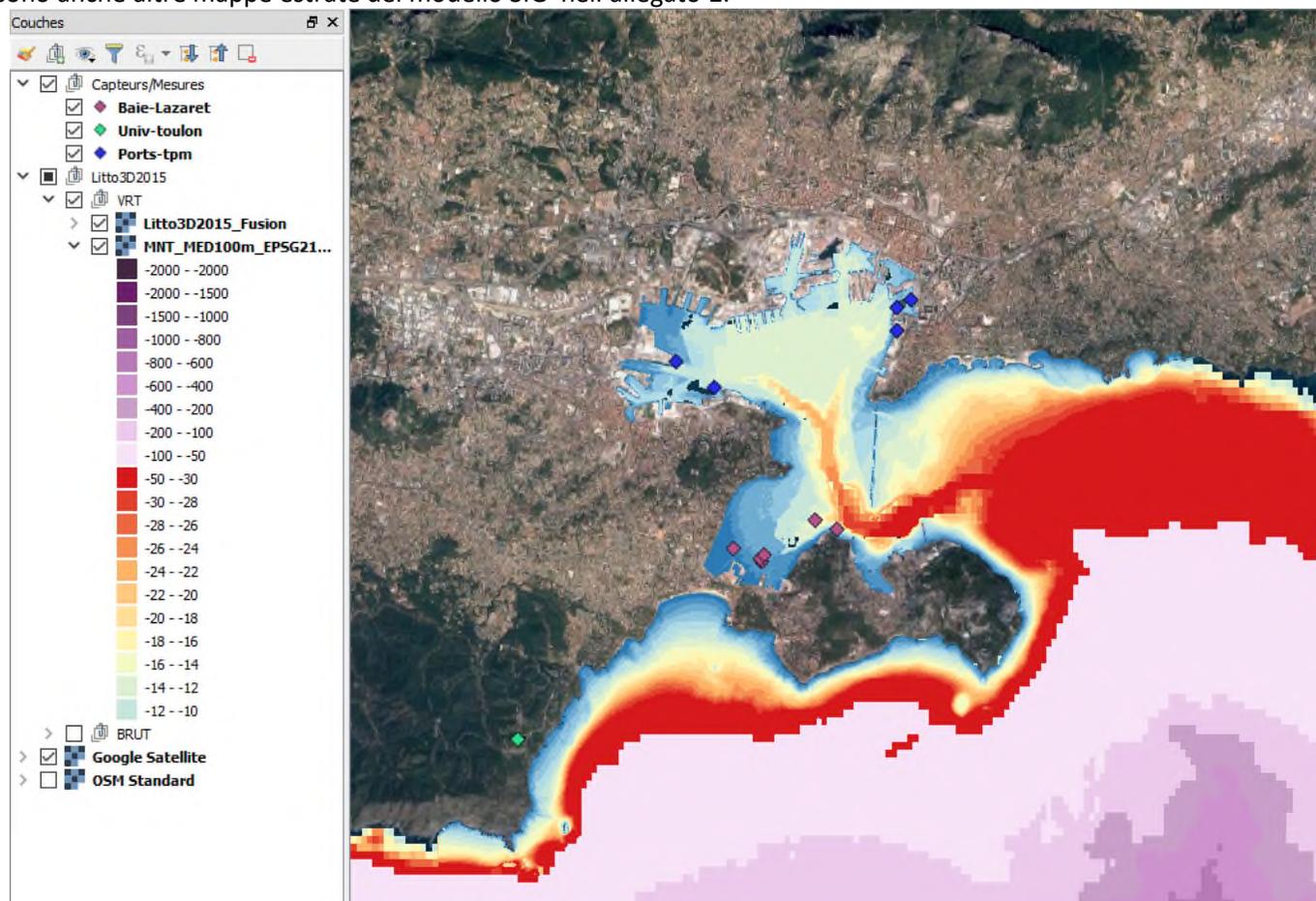


Figura 2-1 : Estrato dal modello SIG

2.3.3 Sensori scelti per l'individuazione delle misure e la mappa dettagliata

Tra i dati presentati al paragrafo 2.3.1, alcuni sono considerati utili e altri no :

- I dati del SHOM N°1 e N°2, a proposito dei dati topo-batimetrici, si sono rivelati utili per determinare la posizione dei sensori e utilizzati nel modello SIG ;
- I dati del TPM N°3 da <https://www.ports-tpm.fr/meteo/> a proposito dei sensori permanenti nella piccola rada, sono considerati come scaricati. Dopo un'analisi, la scelta finale è di non usarli. (Mancanza di dati di direzione > 100°N nei documenti scaricati) ;
- I dati alla stazione la Mitre N°9 a proposito dei dati di vento su 10 anni sono rilevanti. L'analisi statistica usata da OCEANIDE proviene di un altro studio della CCIV e sarà presentata dopo ;
- I dati N°4 delle correnti misurate a livello del radar HF istituito dall'Università di Tolone (<http://hfradar.univ-tln.fr/HFRADAR/squel.php?content=accueil>), portano informazioni continue in tempo reale al largo della baia - vedi la figura qui sotto). Questi dati possono essere utilizzati per la calibrazione dei modelli numerici e la sicurezza della navigazione al largo della Grande rada di Tolone. I sensori possono anche essere utilizzati per misurare l'altezza delle onde. Nel quadro specifico della navigazione nella grande e piccola rada di Tolone, le informazioni fornite fino ad oggi non hanno una copertura e una risoluzione sufficiente, tuttavia questa tecnica potrebbe essere vantaggiosamente applicata alla grande rada.

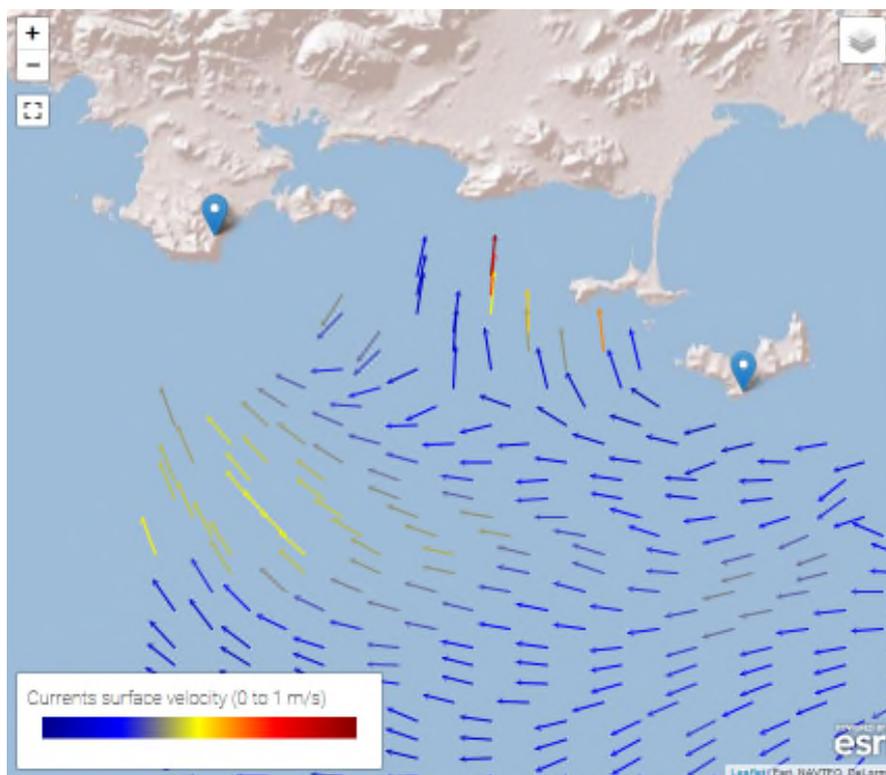


Figura 2-2 : Mappa dei correnti ottenuta grazie alle misure dal HF Radar del MIO

- Il dato n. 8 fornisce informazioni sui livelli dell'acqua, la pressione e la temperatura. Questi dati sono misurati in 10 stazioni. Questi dati, disponibili in tempo reale, saranno in grado di completare le informazioni disponibili in tempo reale e trasmesse agli utenti. Va notato che nel contesto della navigazione nel porto di Tolone questi parametri sono meno importanti.
- Gli altri dati N°5, N°6, N°7, N°9 e N°10 non sono stati conservati perché riguardavano misurazioni troppo lontane e/o di bassa risoluzione/precisione e/o misuravano parametri non utili allo studio (temperatura, pressione).

3 FASE 2 : RILEVAMENTO E SINTESI DEI DATI MISURATI CON SENSORI ESISTENTI

Le misure fornite nell'ambito di questo studio non permettono di realizzare d'analisi statistica in cui l'obiettivo è la determinazione delle condizioni naturali intorno alle navi.

Perciò usiamo l'analisi di misure di un altro progetto fatto da OCEANIDE per la CCIV e perfettamente rappresentativo delle condizioni del sito.

3.1 Vento

3.1.1 Fonte

Il vento cambia molto localmente a causa del rilievo per esempio è più forte al largo.

La stazione di La Mitre è perfettamente rappresentativa delle condizioni di vento nel canale e nella piccola rada, le zone di manovra più complicate.



Figura 3-1 : Localizzazione della stazione di La Mitre

Le misure dei venti vengono di dati pubblici di Météo France al livello della stazione di La Mitre (5°55'48"E;43°06'12"N). Ci sono la velocità e la direzione del vento su un periodo di 10 anni (01/01/2006 fino al 01/01/2016). Per la velocità e la direzione, corrisponde a una media sulle 10 minuti prima un'ora e a un'altezza di 10m.

3.1.2 Analisi statistica annuale

Il risultato di questa analisi statistica annuale è presentato nei grafici seguenti.

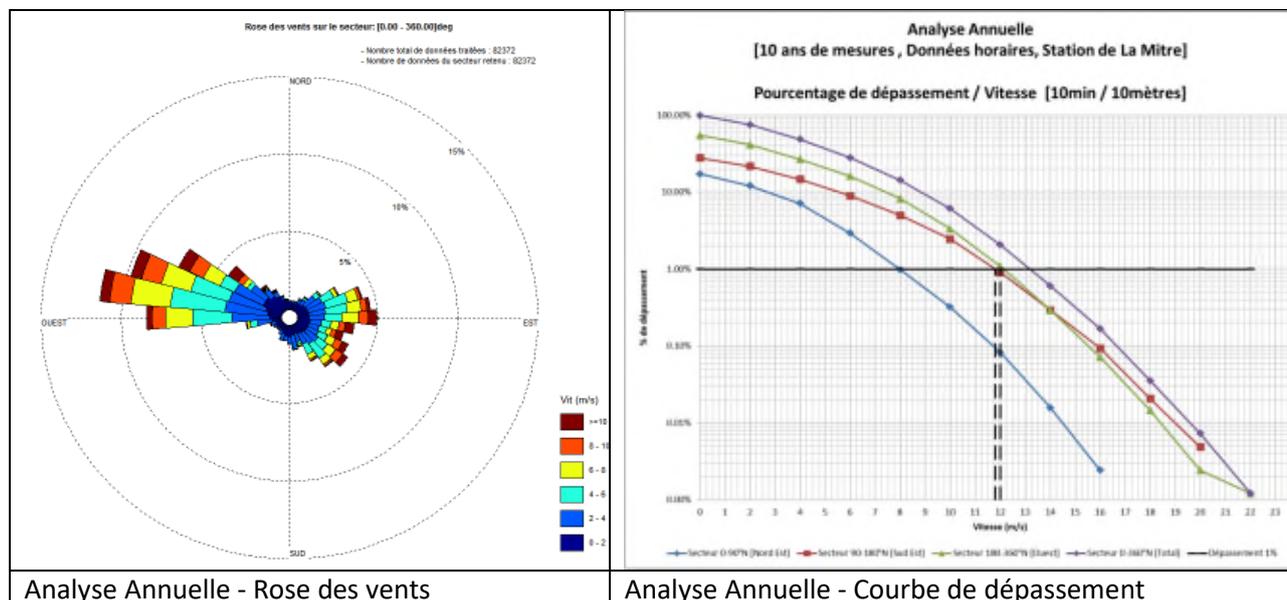


Figura 3-2 : Rose dei venti – Analisi Annuale

Si è scoperto che un limite di navigazione abituale di 25 nodi (~12,5m/s) per le manovre di avvicinamento delle grandi navi viene superato circa l'1% del tempo in tutte le direzioni.

Analyse Annuelle - Dépassement 1%			
	Direction (°N)	Mistral (180-360)	Est (90-180)
Intensité (m/s)	Annuelle	12	11.8

Tabella 3-1 : Analisi annuale - Intensità Superamento 1%

Durante questo periodo di 10 anni, la velocità massimale misurata è 22 m/s.

3.1.3 Analisi dei venti estremi

Per la vostra informazione, un'analisi statistica dei venti estremi era stata realizzata per il settore Ovest (N180° fino a N360°) e il settore Est (N0° fino a N180°) secondo il metodo POT considerando la legge Weibull.

I risultati di venti estremi sono presentati nelle figure e tabelle seguente.

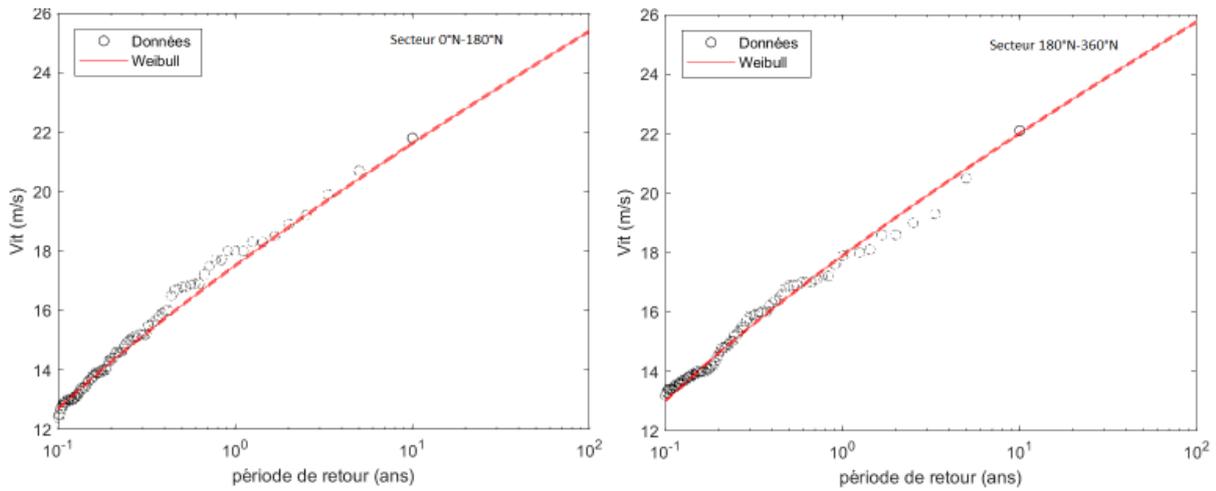


Figura 3-3 : Estrapolazione statistica dei venti estremi per le settori Ovest e Est

Se consideriamo il valore medio dell'intervallo di confidenza, le velocità seguente sono scelte :

Période de retour	Settore 0-180°N (m/s)	Settore 180-360°N (m/s)
1 anno	18	17.5
10 anni	22	21.5
50 anni	25	24.5
100 anni	26	25.5

Tabella 3-2 : Velocità (m/s) dei venti estremi nel luogo del progetto *(vento 10min à 10m)

3.2 ONDA CORTA NELLA PICCOLA RADA

I fetchs rappresentativi della piccola rada sono :

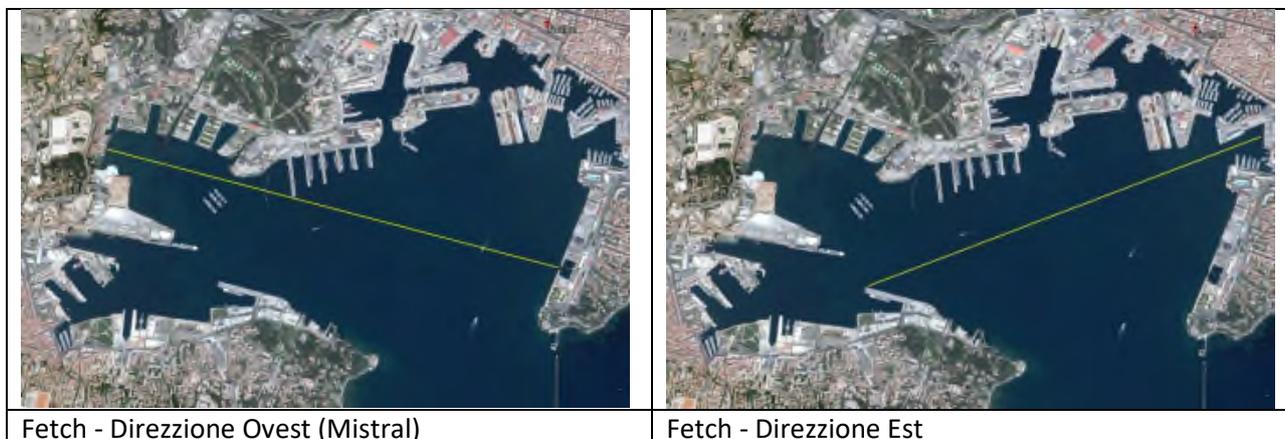


Figura 3-4 : Fetchs dans la piccola rada

In condizioni di vento superate 1% du tempo, il mosso est di circa 0,5m e $T_p=2,3\text{sec}$.

La Tabella seguente da risultati sui mossi estremi ottenuti con la formula di SMB 73 (Sverdrup-Munk-Bretschneider) per i venti di settore Ovest :

Direction Vent	Condition	Vitesse du vent (10min à 10m)	Hs (m)	Tp (s)	Lo (m)
Ouest (Mistral)	1 an	17,5	0,8	3,2	15,6
	10 ans	21,5	1,0	3,5	19,1
	50 ans	24,5	1,1	3,7	21,6
	100ans	25,5	1,2	3,8	22,5

Tabella 3-3 : Mossi estremi davanti la zona del Mourillon (vento d'Ovest)

**I mossi nella piccola rada non disturbano la navigazione delle navi significativamente.
Non sembra utile di aggiungere un sensore d'onda lunga nella piccola rada.**

3.3 ONDA LUNGA

3.3.1 Fonte

La fonte per determinare le caratteristiche delle onde lunghe al largo è la base dei dati del modello climatico CFSR (IOWAGA) risoluzione di 0.5°, al punto 6°E/43°N, si trova al largo della grande rada di Toulon con una profondità di più o meno 1000 m. Fornisce dei dati ogni 3 ore sull'onda lunga tra 1990-2016.

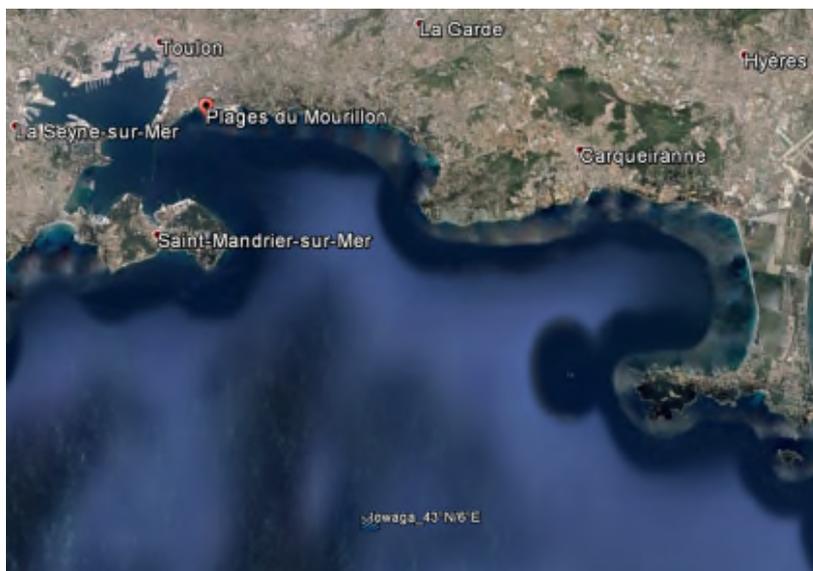


Figura 3-5 : Position du point de maillage du modello IOWAGA

3.3.2 Analisi statistica delle onde lunghe del largo

La rosa delle onde lunghe mostra 2 settori con direzioni preponderanti, Ovest-Nord-Ovest e Est, e un Settore Sud/Sud-Ovest con delle onde lunghe più basse.

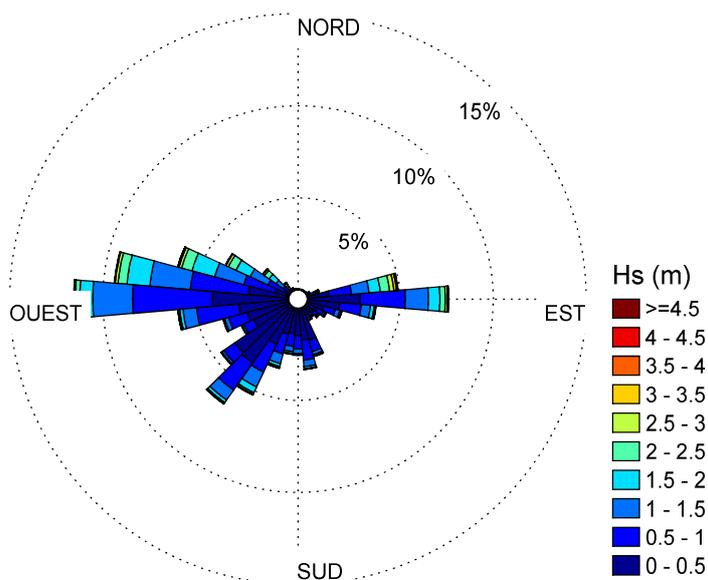


Figura 3-6 : La rosa delle onde lunghe del largo al punto CFSR 6°E/43°N

Hs (m) \ Dir (°N)	235 - 245	245 - 255	255 - 265	265 - 275	275 - 285	285 - 295	295 - 305	305 - 315	315 - 325	Total (%)
0 - 0.5	21.08	23.13	26.20	40.48	24.22	8.50	3.70	1.20	0.57	149.07
0.5 - 1	5.79	9.85	20.81	41.47	33.44	18.32	10.54	4.21	1.41	145.84
1 - 1.5	1.00	1.97	6.62	20.14	22.05	16.92	11.08	5.13	1.63	86.55
1.5 - 2	0.25	0.54	1.49	6.36	11.98	12.95	8.64	5.04	1.49	48.73
2 - 2.5	0.13	0.16	0.47	2.05	4.83	5.66	4.75	3.21	1.24	22.51
2.5 - 3	0.00	0.05	0.20	0.55	1.46	1.42	1.41	0.99	0.49	6.57
3 - 3.5	0.01	0.01	0.04	0.12	0.38	0.58	0.33	0.33	0.05	1.86
3.5 - 4	0.00	0.00	0.00	0.03	0.13	0.13	0.08	0.01	0.01	0.39
4 - 4.5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
4.5 - 5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
5 - 5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	28.26	35.73	55.84	111.20	98.49	64.50	40.53	20.13	6.88	461.57

Tabella 3-4 : Correlogramma Hs/Dir (%) delle onde lunghe - Settore ONO

Hs (m) \ Dir (°N)	135 - 145	145 - 155	155 - 165	165 - 175	175 - 185	185 - 195	195 - 205	205 - 215	215 - 225	225 - 235	Total (%)
0 - 0.5	4.37	4.48	15.68	19.25	14.44	14.47	13.97	21.38	34.84	39.45	182.32
0.5 - 1	1.71	1.84	5.46	11.41	7.08	7.19	10.48	15.78	18.77	7.98	87.71
1 - 1.5	0.72	0.91	1.67	3.46	2.50	2.78	5.12	8.81	7.04	1.58	34.59
1.5 - 2	0.22	0.21	0.63	1.16	0.51	0.91	1.41	3.28	2.07	0.32	10.72
2 - 2.5	0.09	0.09	0.24	0.29	0.22	0.36	0.62	0.80	0.74	0.11	3.55
2.5 - 3	0.03	0.07	0.01	0.07	0.07	0.12	0.20	0.41	0.12	0.05	1.13
3 - 3.5	0.00	0.01	0.04	0.00	0.03	0.03	0.13	0.17	0.09	0.01	0.51
3.5 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.04	0.00	0.01	0.14
4 - 4.5	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
4.5 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 - 5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>=5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	7.15	7.61	23.73	35.65	24.87	25.84	32.00	50.67	63.67	49.51	320.70

Tabella 3-5 : Correlogramma Hs/Dir (%) delle onde lunghe - Settore S/SO

Hs (m) \ Dir (°N)	65 - 75	75 - 85	85 - 95	95 - 105	105 - 115	115 - 125	125 - 135	Total (%)
0 - 0.5	1.74	10.15	28.16	18.61	9.91	6.53	5.54	80.64
0.5 - 1	1.63	10.22	24.77	12.87	6.81	4.02	2.54	62.86
1 - 1.5	0.76	8.08	13.03	5.41	2.57	1.12	0.70	31.67
1.5 - 2	0.37	5.27	6.86	2.11	0.84	0.53	0.37	16.34
2 - 2.5	0.33	4.61	3.44	0.76	0.36	0.22	0.11	9.82
2.5 - 3	0.30	2.36	1.32	0.30	0.08	0.04	0.05	4.45
3 - 3.5	0.14	1.40	0.46	0.09	0.01	0.01	0.01	2.13
3.5 - 4	0.08	0.63	0.18	0.01	0.00	0.01	0.00	0.92
4 - 4.5	0.05	0.13	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
4.5 - 5	0.01	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
5 - 5.5	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
>=5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	5.42	43.02	78.29	40.18	20.58	12.48	9.32	209.28

Tabella 3-6 : Correlogramma Hs/Dir (%) delle onde lunghe - Settore Est

3.3.3 Analisi delle tempeste – Onde lunghe estreme

L'analisi dei dati precedenti ha permesso d'estrarre le tempeste nei vari settori di direzioni. Una tempesta corrisponde a un evento superando una soglia di altezza importante determinata durante almeno 3 ore.

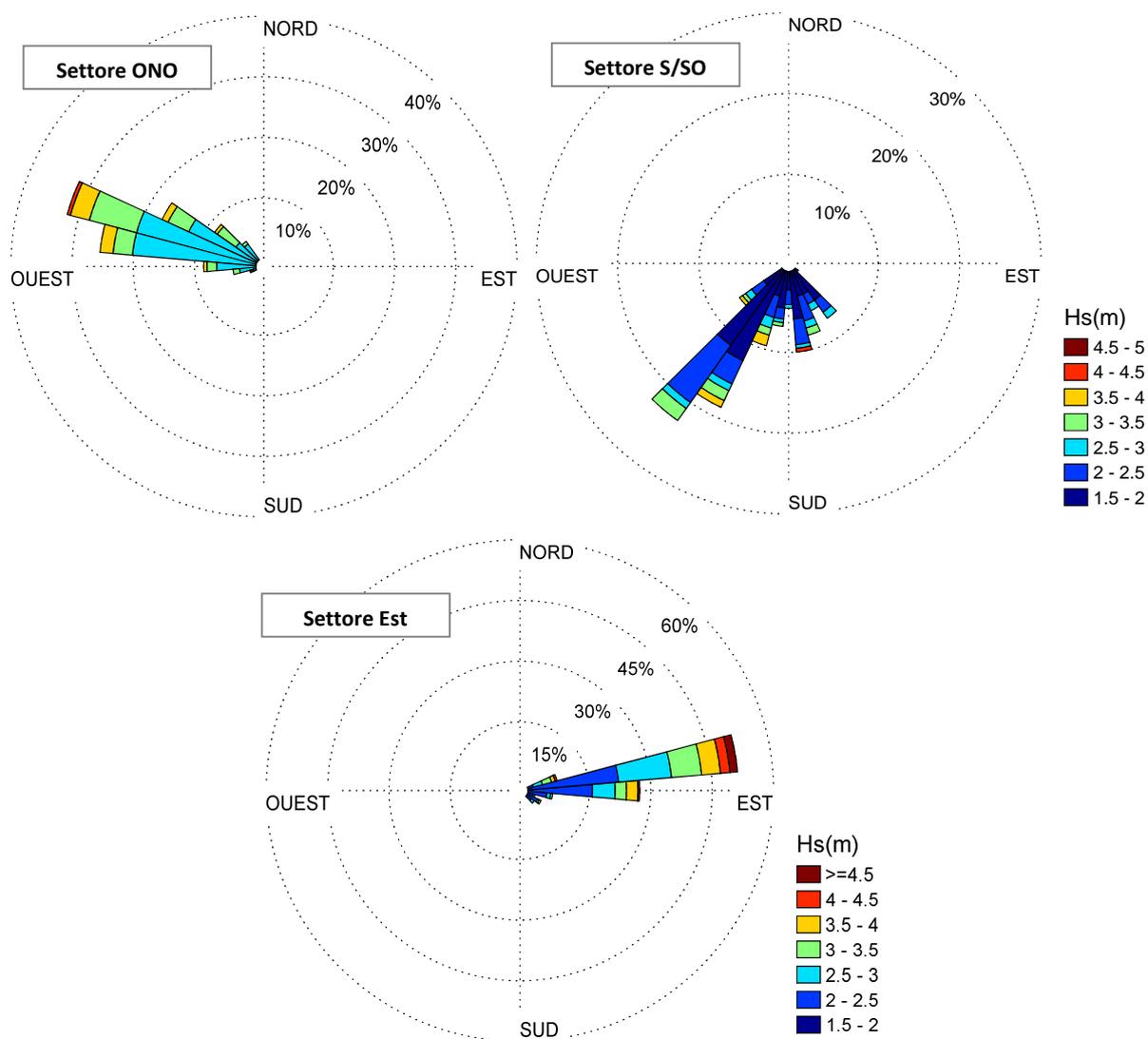


Figura 3-7 : Roses des tempêtes de onda lunga – Settore ONO, S/SO et Est

Un'analisi statistica delle tempeste è stata realizzata per determinare le onde lunghe estreme al largo. I risultati sono presentati nelle tabelle e sulle figure in appresso. I periodi sono stimati con la distribuzione H_s/T_p (cf. figure succitate).

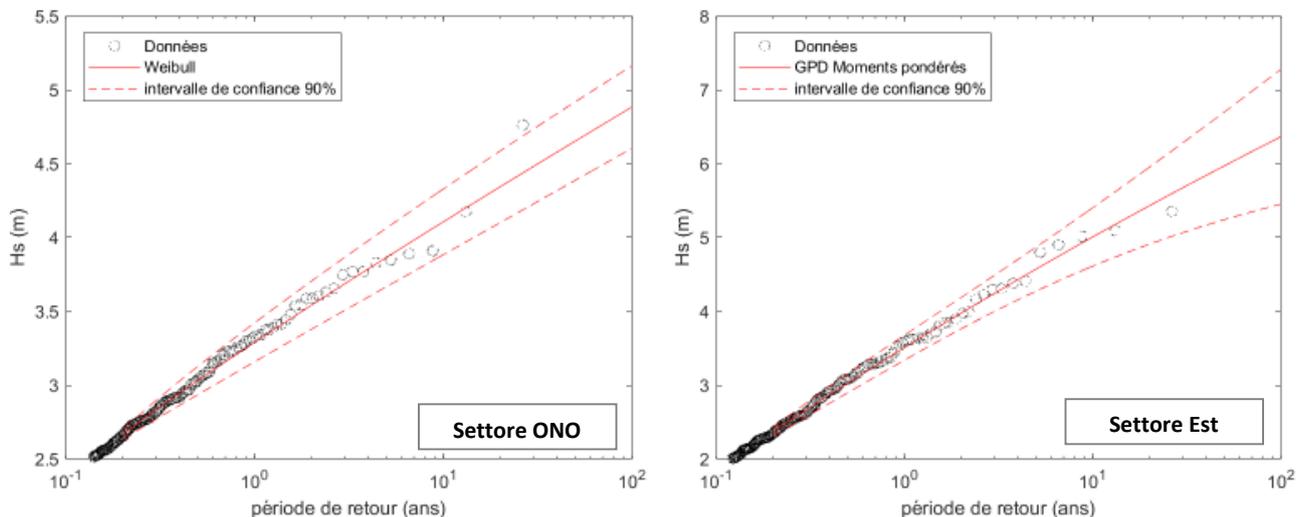


Figura 3-8 : Analisi statistica delle altezze delle onde lunghe estreme – Esempio della legge d'aggiungamento

	Période de retour (T_r)	1 anno	5 anni	10 anni	50 anni	100 anni
Settore ONO	Hauteur H_s (*)	3.3 m	3.9 m	4.1 m	4.7 m	4.9 m
	Période T_p	8.0 s	9.0 s	9.0 s	9.5 s	10.0 s
	Direction	290°N				
Settore S/SO	Hauteur H_s (*)	2.8 m	3.6 m	3.9 m	4.6 m	4.8 m
	Direction	200°N				
	Période T_p	9.5 s	11.0 s	11.5 s	12.0 s	12.5 s
Settore Est	Hauteur H_s (*)	3.5 m	4.6 m	5.0 m	6.0 m	6.4 m
	Période T_p	8.5 s	9.5 s	10.0 s	11.0 s	11.0 s
	Direction	80°N				

(*) Valeur moyenne de l'intervalle de confiance

Tabella 3-7 : Caratteristiche delle onde lunghe estreme al largo

3.3.4 Propagazione delle onde lunghe dal largo

Secondo la loro direzione, le onde lunghe del largo non entrano nella piccola rada. La propagazione delle onde lunghe di condizioni annuali ($Tr=1$ anno) è in appresso), è derivato dal modello di propagazione delle onde Tomawac (Software Telemac) ed è mostrato qui sotto.

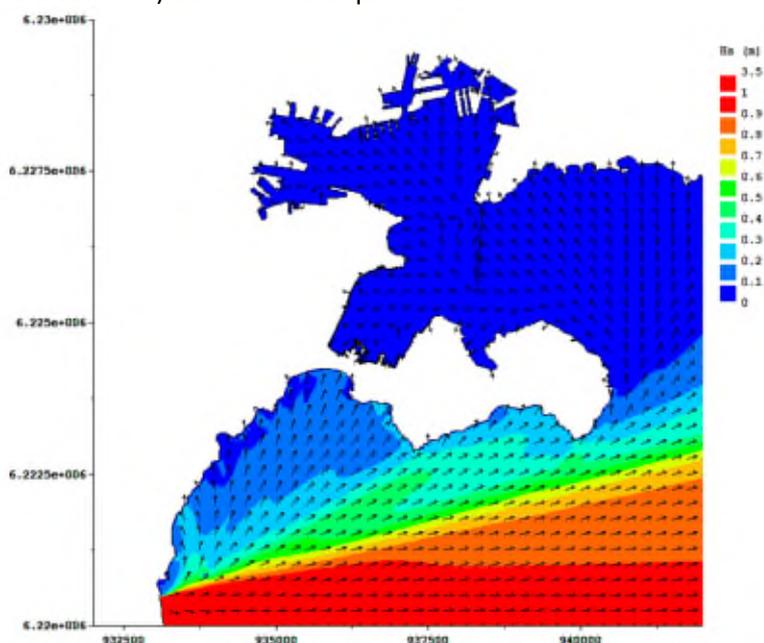


Figura 3-9 : Propagazione dell'onda lunga del largo – Onda lunga d'Ovest-Nord-Ovest – $Tr=1$ anno

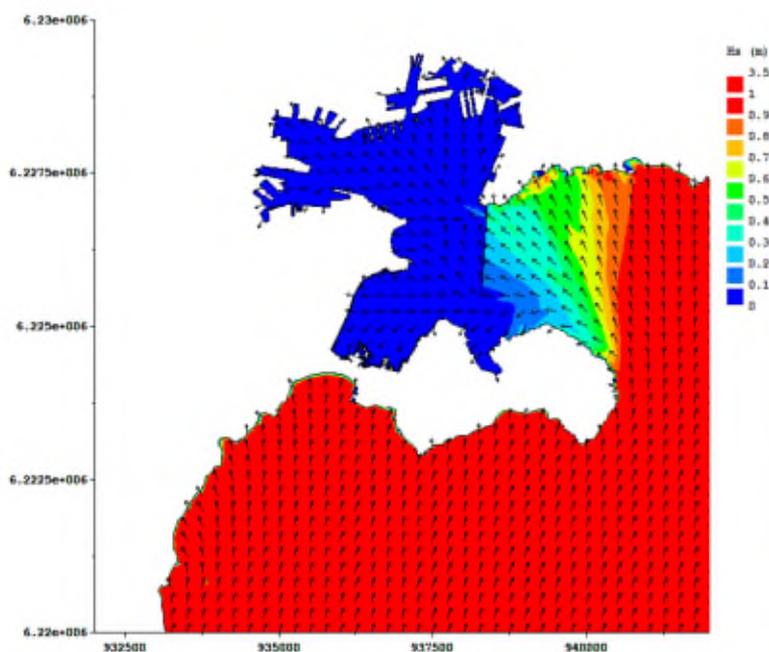


Figura 3-10 : Propagazione dell'onda lunga del largo – Onda lunga del Sud/Sud-Ovest– $Tr=1$ anno

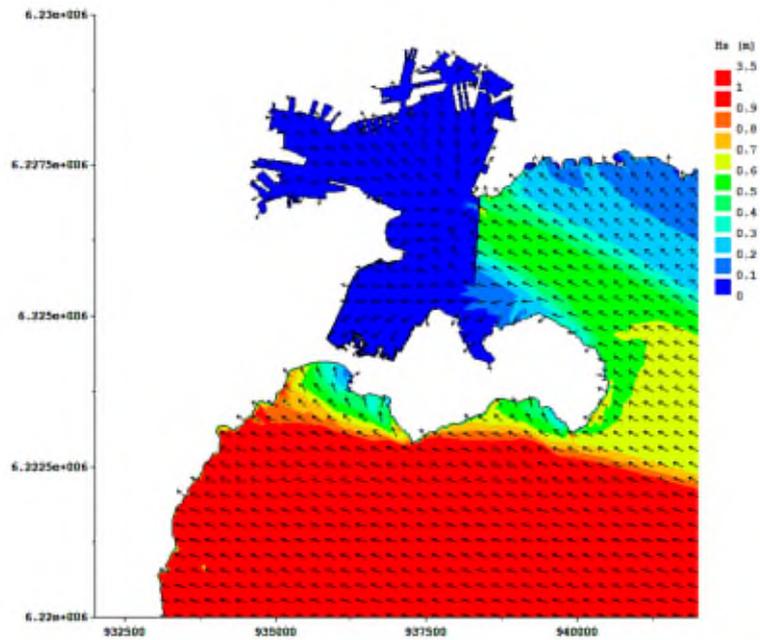


Figura 3-11 : Propagazione dell'onda lunga del largo – Onda lunga d'Est – Tr=1 anno

Si vede una deformazione di taglio importante dell'onda lunga (l'altezza dell'onda lunga cambia molto rapidamente) nel canale alla piccola rada e un'agitazione bassa nella piccola rada.

Sembra pertinente per la sicurezza alla navigazione di caratterizzare questa deformazione di taglio nell'onda lunga per installare sensori per la misura dell'onda lunga in grado di avere dati precisi su questo fenomeno.

3.4 ANDAMENTO DEL CORRENTE

Vicino alla rada di Toulon, il corrente proviene principalmente del vento (il Mistral) e delle onde lunghe.

I correnti de marea sono trascurabili, e al largo il corrente ligure (corrente Nord-Méditerranéenne) può raggiungere 0,5m/s in media in inverno. Tuttavia, sapendo che si trova al largo, non ha effetti nella piccola o grande rada.

La mappa sul contesto dell'andamento della corrente locale è :

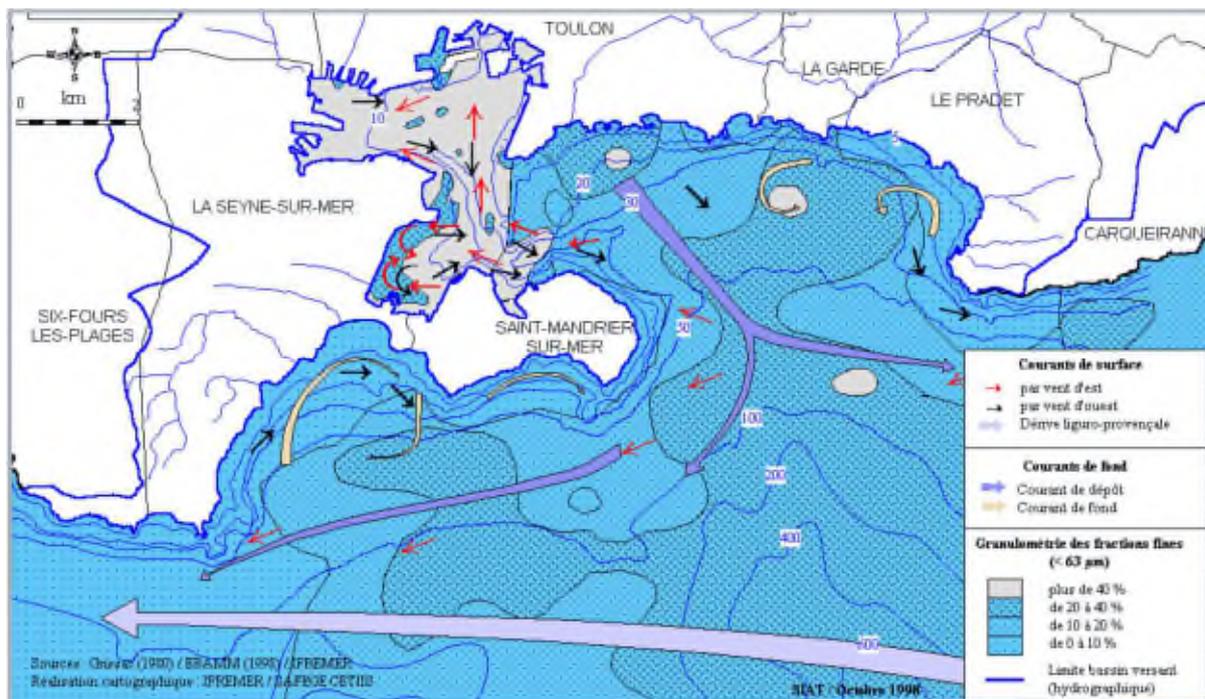


Figura 3-12 : Contesto dell'andamento della corrente

La corrente è dell'ordine di qualche cm/s in condizioni di corrente e può raggiungere localmente più di 1m/s in superficie nella grande rada. È più debole nel piccolo porto.

La corrente non è l'elemento principale che influenza la navigazione nell'avvicinamento e nelle grandi e piccole rade di Tolone, ma la sua direzione e la sua intensità variano secondo il moto ondoso e i venti, quindi deve essere misurata simultaneamente al moto ondoso.

4 FASE 3 : SINTESI DEI DATI IN TEMPO REALE PUBBLICATI SU INTERNET

4.1 Generalità :

Vari siti Web che propongono dati e informazioni a proposito di parametri oceano-meteorologici sono stati consultati.

I siti e parametri, modelli e figure pertinenti sono sintetizzati nei paragrafi seguenti.

4.2 Météo-France

Fonte : <http://www.meteoFrance.com/>

MétéoFrance, è il servizio ufficiale della meteorologia e climatologia in Francia.

Tra le dati gratuite o no, i dati seguenti potrebbero essere interessanti :

- Dati climatiche locale in tempo reale ;
- Dati del modello di previsione AROME in cui la risoluzione è la più piccola (1.3km) ;
- Dati del modello de previsione delle onde (MFWAM) mondiale.

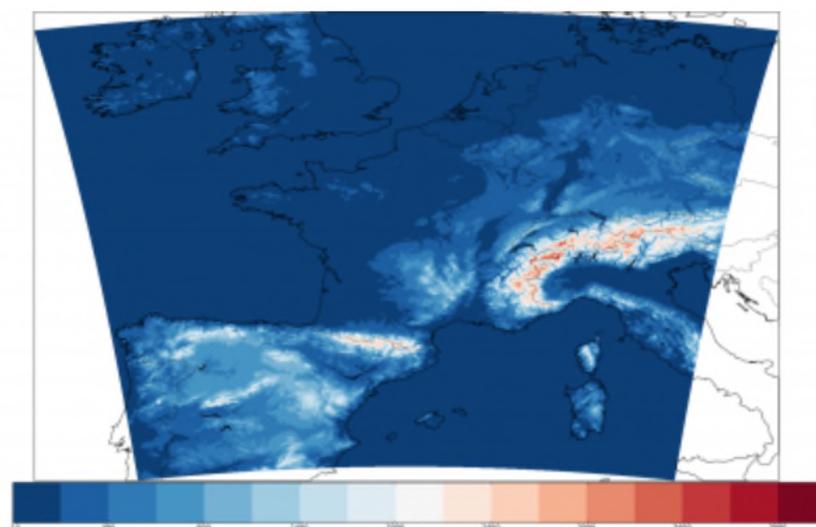


Figura 4-1 : Gamma di calcolo del modello AROME 1.3 km

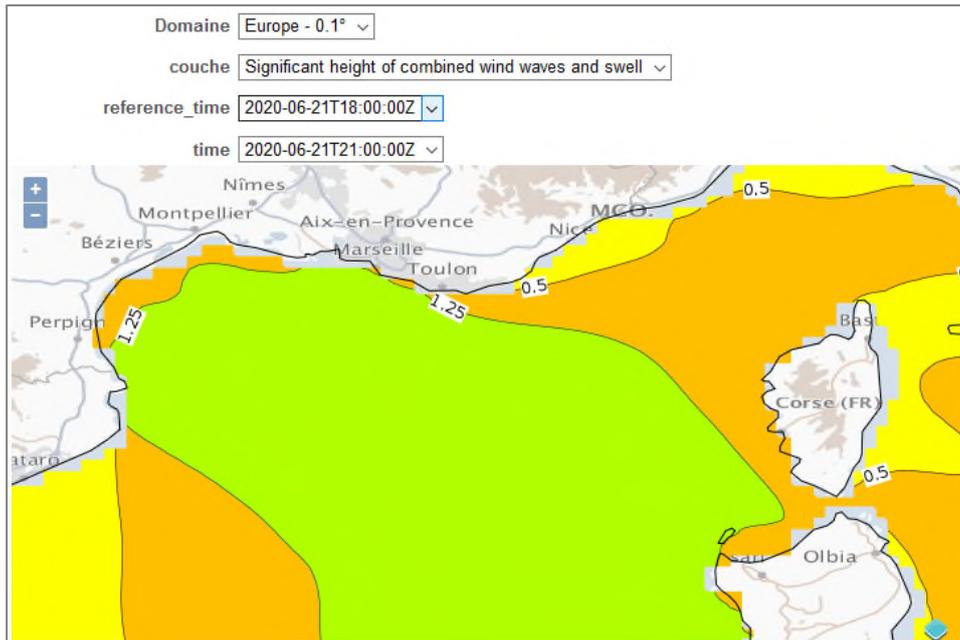


Figura 4-2 : Estrato dal modello MFWAM per l'Europe (résolution 0.1°)

I risultati del modello AROME (risoluzione 1.3km) sono particolarmente ben fatto e possono essere usato per aiutare la navigazione.

I risultati del modello per prevedere le onde MFWAM non sono molti precisi nelle gamma di deformazione di taglio nell'entrata della piccola rada, non sono molto efficiente nell'ambito dell'assistenza alla manovra e sulla sicurezza alla navigazione.

4.3 SHOM

Fonte : <https://data.shom.fr/oceanogramme/>

Il SHOM è il referente nazionale a proposito del "livello del mare" in situ su tutte le zone sotto la legislazione francese. Assicura con il REFMAR, vari funzioni di coordinazione nella colleta e diffusione di dati pubblici a proposito dell'altezza dell'acqua, per promuovere questi dati.

Queste osservazioni sulla maregrafia sono raccolte sul sito web, alcuni dati da altri modelli digitali sono aggiunti.

Per un punto al livello della grande rada (cf. figura seguente) i modelli usati sono :

- "Meteo" (43.0491 5.9675) : "Modello ARPEGE" (MAJ : 23/06/2020 00:00:00) - fonte : Météo-France ;
- "Vagues" (43.0824 5.967) : "Modello WW3" (MAJ : 23/06/2020 00:00:00) - fonte : Shom et Météo France ;
- "Hydrodyn-surf" (43.0824 5.967) : "Modello HYCOM3D-SURF" (MAJ : 23/06/2020 00:00:00) - fonte : Shom ;
- "Niveaux" (43.0824 5.967) : "Modello HYCOM2D" (MAJ : 23/06/2020 00:00:00) - fonte : Shom et Météo France.

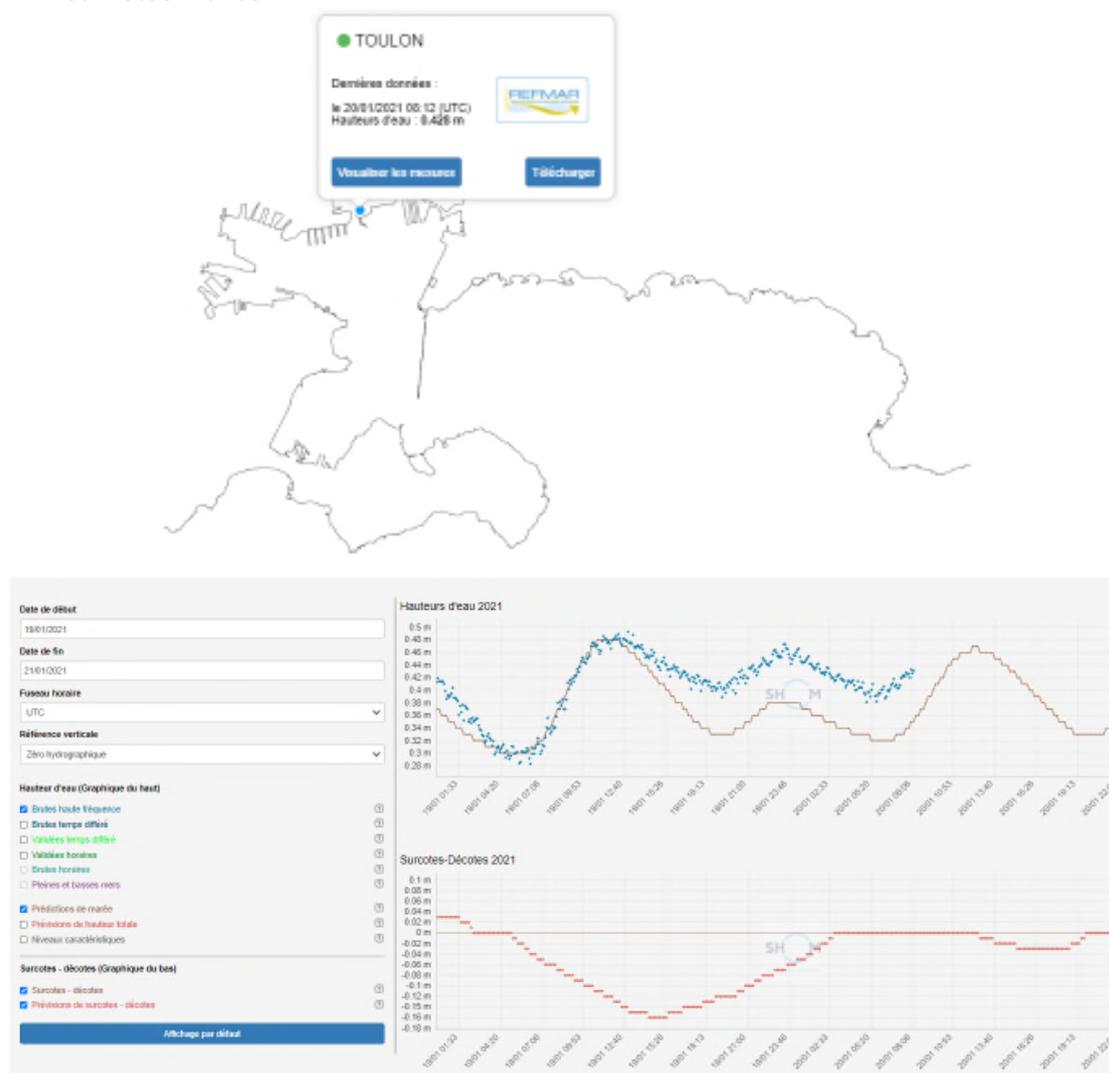


Figura 4-3: punto di misura della marea RONIM e misure associate

4.4 Ifremer - MARC (IOWAGA – HOMERE)

Fonte : <https://marc.ifremer.fr/>

L'obiettivo principale di MARC è di fornire un modello di assimilazione realisti dell'oceano costiero e di mostrare le possibilità dei modelli digitali sviluppati.

I modelli sono il modello MARS3D dell'Ifremer (circolazione), e il modello d'onde WAVEWATCH III sviluppato dalla NOAA.

Nota : Il sito MARC è accessibile gratuitamente. MARC non sostituisce i servizi di previsioni, di vigilanza di Météo France o i previsioni di mare del SHOM.

I principali risultati dei modelli disponibili sono :

- I correnti ;
- Le onde ;
- I livelli ;
- La temperatura e la tenore salino.

Nota : I risultati sulle onde (cf. figura seguente) sono i più interessanti nell'ambito di questo progetto (i risultati del modello di corrente sono a proposto del largo). Il sito fornisce dei risultati del modello ogni 3 ore, i previsioni sono disponibili più o meno 5 giorni e ci sono anche risultati su vari anni.

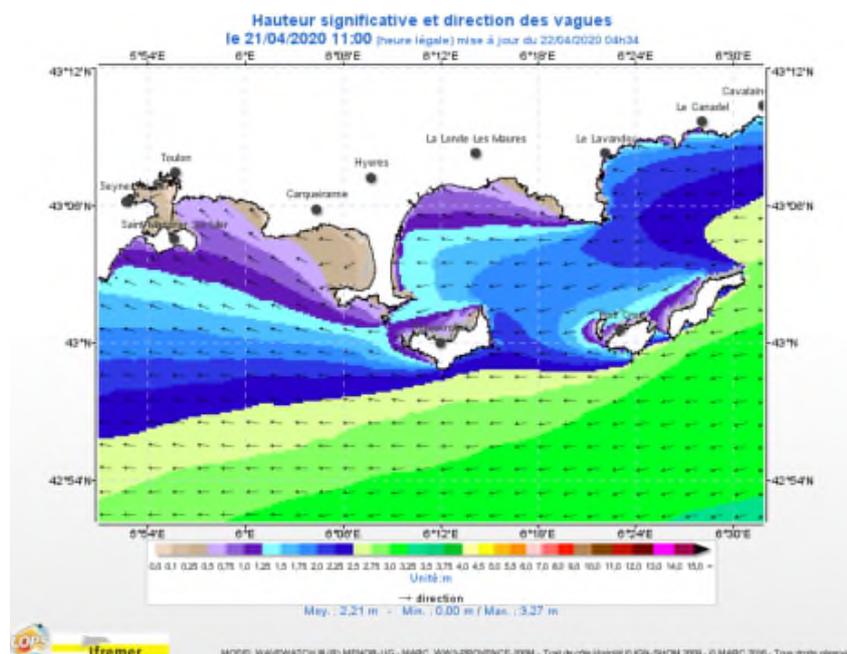


Figura 4-3 : Estrato del modello MARC

I risultati del modello di previsione delle onde non sono precisi nella zona con una deformazione di taglio all'intrata della piccola rada, non sono veramente utili nell'ambito di un aiuto alla manovra e la sicurezza alla navigazione.

4.7 Météociel

Fonte : <http://www.meteociel.fr/>

Il sito Météociel presenta i previsioni meteorologiche per i 3 giorni seguenti in Francia.

4.8 Windfinder

Fonte : <https://fr.windfinder.com/>

Il sito WindFinder è specializzato in rapporti e previsioni del vento, onde, marea ... per gli sport di vento. Fornisce dei dati sul vento in tempo reale e anche previsioni sotto la forma di tabelle, grafici e mappe.



Figura 4-6 : Estrato delle previsioni

4.9 Windy

Fonte : <https://www.windy.com/>

Windy presenta una mappa delle previsioni del vento, nuvole, onde e altri parametri per più o meno una settimana. Delle tabelle di sintesi di altri modelli sono anche disponibile :

- Vento (medio e raffiche) e nuvolosità con il modello AROME 1.3km per esempio;
- Onde con il modello ECMWF nel mar Mediterraneo.

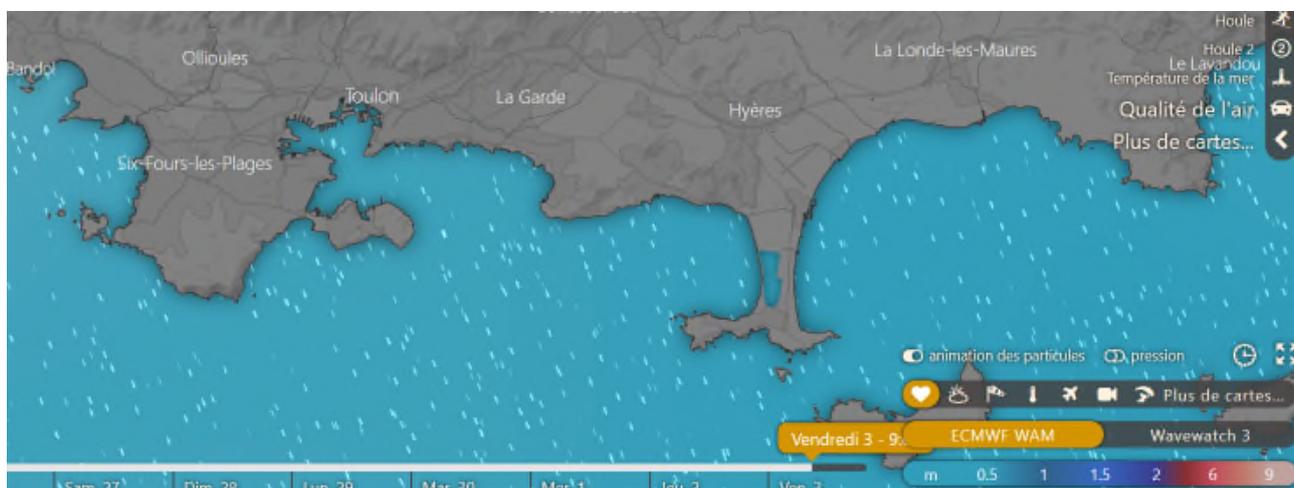
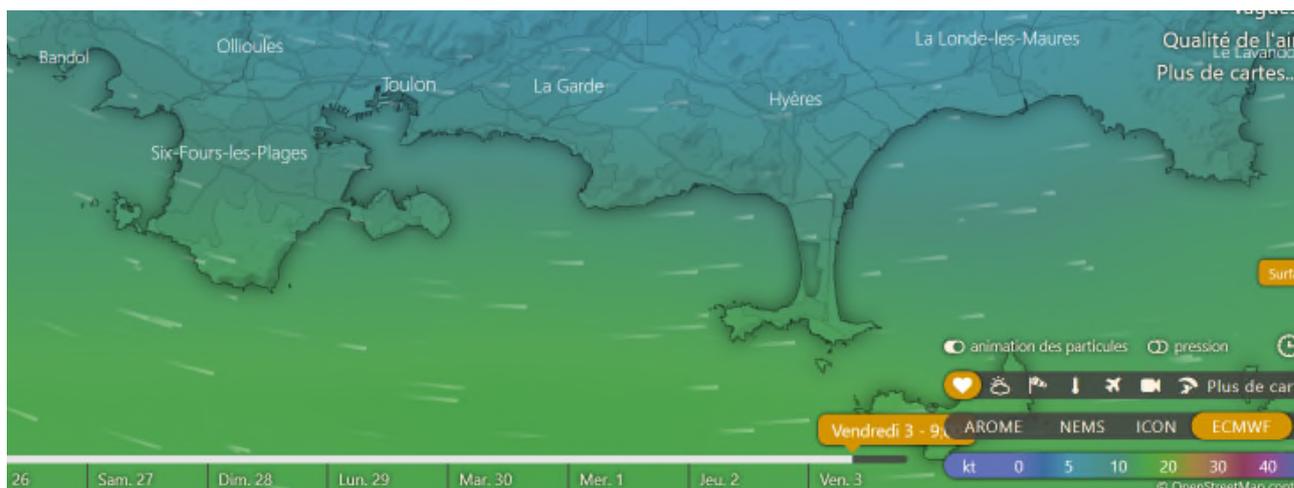


Figura 4-9: Estratto della previsione del modello ECMWF

4.10 Météo consult

Fonte : <https://www.meteoconsult.fr/>

Météo Consult ha i suoi mezzi informatici per realizzare previsioni. Questi sistemi sono allegati ai supercalcolatori, elaborando dei dati raccolti dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale. L'azienda propone servizi di previsioni, studi e monitoraggio meteorologiche.

4.11 Conclusione

Ci sono vari tipi di siti :

- I siti di Météo France e del SHOM permettono un accesso ai modelli che hanno sviluppato e basati su delle misure, come per esempio :
 - Vento : AROME 1,3km
 - Livello d'acqua
- Vari siti come per esempio windy, windfinder, infoclimat, météociel raccolgono le dati di modelli globali esistenti e le misure delle stazioni e mostrano loro su delle mappe e delle tabelle di sintesi, a volte interattivi.
- Alcuni siti come per esempio WindGuru e météoconsult usano le dati disponibili con a volte delle stazioni di misure personali per avere i loro propri modelli e dare previsioni. Alcune parte del loro lavoro, come per esempio previsioni locali e precisi sono a pagamento.

Ci sono applicazioni sul cellulare per la maggior parte dei siti internet studiati.

Si può concludere questo :

- **Vento : Il modello AROME 1.3km sviluppato da Météo France sembra interessante per la zona perchè la sua risoluzione è piccola (1.3km) e è preciso. Si può usarlo per migliorare la sicurezza della navigazione direttamente. Delle mappe interattive sono disponibile sui siti che riprendono la stessa informazione.**
- **Livello dell'acqua : Il sito del SHOM riprende perfettamente questo parametro.**
- **Correnti: Sono derivati da modelli equivalenti a seconda dei siti, che non sono molto precisi nel porto di Tolone. Le informazioni sono riportate in un unico punto per il modello SHOM, mentre la corrente è variabile in direzione e intensità.**
- **Onde : L'informazione spesso data sui siti è solo in un punto, a volte delle mappe interattive sono disponibile, ma questo non è molto preciso vicino alla costa. Il più preciso è il Modello Marc dell'Ifremer, ma non è abbastanza preciso per ripresentare fedelmente le variazioni vicino alla piccola rada.**

5 FASE 4 : IDENTIFICAZIONE DELLE POSIZIONI IDEALI PER L'INSTALLAZIONE DEI SENSORI

5.1 Bisogno e posizione per i sensori

Le ultime fase permettono di concludere che il parametro più importante a precisare in tempo reale e l'evoluzione delle onde specialmente vicino alla piccola rada, area in cui :

- L'onda lunga varia molto
- La manovra delle navi dipende del canale e delle altre navi
- La sicurezza è più bassa nelle misura in cui si naviga vicino alla costa

Idealmente, la onda lunga deve essere conosciuta dai marittimi e il personale del porto :

- Nel canale della piccola rada in cui è particolarmente influenzata dalla topografia della costa e i fondali
- Subito al largo della grande rada (zona Est di Saint Mandrier) per conoscere le condizioni di navigazione in zona non protetta.

Poiché l'implementazione della strumentazione in tempo reale richiede strutture e un costo significativo, è saggio combinare la loro utilità (vedi FASE 6). In effetti, le misure effettuate dalla strumentazione allestita saranno utilizzate nel quadro dell'aiuto alla navigazione, ma potrebbero essere utili nel quadro di altri studi. Inoltre, secondo la strumentazione allestita, si possono facilmente effettuare le misure di altri parametri, quindi, si consiglia un minimo di scegliere una strumentazione che misura il moto ondoso e le correnti per le necessità di navigazione e lo studio dei fenomeni idrodinamici nella grande rada di Tolone.

Le posizioni dei futuri sensori dipendono di :

- La navigazione : le navi, la segnaletica e il canale
- Le condizioni oceano-meteorologiche
- Le caratteristiche dei fondali : batimetria, biocenosi...
- Il tipo di strumentazione

A proposito della navigazione :

La segnaletica attuale della rada di Toulon è presentata sulla figura seguente. La segnaletica è quella di dicembre 2018, si vedono gli oggetti del SHOM, fari e balise (DAM) (cf. <https://data.shom.fr/>).

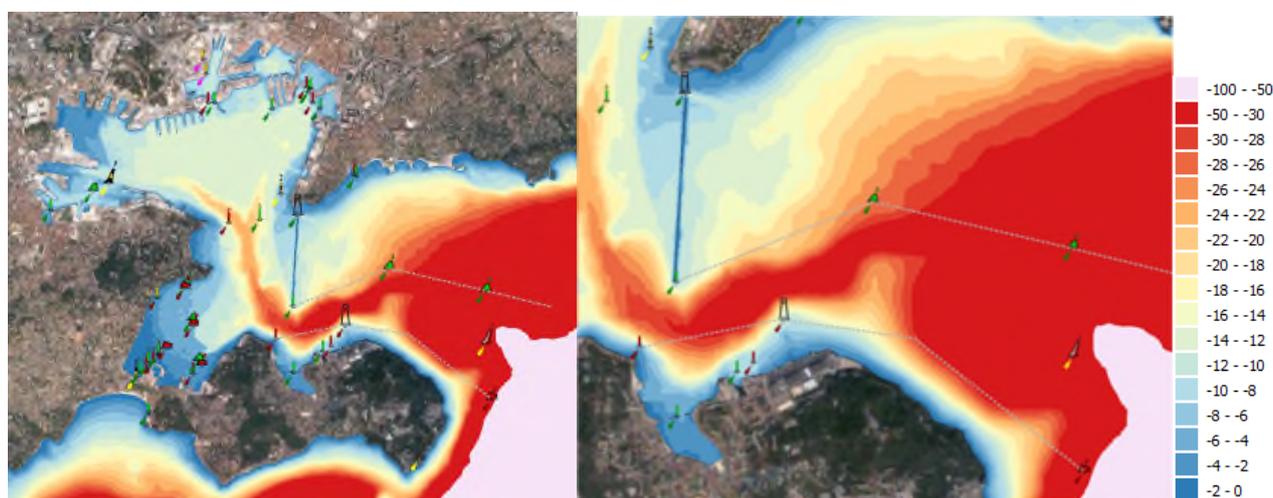


Figura 5-1 : Rappresentazione dei fondali batimetrici e balise

Si vedono :

- La larghezza del canale è minimale al livello del grande molo, più o meno 390m.
- I fondali nel canale di navigazione sono di più di -20mNGF.

La tabella in appresso presenta le caratteristiche principale delle più grande navi conosciute oggi :

Navire	Compagnie	Longueur hors tout (m)	Largeur (m)	Tirant d'eau (m)
Classe OASIS OF THE SEA (HARMONY, SYMPHONY, OASIS, ALLURE)	ROYAL CARIBBEAN	360-362m	47m (flottaison) 66m (pont)	~9m
QUEEN MARY II	CUNARD	345m	41m	10.3m
USS GERALD FORD	MARINE AMERICAINE	333m	41m	12m

Tabella 5-1 : Caratteristiche delle più grande navi che petrobbero venire a Toulon

Il fondale minimale per queste navi in un canale è di 1.5* l'immersione. Bisogna avere una profondità tra 14m e 18m, e è disponibile nella piccola rada.

La larghezza minimale per queste navi è di 5* la loro larghezza. Bisogna avere un larghezza di 330m per la più grande nave, è disponibile per intrare nella piccola rada di Toulon.

Il canale attuale verifica tutte le caratteristiche richieste per permettere l'accesso delle più grande navi. Sapendo che il fondale nel canale supera puntualmente 18m, si può immaginare l'installazione di strumenti in sicurezza.

Per la navigazione in generale, una strumentazione immersa sarà meno infastidita che una emersa su una boa.

Nonchè le difficoltà di navigazione non sembrano essere dei criteri per il posizionamento dei sensori. Un'installazione sul lato del canale sembra interessante perchè le navi non hanno il diritto di calare.

A proposito delle condizioni oceano-meteorologiche :

Le caratteristiche dell'onda lunga del largo sono fondamentale per la navigazione. La strumentazione scelta dovrà misurare le caratteristiche dell'onda lunga più pertinente per le direzioni meno favorevoli.

Secondo le condizioni dell'onda lunga annuale presentate prima nonchè la configurazione del luogo sembra interessante de posizionare i sensori dove l'onda lunga sia la plus importante ma anche dove sconta molti modificazioni (cambio di direzione o di altezza, diminuzione dell'altezza).

Non bisogna avere una strumentazione nella piccola rada perchè è abbastanza protetta dell'onda lunga dal largo.

A proposito delle caratteristiche del fondale :

I fondali sono abbastanza importante per accogliere una strumentazione immersa. Tuttavia, quando il fondo è troppo importante aumenta i costi. In questo caso, è meglio una strumentazione emersa.

Nei fondali della rada di Toulon si trovano cavi o tubi, come si vede in appresso sulla mappa (cf. <https://data.shom.fr/>).

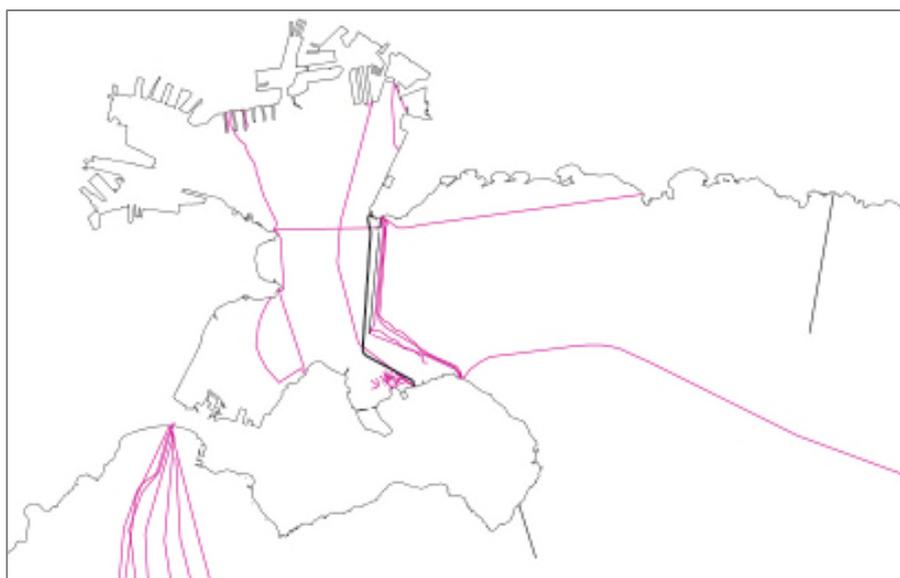


Figura 5-2 : Posizione dei cavi e tubi

Nel caso di una strumentazione immersa, deve essere alimentata con un cavo, bisogna fare attenzione ai cavi e tubi esistenti. Il tracciato può seguire un tracciato esistente.

Inoltre, la posizione del cavo dovrà fare attenzione alle biocenosi, per non danneggiare loro. Bisogna studiare gli impatti sulla fauna e la flora.

La mappa in appresso presenta le caratteristiche dei fondali nella rada di Toulon.

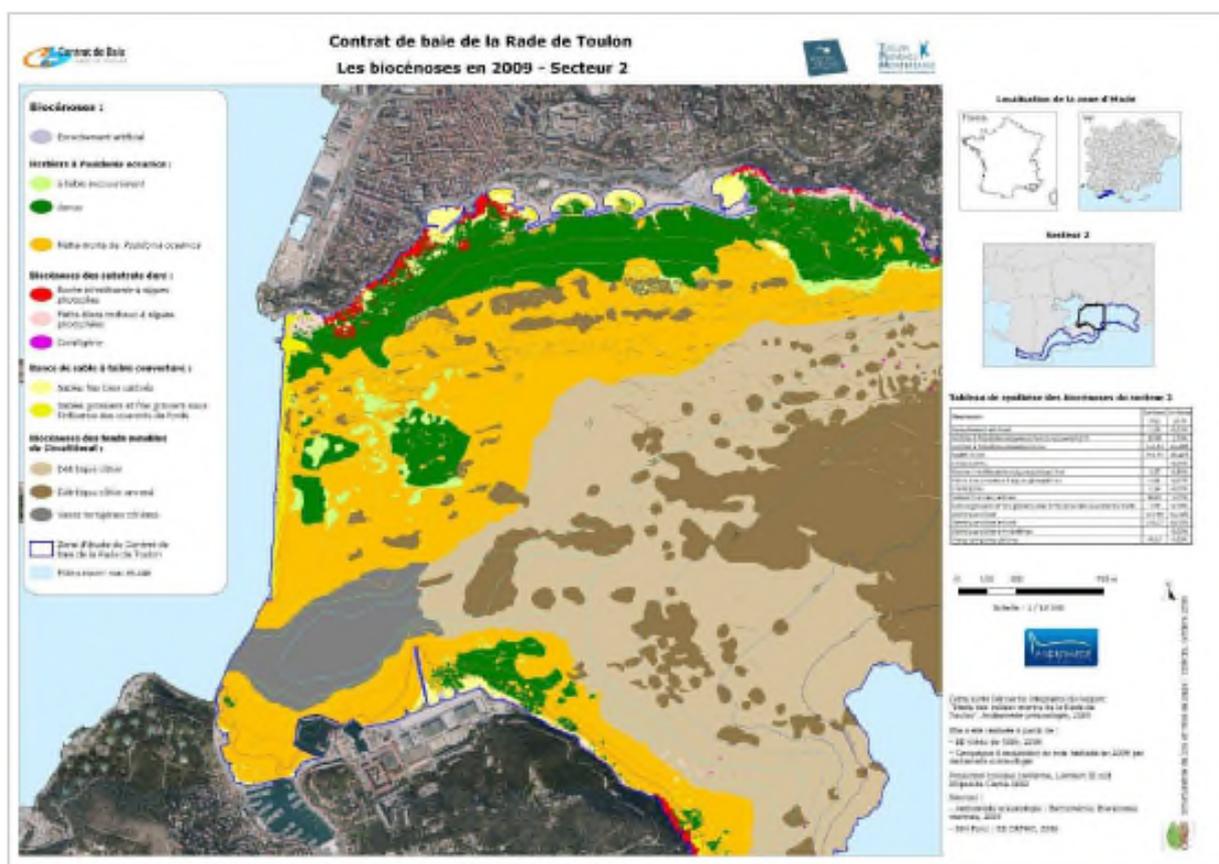


Figura 5-3 : Mappa delle biocenosi 2009 – Fonte Andromede

Posizionamento della strumentazione :

Ci sono due grande categorie di strumentazione possibile: la strumentazione immersa o la strumentazione emersa. I principali vantaggi e inconvenienti sono :

Per la strumentazione di tipo immersa :

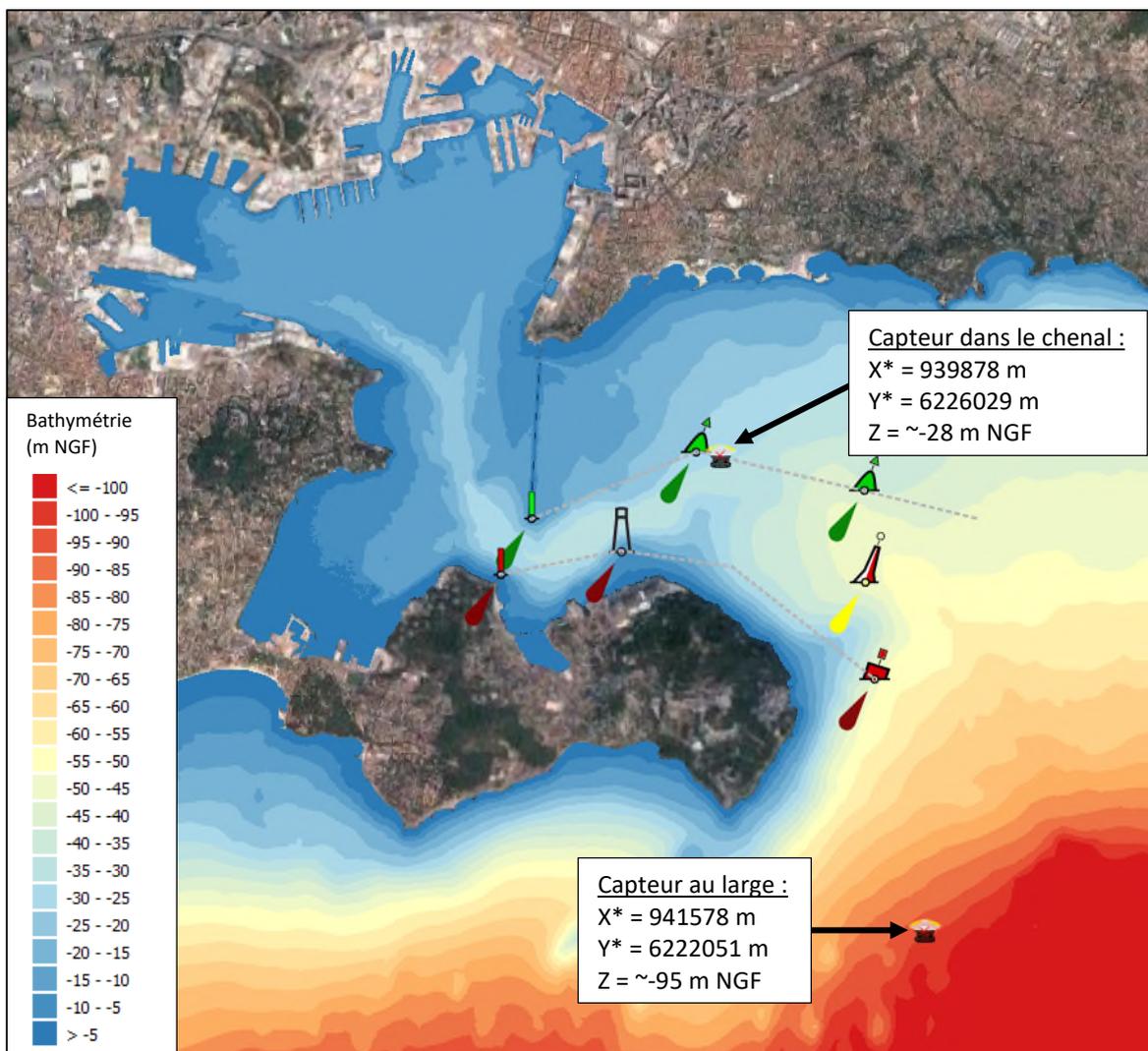
- Vantaggio principale : soluzione discreta, non disturbe la navigazione
- Inconveniente principale : bisogna avec un'alimentazione con cavi sottomarini, in cui il posizionamento necessita studi.

Per la strumentazione di tipo emersa :

- Vantaggio principale : soluzione autonoma con pannelli solari
- Inconveniente principale : può disturbare la navigazione.

I problemi identificati precedentemente permettono di conoscere le possibilità per l'installazione di sensori immersi o emersi.

La figura seguente presenta la posizione di 2 sensori con un posizionamento ideale nell'obbiettivo di migliorare la navigazione vicino a Toulon.



*Coordinate dei sensori in (Lambert 93)

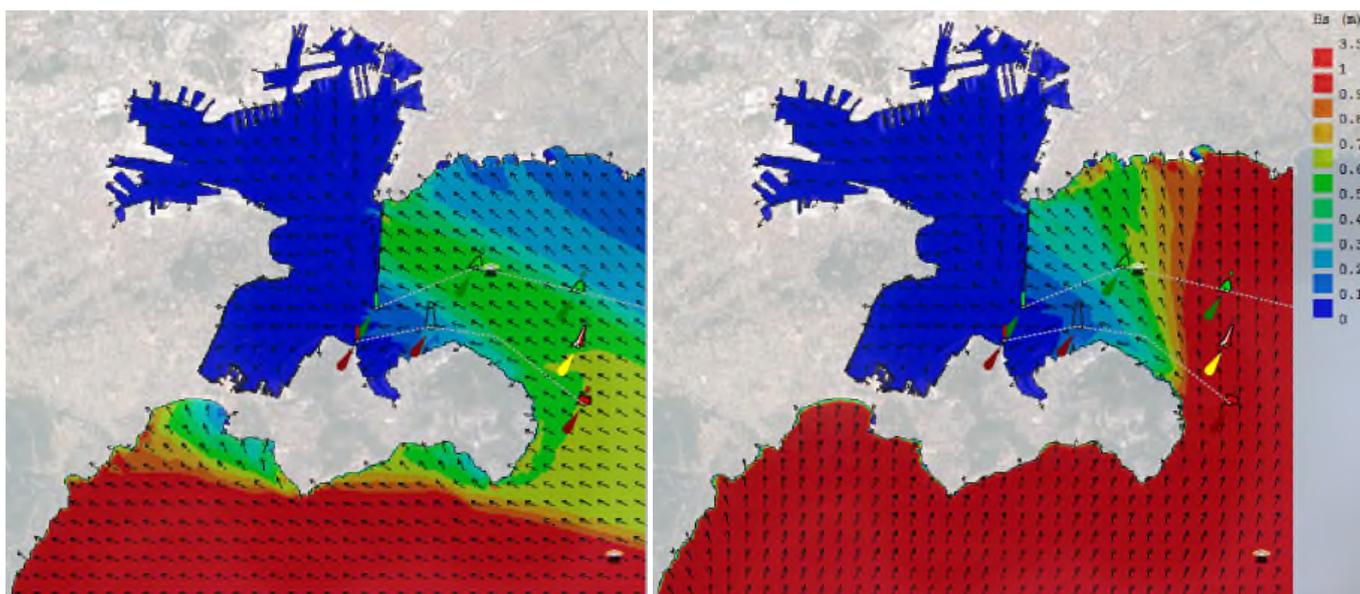


Figura 5-4 : Posizione del dispositivo di misura secondo le condizioni delle onde lunghe annuale (Condizione d'Est giù a sinistra e Ovest giù a destra) e il canale di navigazione.

Queste posizioni possono essere leggermente adattate rispettando i seguenti principi per le zone d'impianto: una zona vicina al canale di navigazione e soggetta a forti variazioni di marea, una fuori della rada.

5.2 Tipo di strumentazione possibile

Si deve prevedere l'installazione di sensori che permettano la misura del moto ondoso e della corrente (la strumentazione proposta integra oggi i 2 parametri in modo standard) in "tempo reale".

Oggi, abbiamo parlato con due aziende : Nortekmed et IxBlue. Il tipo di strumentazione disponibile in queste aziende sarà presentato in seguito. Propongono sostanzialmente le stesse cose :

- Una strumentazione "emersa" : installazione di una boa con strumenti e alimentata con pannelli solari.
- Una strumentazione "immersa" : installazione di sensori nei fondali alimentati con un cavo

Gli strumenti proposti permettono di misurare le caratteristiche dell'onda lunga (altezza, periodo, direzione) e le caratteristiche del corrente (velocità e direzione) sulla colonna d'acqua.

Degli strumenti di misure come una stazione meteorologica può completare la strumentazione della boa o essere installate sulla terra. Queste misure saranno in grado di arricchire i dati in tempo reale di onde e correnti con la stessa risoluzione.

Vari mezzi di trasmissione dei dati in « tempo reale » sono possibili : sito internet, sistema AIS (Sistema d'identificazione automatico)...

5.2.1 Strumentazione Nortekmed

L'azienda Nortekmed propone gli strumenti di misure seguenti :

- Uno strumento per misurare le onde lunghe doppler di tipo AWAC (Acoustic Wave And Current Profiler).
Permette di misurare l'altezza, il periodo e la direzione delle onde nonché correnti sulla colonna d'acqua .
Nel caso di un'installazione permanente della boa, il dispositivo è collegato a un abbinamento elettronico sulla terra.

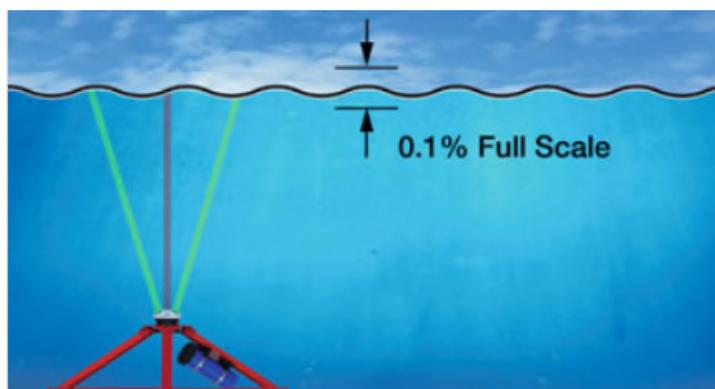


Figura 5-5 : Schéma del sensore di tipo AWAC



Figura 5-6 : Fotografie di un AWAC su un tre elementi di base con il suo cavo e abbinamento elettronico con un pannello solare

- Una boa Alizé. Questo strumento permette di misurare la altezza, il periodo e la direzione delle onde nonché correnti sulla colonna d'acqua. La boa può anche avere un piccolo centra meteorologico, di sensori sulla temperatura/tenore salino. La trasmissione dei dati è realizzata con Radio, GPRS, Iridium, AIS in tempo reale. La boa è autonoma perchè ha pannelli solari.

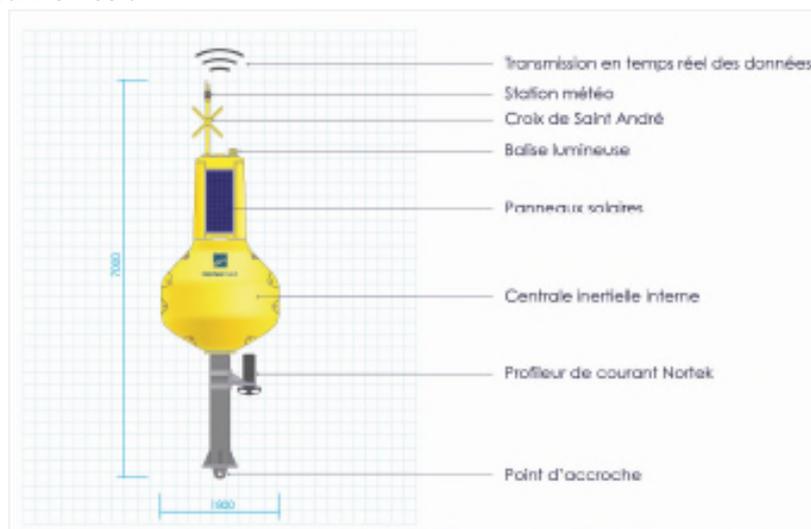


Figura 5-7 : Schema di una boa Alizé

Le misure effettuate con gli strumento presentati supra sono mandate con GPRS su un serveur Web.

La comunicazione in tempo reale è realizzata con GPRS e/o AIS.

I dati vadano su un serveur (Nortekmed o quello del cliente) con 2 funzioni principali:

- Ricevimento dei dati memorizzazione in una base di dati SQL. I dati sono memorizzati in un solo registro e possono essere ricupati facilmente.
- Sfruttamento della base dei dati con un'applicazione Web dove i dati saranno disponibili in tempo reale. I dati saranno accessibili sul sito web (è possibile con un password).

Il sito web ha 2 funzioni :

- Visualizzazione in tempo reale con delle Tabelle e dei grafici ;
- Memorizzazione dei dati (possibilità di scaricare i dati archiviate in CSV).

Nota: I dati sono anche memorizzati nella boa su un registratore di dati (10 anni minimo)

Sul sito Web, si possiamo vedere i dati recenti in tempo reale in una tabella. Gli ultimi dati durante 24h di ogni parametro sono accessibili. Una finestra nel sito Web permette di visualizzare i dati archiviati, un'altra permette di scaricare loro.

La gestione degli allarmi (trasmessi con mail o messaggi a un elenco di destinatari scelti) a proposito di problemi con un sistema di serraggio, la mancanza di trasmissione dei dati o con l'alimentazione elettrica.

La soluzione NortekMed può essere adattata secondo le esigenze del cliente.

Ci sono anche le possibilità di pagare un hosting dei dati su un serveur de Nortekmed e il controllo quotidiano dei dati (per dire al cliente se c'è un problema).

Le figure seguenti presentano estratti di un sito Web NortekMed.

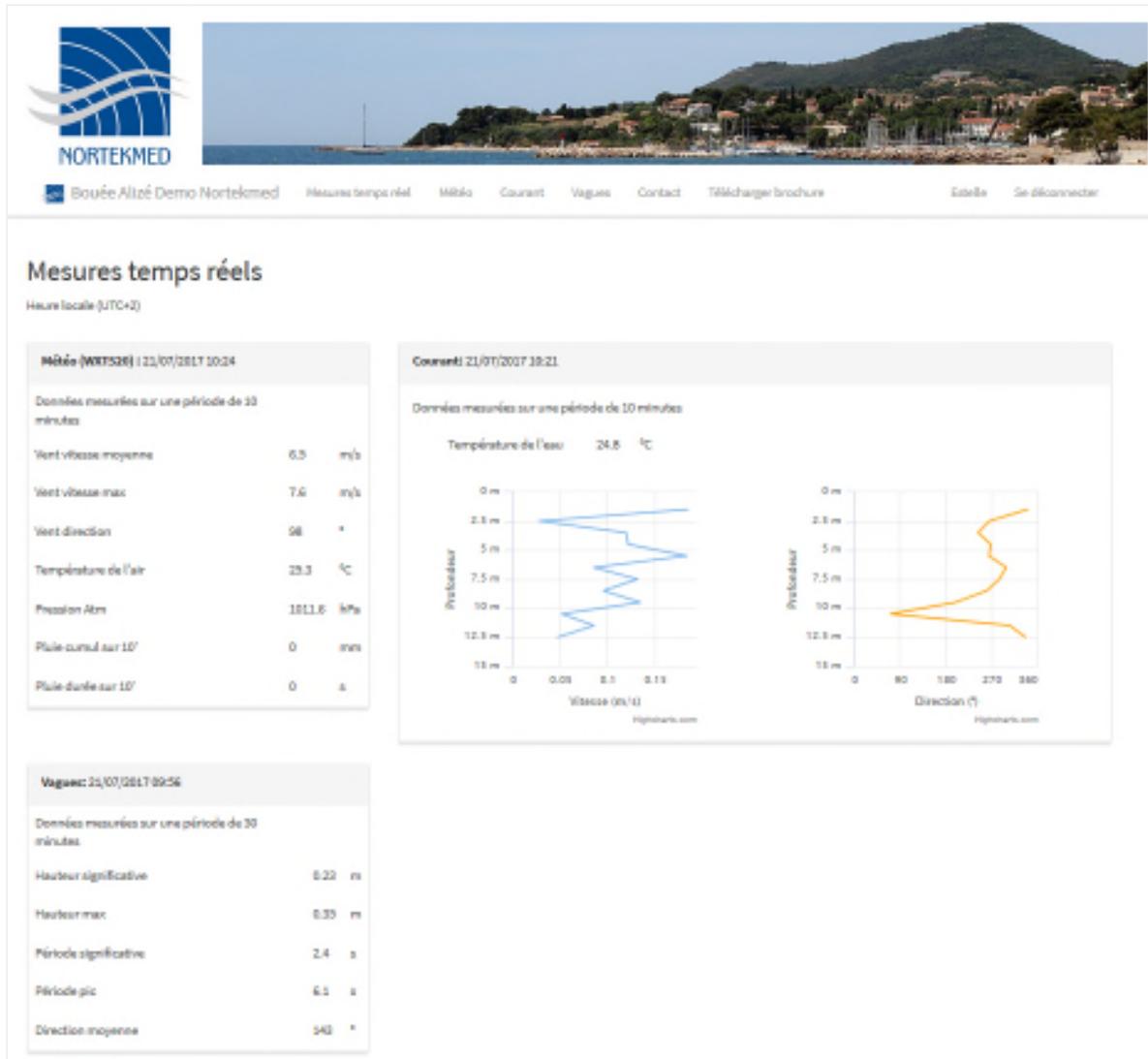


Figura 5-8 : Estrato del sito web : Ultime misure di tutti i parametri in tempo reale

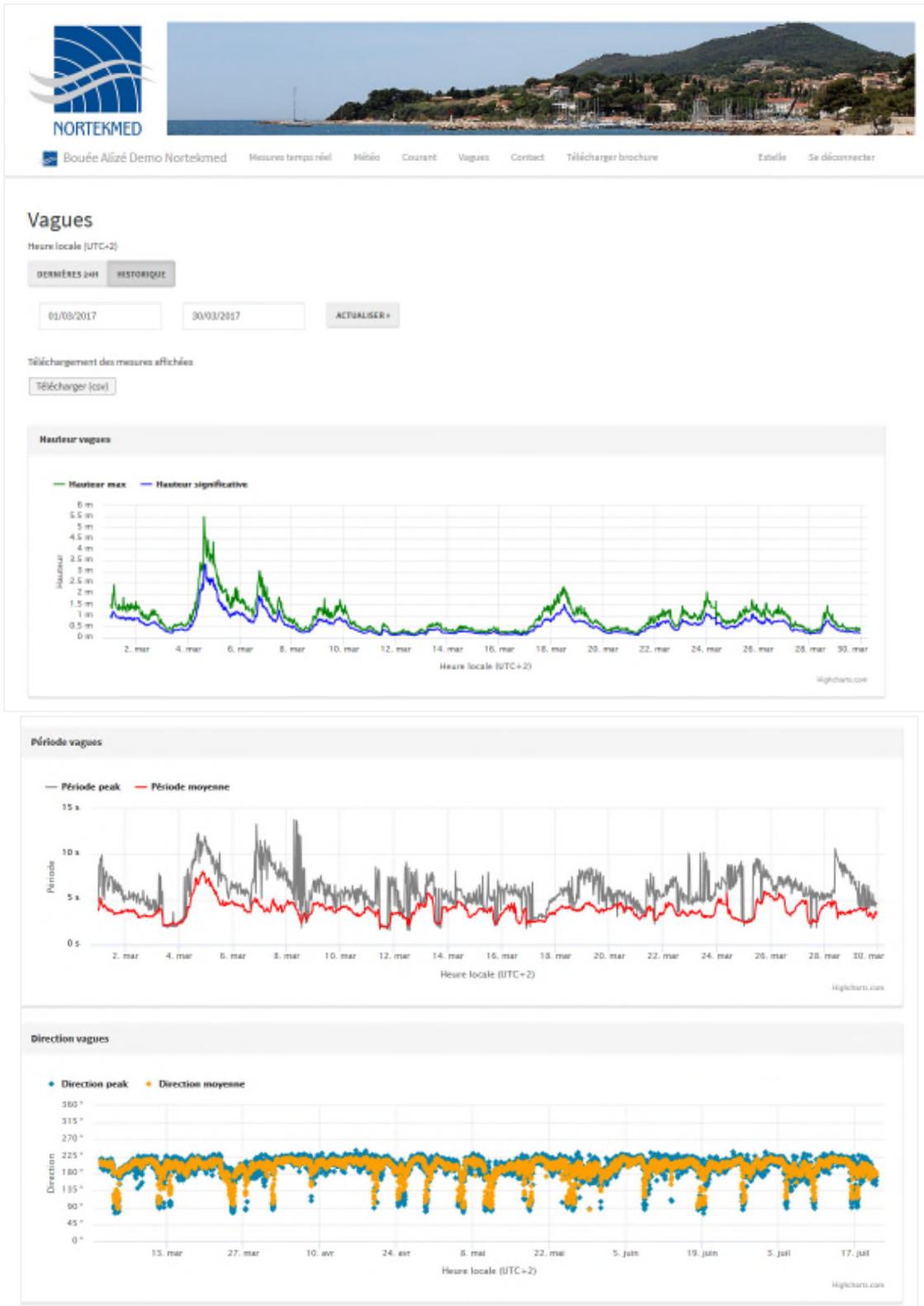


Figura 5-9 : Estrato dal sito web : Misure dell'onda lunga direzionale (24 ore scorse e storiche disponibile)

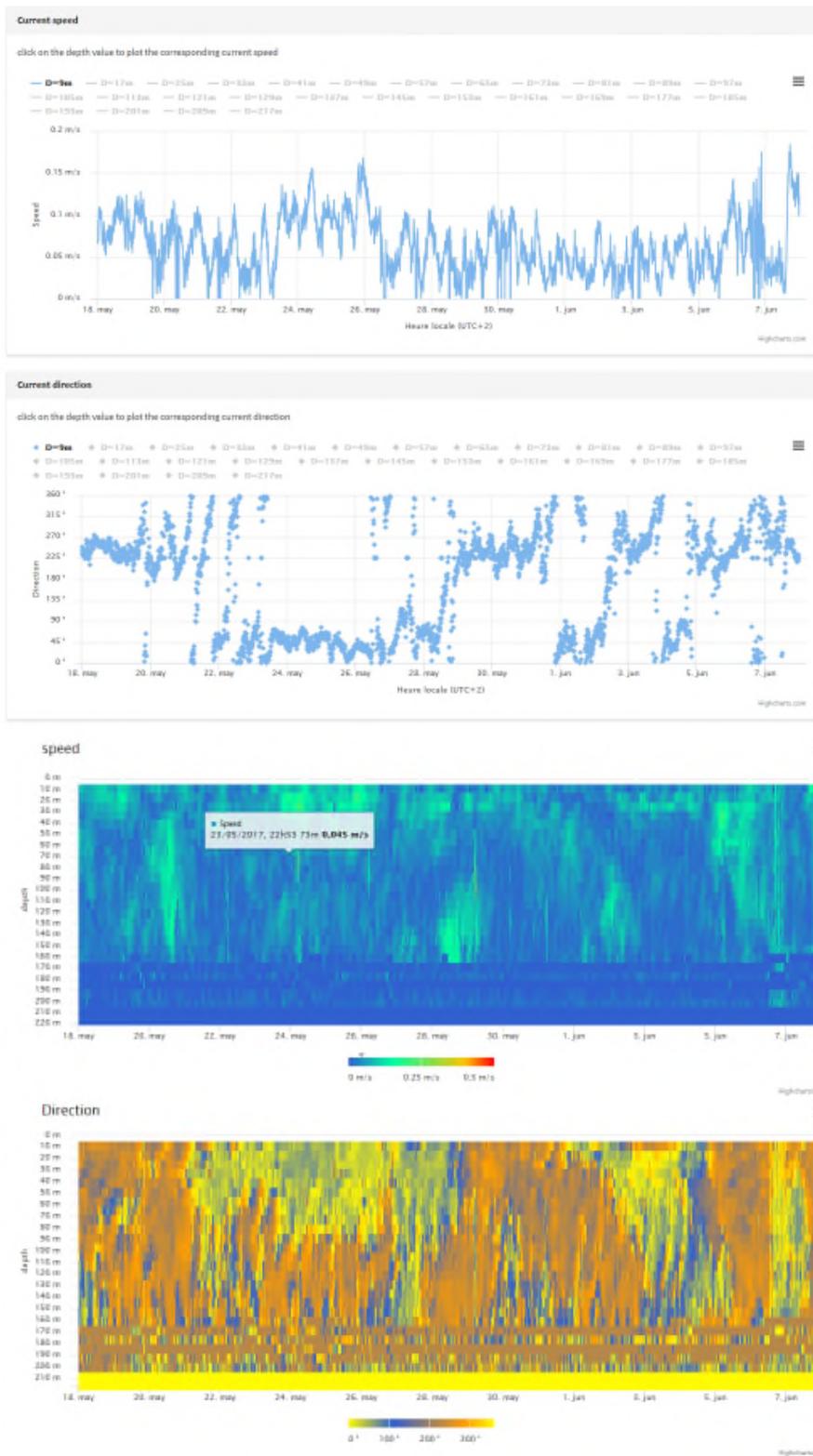


Figura 5-10 : Estrato dal sito web : Misure del profilo di corrente (grafici 2D e 3D)

5.2.2 Strumentazione IxBlue

L'azienda IxBlue propone gli strumenti di misure seguente :

- Systema 1 : Sviluppo di un sistema per misurare il corrente e l'onda nel fondale. Per questo sistema, bisogna avere subacquei. Per facilitare la loro intervento, è meglio di metterlo a meno di 30 metri. Il sistema è collegato con un cavo di trasmissione di dati tra lui e una stazione sulla terra per trasmettere i dati su un sito internet.

Per la misura del corrente e dei parametri sullo stato del mare, un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) come per esempio il V20 esiste. L'inclinazione, il capo, la temperatura dell'acqua al livello dello strumento per misurare il corrente e la pressione assoluta sono anche misurate.

Questo strumento per misurare il corrente e l'onda lunga può misurare anche i parametri sulle state del mare con il (« surface tracking »).

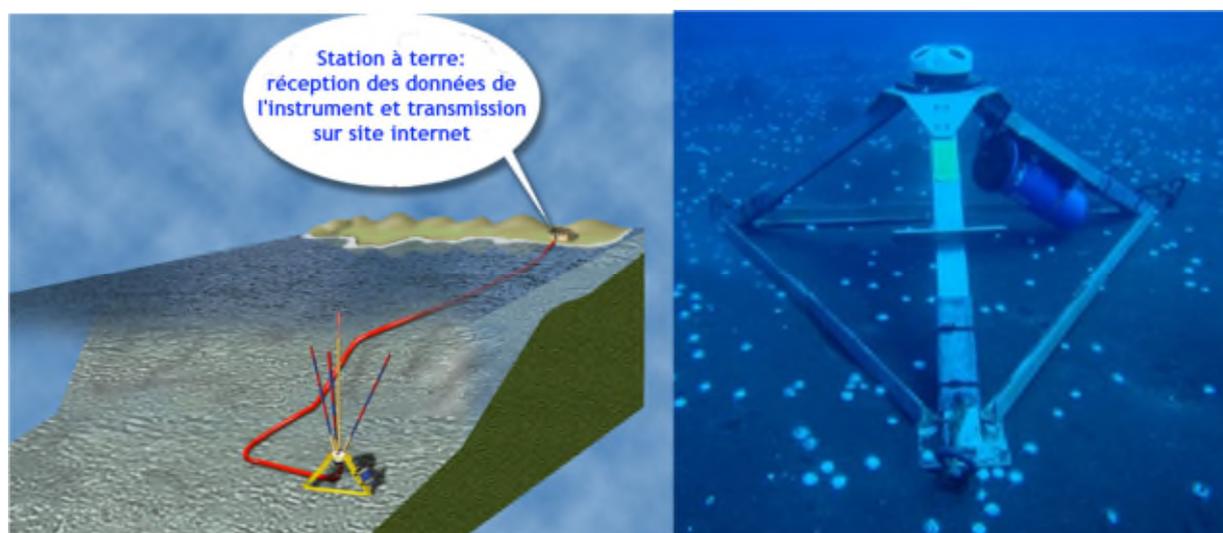


Figura 5-11 : Esempio

- Sistema 2 : Sviluppo di una boa al largo (fondali superiori a 30m) o a l'esteriore del canale di navigazione. Il sistema di tipo boa d'onda lunga permette la misura del corrente vicino alla superficie, avec trasmissione dei dati con GPRS.

Il sistema di misura dell'onda lunga è basato su degli accelerometri interni in cui uno verticale e due orizzontali.

La boa è fornita con un mezzo di segnalazione notturno e diurno rispettando la segnalazione marittima per i sistemi di dati a proposto dell'oceano.

L'ancoraggio di questo tipo di boa è costituito come sul schema in appresso.

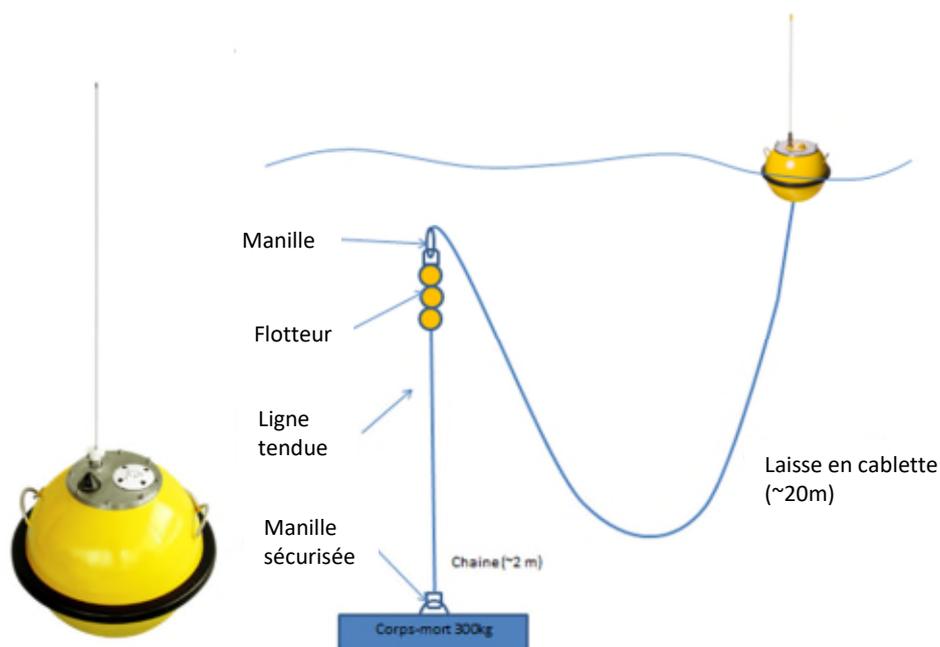
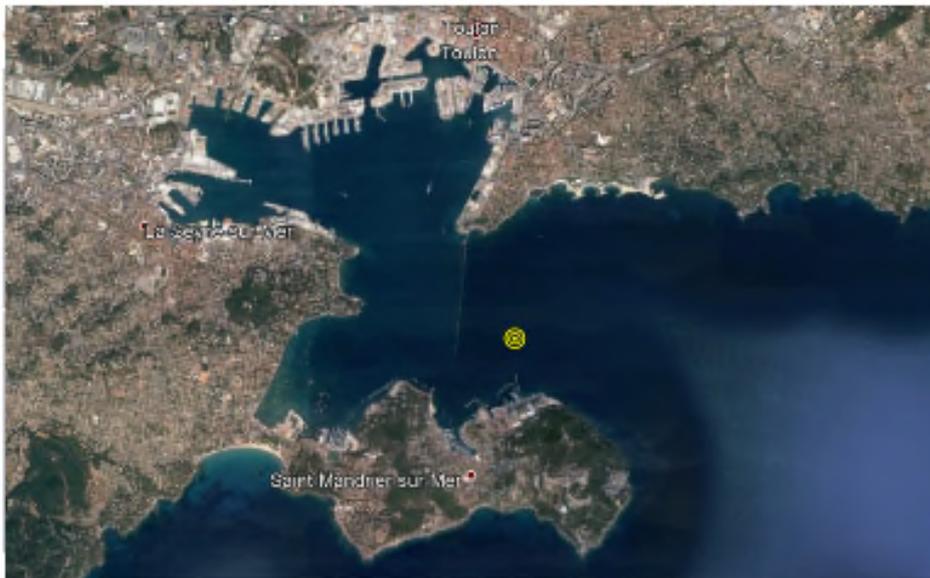


Figura 5-12 : Boa d'onda lunga DATAWALL

Con tutti i sistemi, i dati saranno disponibili con un sito internet e password in forma di grafici aggiornabile e con la possibilità di scaricare loro in forma di un documento testo.

Le misure saranno disponibile in tempo reale su un sito internet che permetterà :

- La memorizzazione dei dati ;
- La visualizzazione dei dati (cf. figure in appresso) ;
- La gestione degli alarmi (trasmessi con mail o messaggi a un elenco di destinatari scelti) a proposito di problemi con un sistema di serraggio, la mancanza di trasmissione dei dati o con l'alimentazione elettrica ;
- Il sito internet può avere una finestra « tempo reale » con il valore di ogni parametre ;
- Data e ore ;
- Posizione GPS ;
- Onda lunga (Altezza, periodo, direzione) ;
- Corrente a 1m sotto la superficie (velocità e direzione).



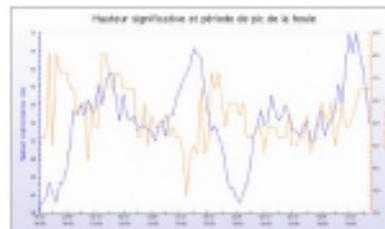
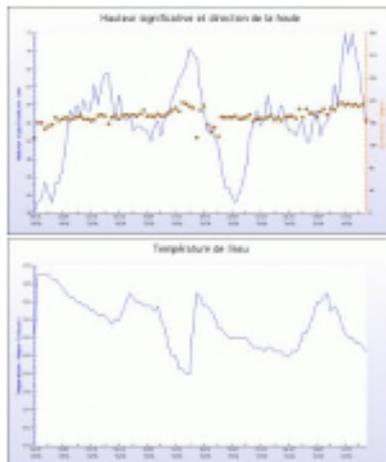
mercredi 17 juin 2015
09:40 à 10:06 GMT

hauteur significative 71 cm
 direction 212.3 °
 période de pic 7.14 s
 température de l'eau 22.25 °C
 hauteur maximale 118 cm

[Imprimer les graphiques](#)

Figura 5-13 : Pagina per visualizzare dei dati instantanei

CES DEUX DERNIERS JOURS...



mercredi 17 juin 2015
09:40 à 10:06 GMT

hauteur significative 71 cm
 direction 212.3 °
 période de pic 7.14 s
 température de l'eau 22.25 °C
 hauteur maximale 118 cm

[Imprimer les graphiques](#)

Figura 5-14 : Pagina per visualizzare l'evoluzione temporale delle misure su 2 giorni

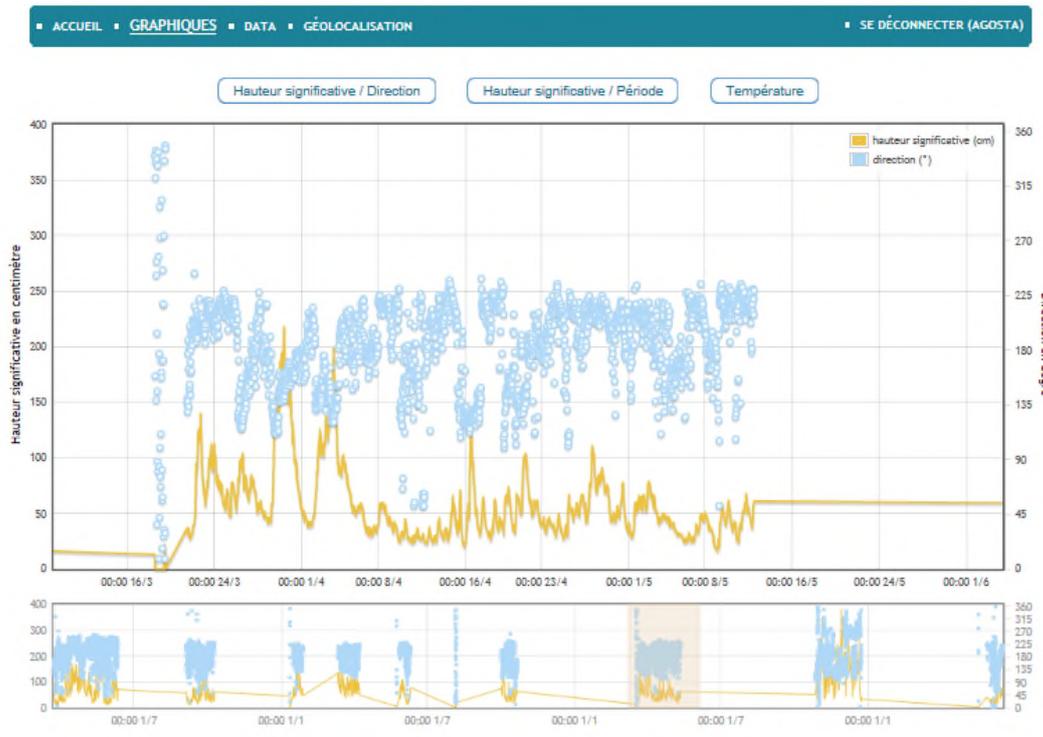


Figura 5-15 : Finestra di visualizzazione “evoluzione temporale”

L’azienda Ix Blue propone un’opzione che permette al cliente di evitare i problemi di assicurazione e riparazione del materiale. L’insieme del materiale sarà sotto la responsabilità del prestatore, lui deve avere un’assicurazione contro : intemperie, vandalismo, rapine, collisione...

Il prestatore assicura anche la sostituzione rapida del materiale difettoso.

Nota : È consigliato di avere della manutenzione semestrale per pulire e verificare il materiale, nonché una calibrazione della boa ogni 6 anni secondo il costruttore.

6 FASE 5 : MAPPATURA 3D DELLE POSIZIONI DEI SENSORI ATTUALI E FUTURI

Le figure seguenti presentano degli estratti della visualizzazione 3D del modello SIG.

La visualizzazione 3D è interattiva, è trasmessa su una chiave USB. Altre visualizzazioni 3D sono in **Allegato 2**.

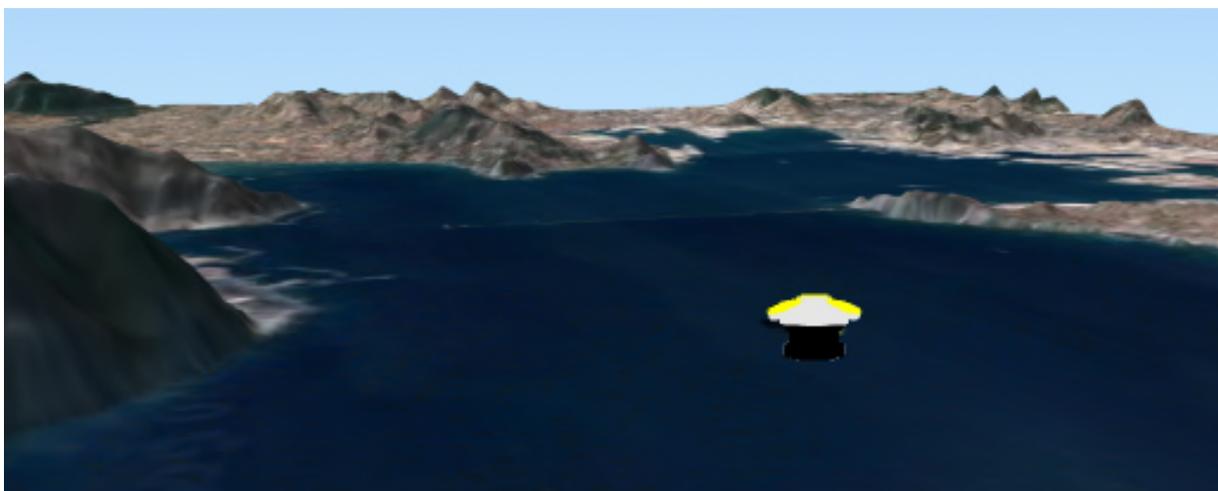
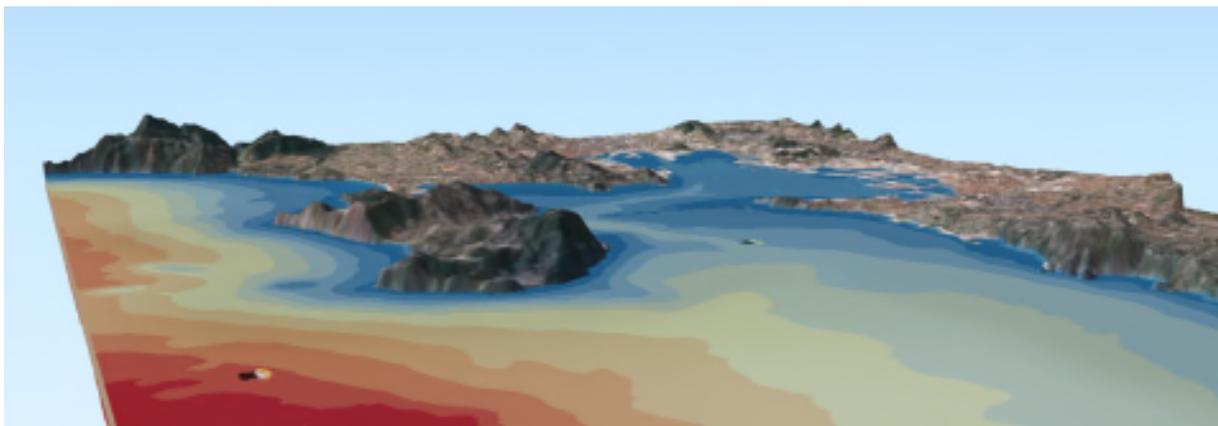
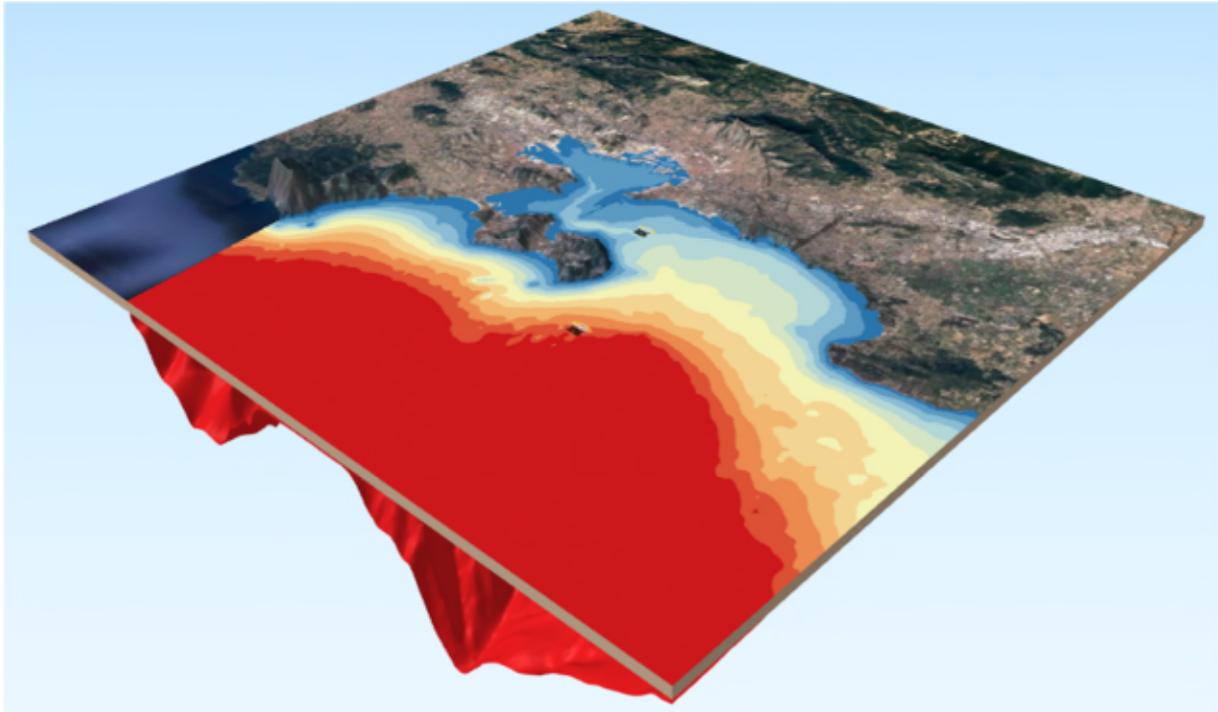


Figura 6-1 : Estrato di viste

7 FASE 6 : RACCOMENDAZIONI PER IL FUTURO DEL PROGETTO SINAPSI

7.1 Complemento ai sensori

Non sembra necessaria di effettuare più d'indagini per il momento per scegliere dei sensori nella grande rada. Due sensori saranno sufficiente per migliorare l'aiuta alla navigazione e anticipare le manovre.

Una volta che il sistema di visualizzazione delle misure in tempo reale è in atto, raccomandiamo che un modello digitale completa i dati misurati, e la sua trasmissione per informare gli utenti sulle condizioni delle onde lunghe intorno al sensore.

L'idea sarebbe che per ogni condizione tipo del largo, fare delle figure di propagazione (come sulla figura 7-1) per avere una vista dalla piccola rada fino al largo della grande rada accessibile per tutti.

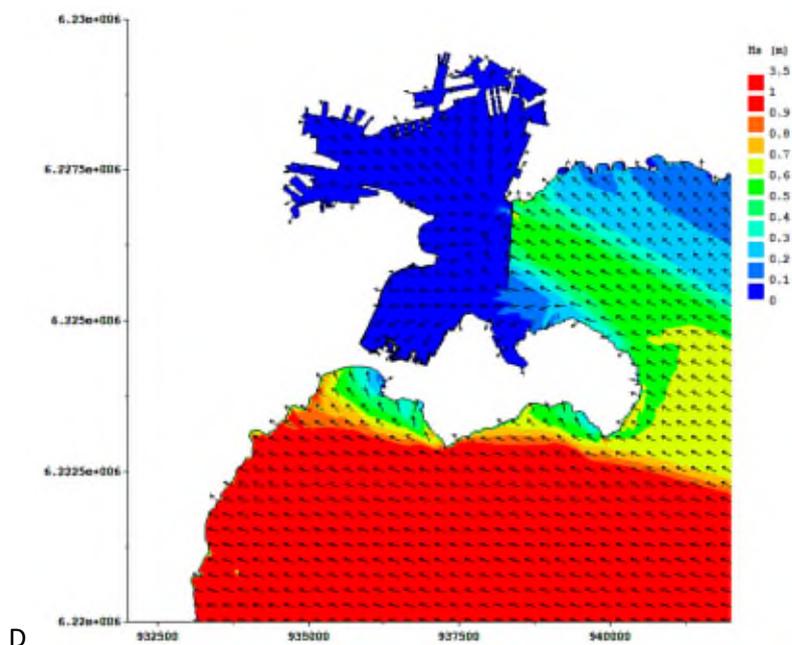


Figura 7-1 : Estrato del risultato del modellode la propagazione dell'onda lunga

Inoltre, l'installazione di strumentazione permanente e l'archiviazione contribuiranno alla conoscenza delle condizioni idrodinamiche nella rada e alla calibrazione di strumenti di misura come il radar HF e la futura modellazione digitale.

7.2 Trasmissione delle informazioni

La trasmissione delle informazioni misurate in tempo reale è molto importante per la navigazione. Ci sono varie possibilità per diffondere queste informazioni :

- Via TPM (Toulon Provence Méditerranée) :

Oggi la comune di TPM con il suo sito <https://www.ports-tpm.fr/meteo/> offre le misure de vento, temperature... con sensori presentati prima. Dunquè, si possono aggiungere i sensori d'onda lunga e di corrente per aiutare alla navigazione.

- Via il fornitore della strumentazione :

Le aziende Nortekmed e Ix Blue propongono vari mezzi delle misure, in parte per la loro strumentazione. Per esempio :

- Sito web
- AIS

- Via un fornitore di dati meteorologici

Nella fase 3, si è visto una presentazione di vari siti web. Alcuni propongono dati personalizzati. Un partenariato sarebbe possibile per avere i dati del sito web con quelli dei sensori.

- Via una applicazione specifica :

In questo caso, si deve sviluppare uno strumento solo per la trasmissione delle misure. Questo strumento potrebbe integrare anche dati disponibili con les stazione oceano meteorologiche.

Bisogna notare che i mezzi di trasmissione presentati prima, deve essere usato con utenti che conoscono questo dispositivo e che possono avere un accesso.

Un sito Web non è sufficiente, bisogna avere un altro mezzo di trasmissione. Per esempio la trasmissione via AIS sembra più interessante per le nave con passeggeri. Bisognerebbe usare AIS e il sito WEB soprattutto per le nave che vengono spesso nella zona.

7.3 Raccomendazioni

OCEANIDE propongue l'installazione d1 due sensori nella grande rada per misurare le condizioni de onda lunga del largo e del corrente (cf Figura 5-4).

Va ricordato che la misura dei correnti sarà integrata alla strumentazione : anche se sono deboli, si può essere interessante di conoscere loro per alcuni condizioni. Inoltre, la misura simultanea onda lunga+corrente è inclusa nella boa, non costa più soldi.

OCEANIDE suggeriva per alcuni condizioni classiche del largo di produrre delle figure di propagazione (come si vade sopra) in ordine che tutta la gente può avere l'informazione della boa e della vista del campo onde corrispondante dalla piccola rada fino al largo della grande rada. Questi dati possono essere ottenuti da modelli esistenti all'Università di Tolone e/o OCEANIDE per esempio.

OCEANIDE raccomanda di proporre nell'applicazione web un servizio che integra anche i dati de vento, livello dell'acqua, corrente... Disponibili pubblicamente e con una alta qualità.

A proposito della trasmissione dei dati, OCEANIDE propone l'installazione di 2 mezzi :

- Il primo sarà considerato come una trasmissione "istantanea" (informazione puntuale) via AIS. L'obiettivo è di dare informazioni a tutte le nave arrivando sulla zona ;
- Il secondo sarà considerato come una trasmissione "permanente" (informazione solo con richiesta), via un sito web e/o un'applicazione a disposizione per gli utenti per fornire numerose informazioni nonché dati anteriori...

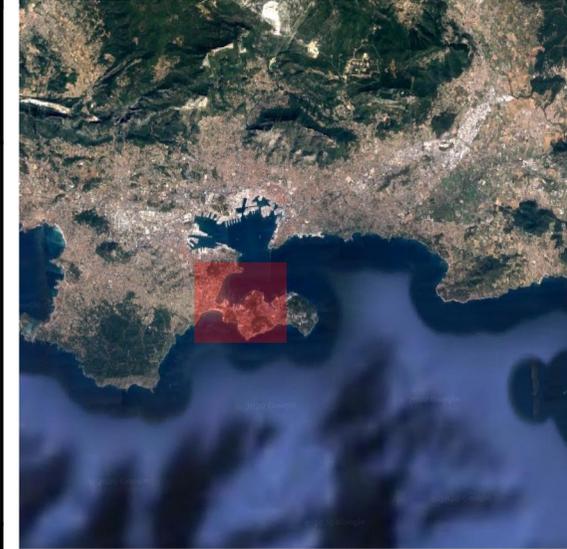
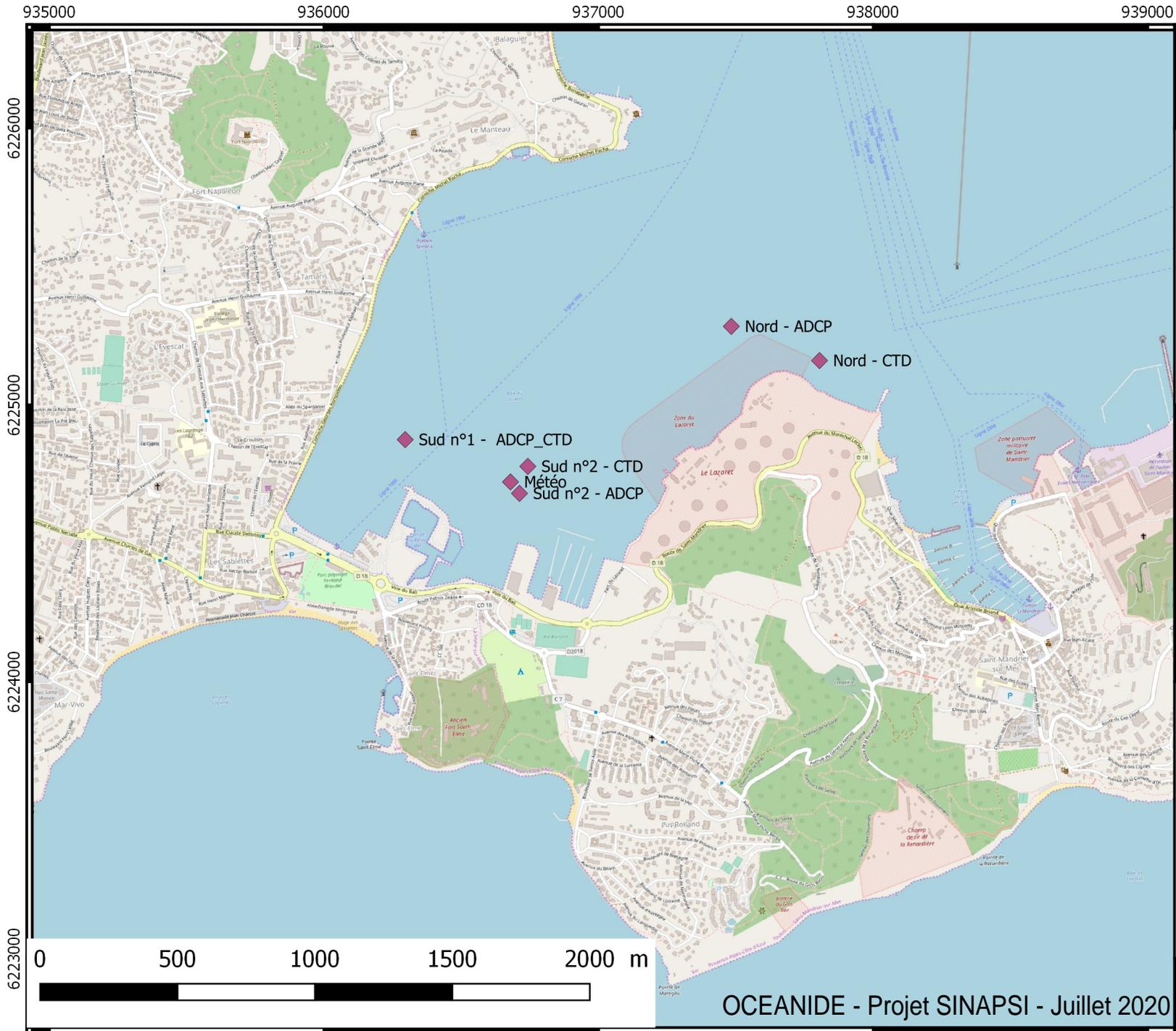
Per la trasmissione "istantanea" il principio di trasmissione serà a precisare con le autorità competente.

Per la trasmissione "permanente", OCEANIDE raccomanda l'uso di strumenti web sviluppati dal fornitore della strumentazione. Questo assicura la qualità della misura e la sua diffusione , nonché il buon funzionamento della strumentazione (stand by assicurato). Questo permetterà anche di comunicare sulla presenza del dispositivo ai utenti via i siti di TPM, della città di Toulon...

Annexe 1 :

Cartes extraites du modèle SIG

Rade de Toulon - Capteurs de la baie du Lazaret (campagne 2018)



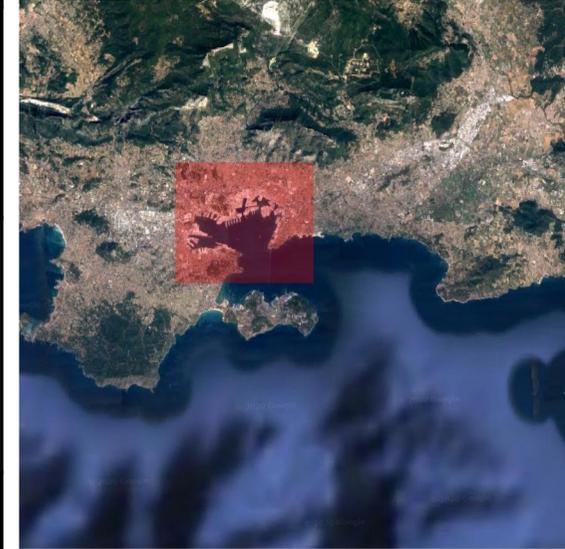
Légende

Litto3D2015

◆ Baie-Lazaret

OSM Standard

Rade de Toulon - Capteurs permanents de la rade de Toulon



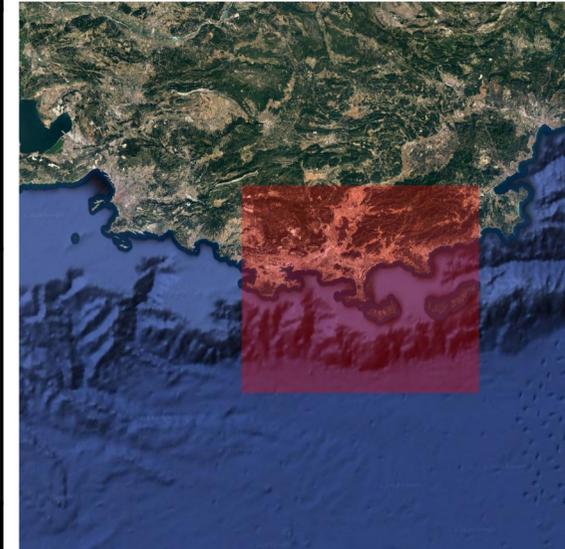
Légende

Litto3D2015

◆ Ports-tpm

OSM Standard

Rade de Toulon - Radar HF au large de la rade de Toulon



Légende

Litto3D2015

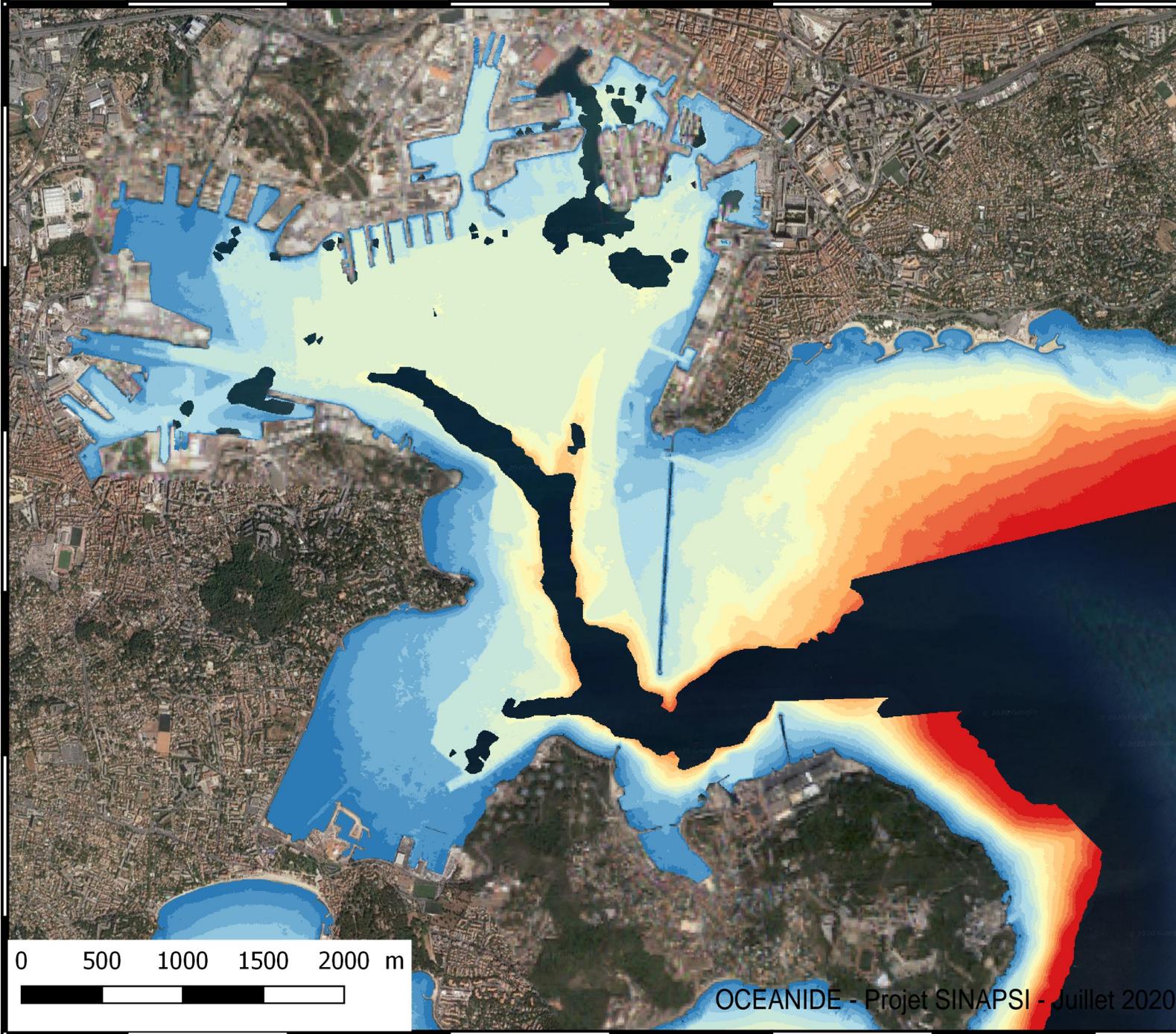
◆ Univ-toulon

OSM Standard

Rade de Toulon - Bathymétrie Litto 3D PACA

935000 936000 937000 938000 939000 940000 941000

6229000
6228000
6227000
6226000
6225000
6224000



LEGENDE

Litto3D2015_Fusion

- <= -30
- -30 - -28
- -28 - -26
- -26 - -24
- -24 - -22
- -22 - -20
- -20 - -18
- -18 - -16
- -16 - -14
- -14 - -12
- -12 - -10
- -10 - -8
- -8 - -6
- -6 - -4
- -4 - -2
- -2 - 0

Bathymétrie MNT Golfe du Lion

930000 940000 950000 960000 970000 980000

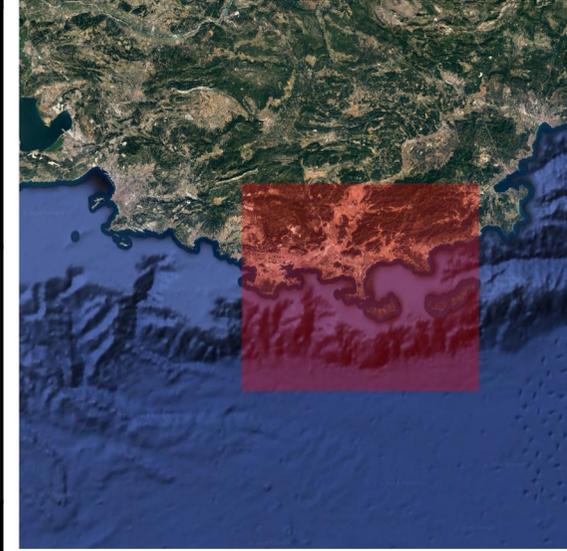
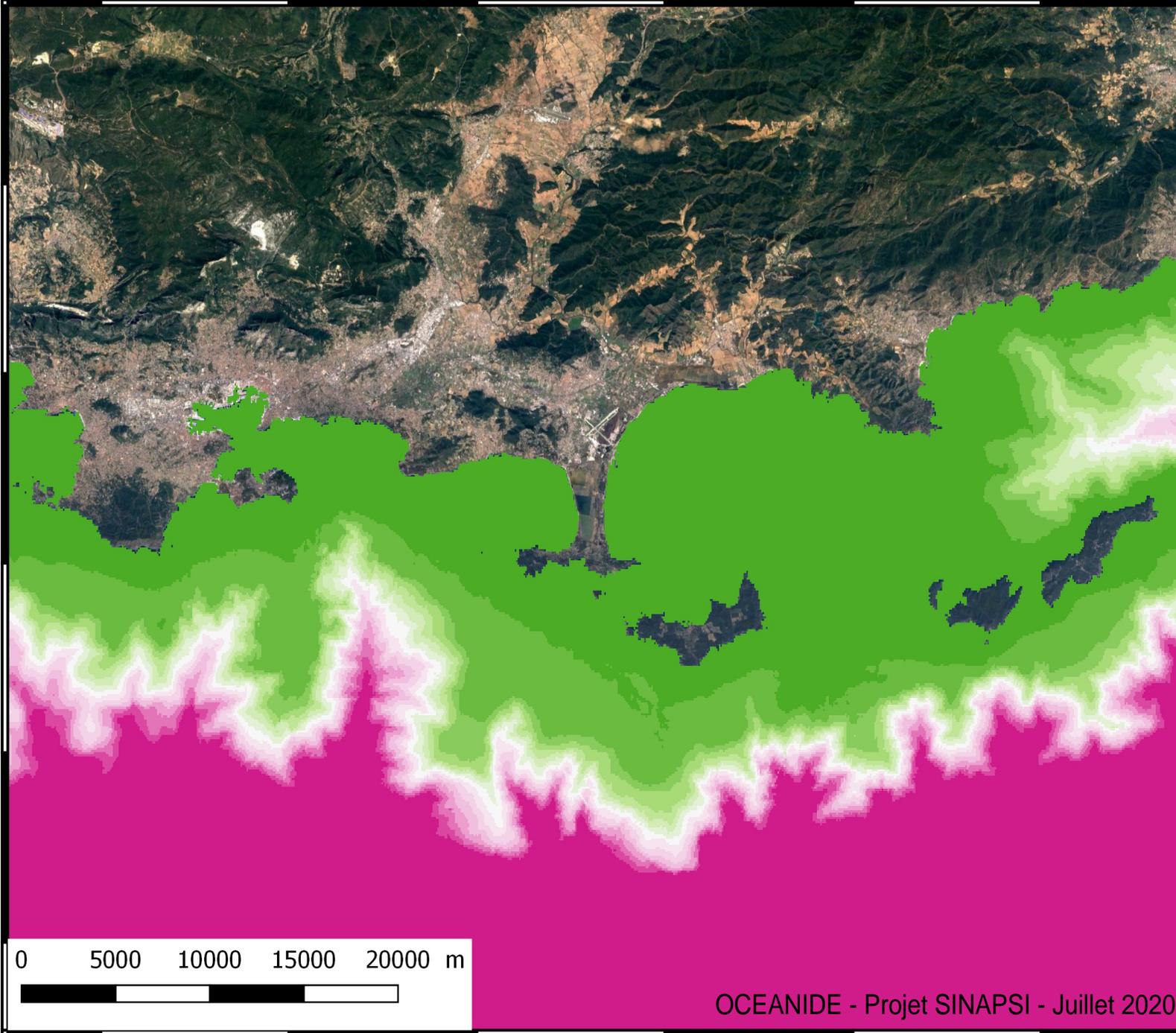
6240000

6230000

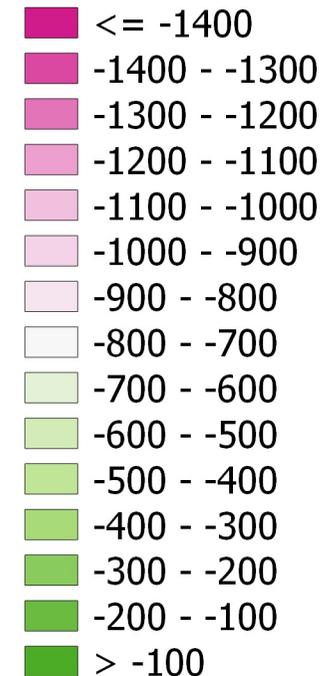
6220000

6210000

6200000



MNT_MED100m_EPSG2154_NM



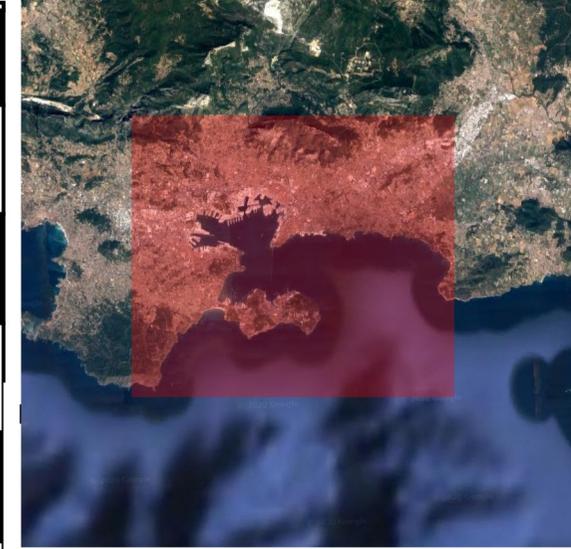
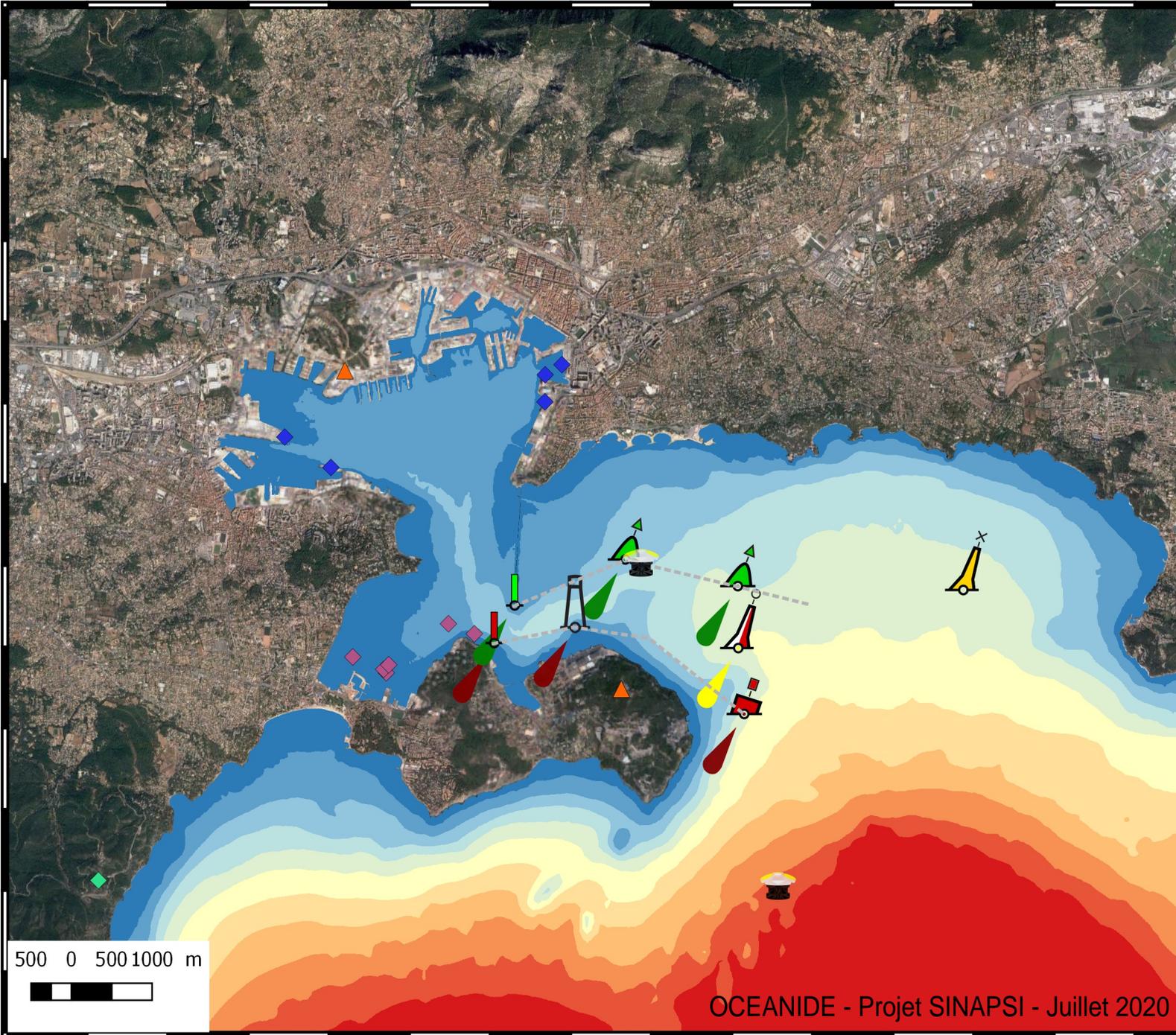
Google Satellite

OCEANIDE - Projet SINAPSI - Juillet 2020

Rade de Toulon - position des capteurs : existants, passés, proposés

933000 934000 935000 936000 937000 938000 939000 940000 941000 942000 943000 944000 945000 946000

6232000
6231000
6230000
6229000
6228000
6227000
6226000
6225000
6224000
6223000
6222000
6221000



Bathymétrie (m NGF)



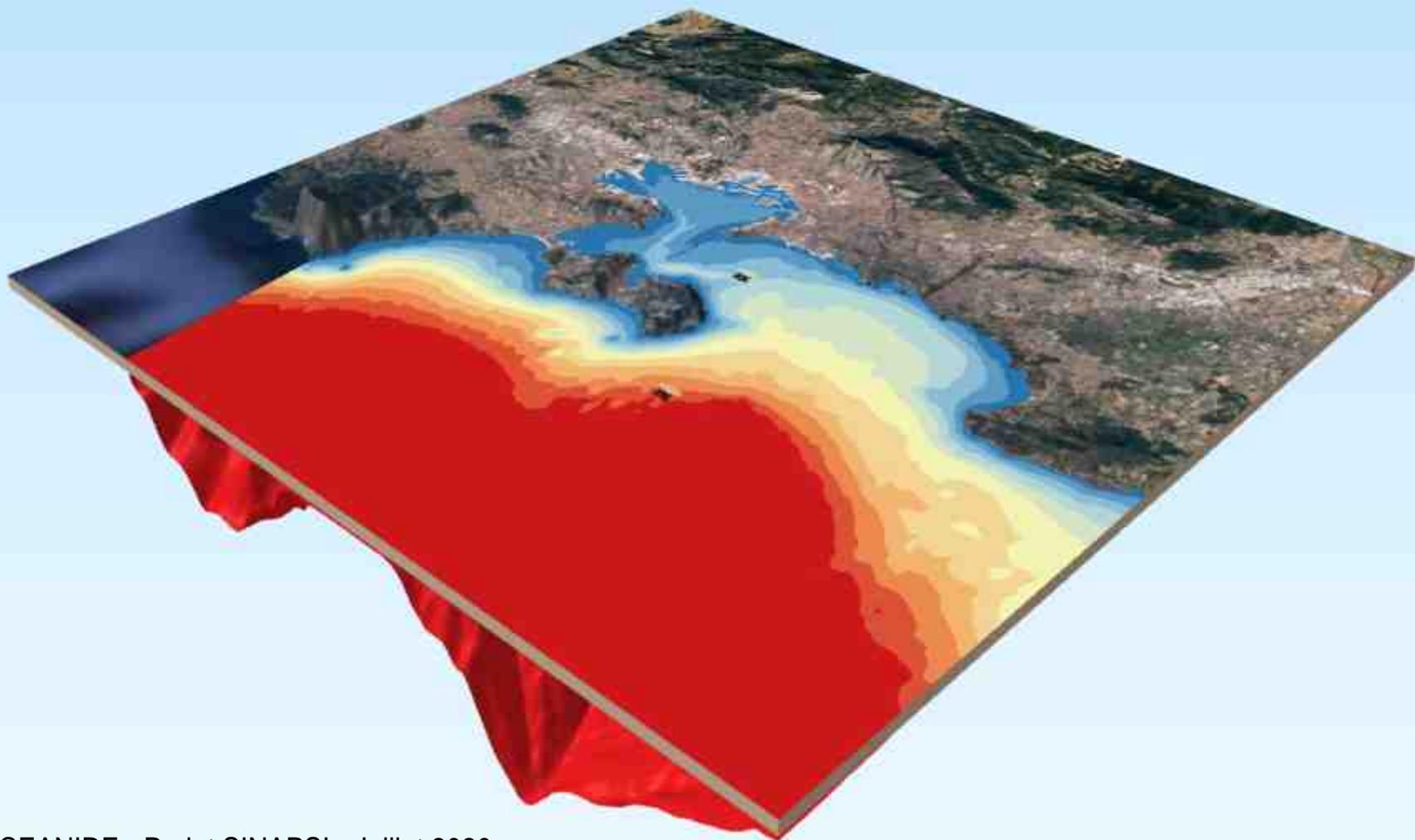
- CapteursProposes
- Capteurs/Mesures**
- Baie-Lazaret
- Univ-toulon
- Ports-tpm
- StationMeteoFrance**
- ToulonArsenal
- CapCepet

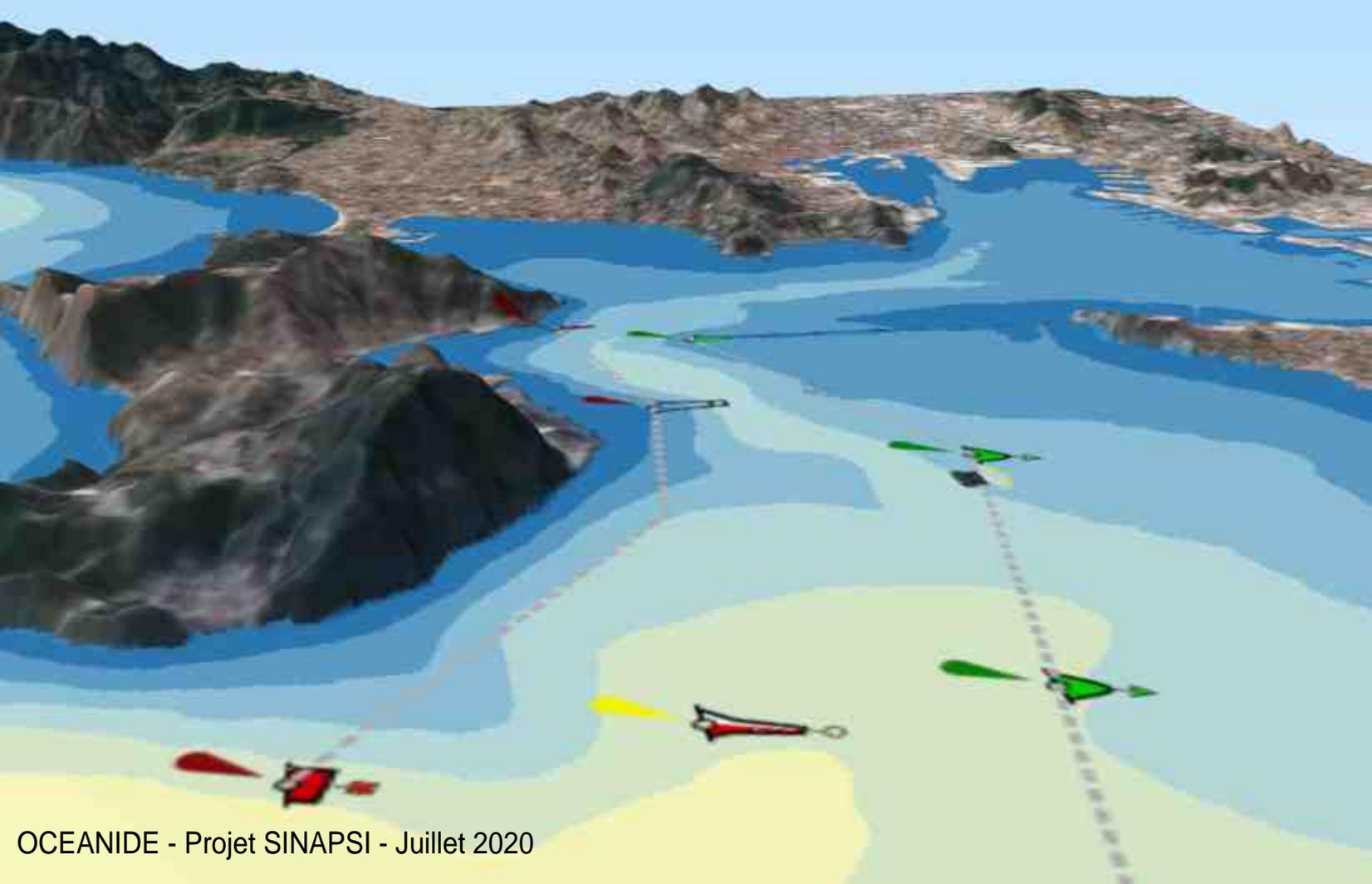


Annexe 2 :

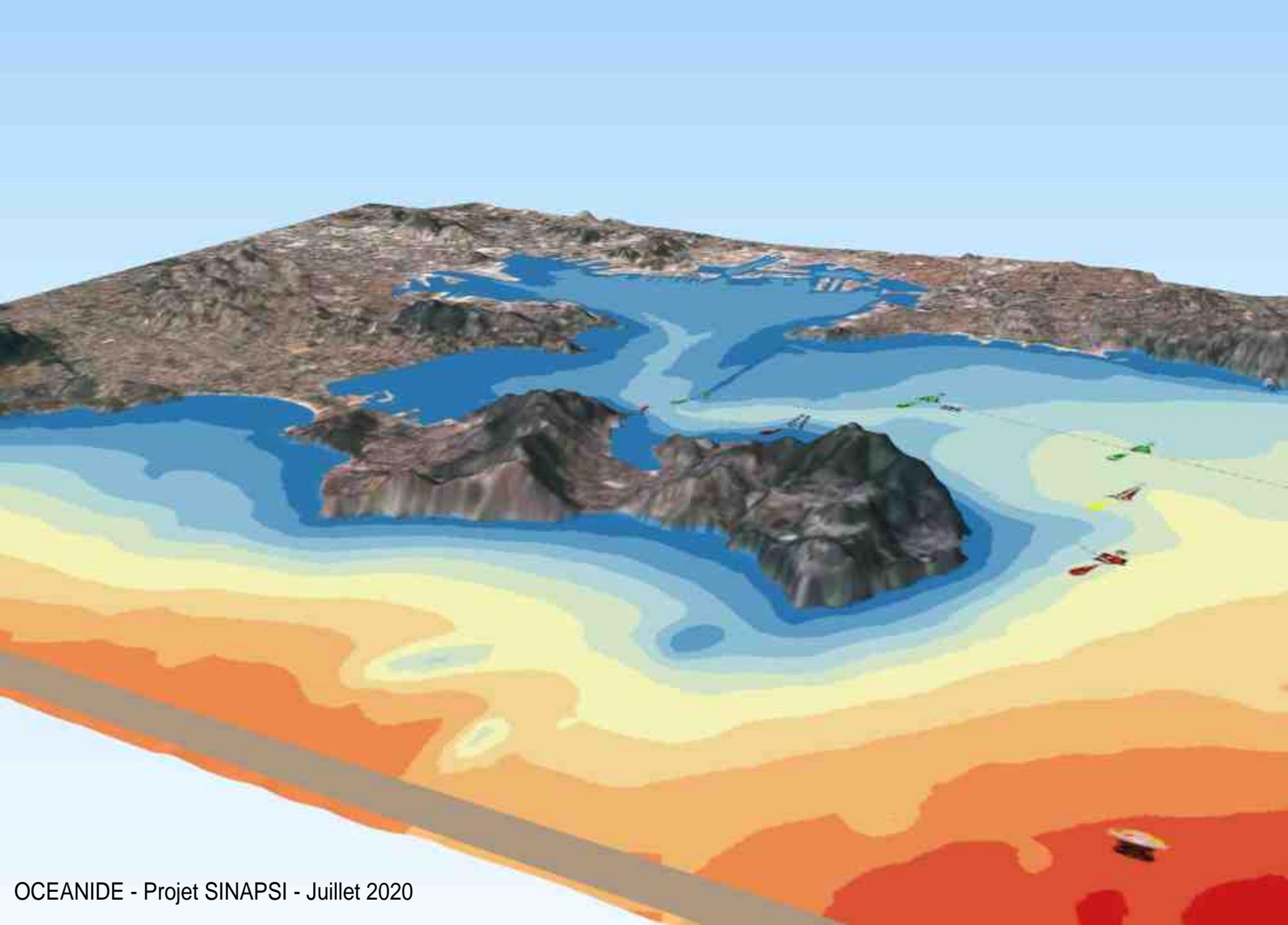
Vues 3D

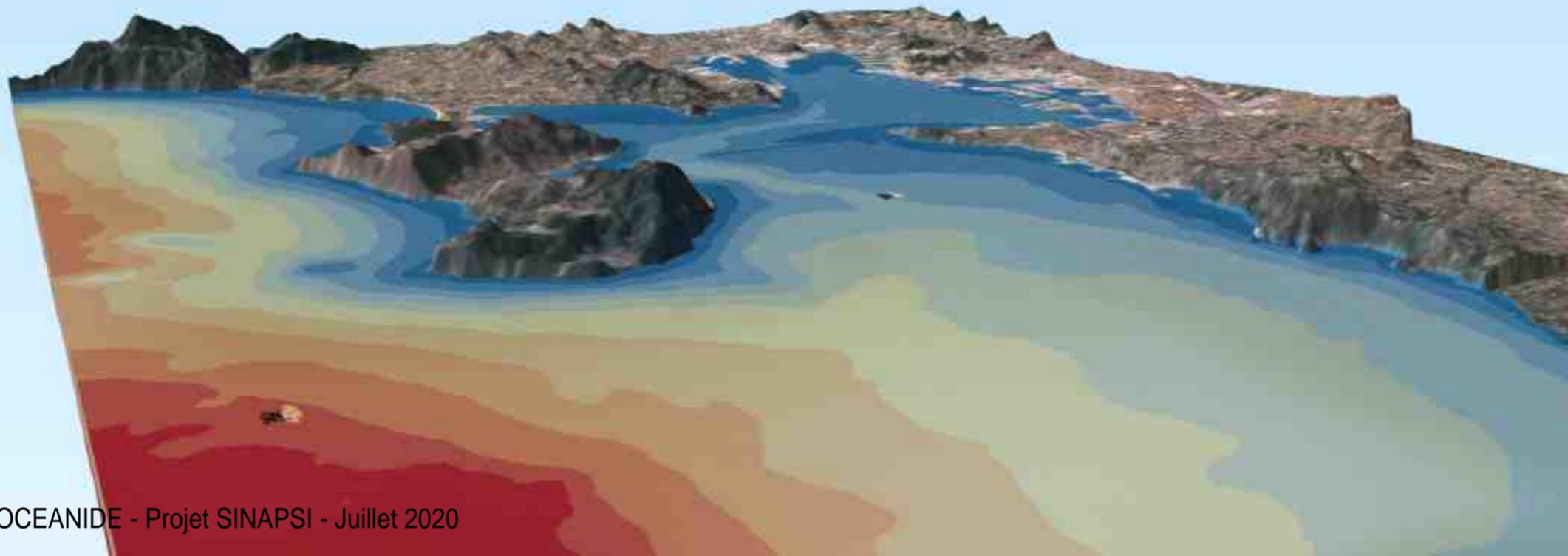


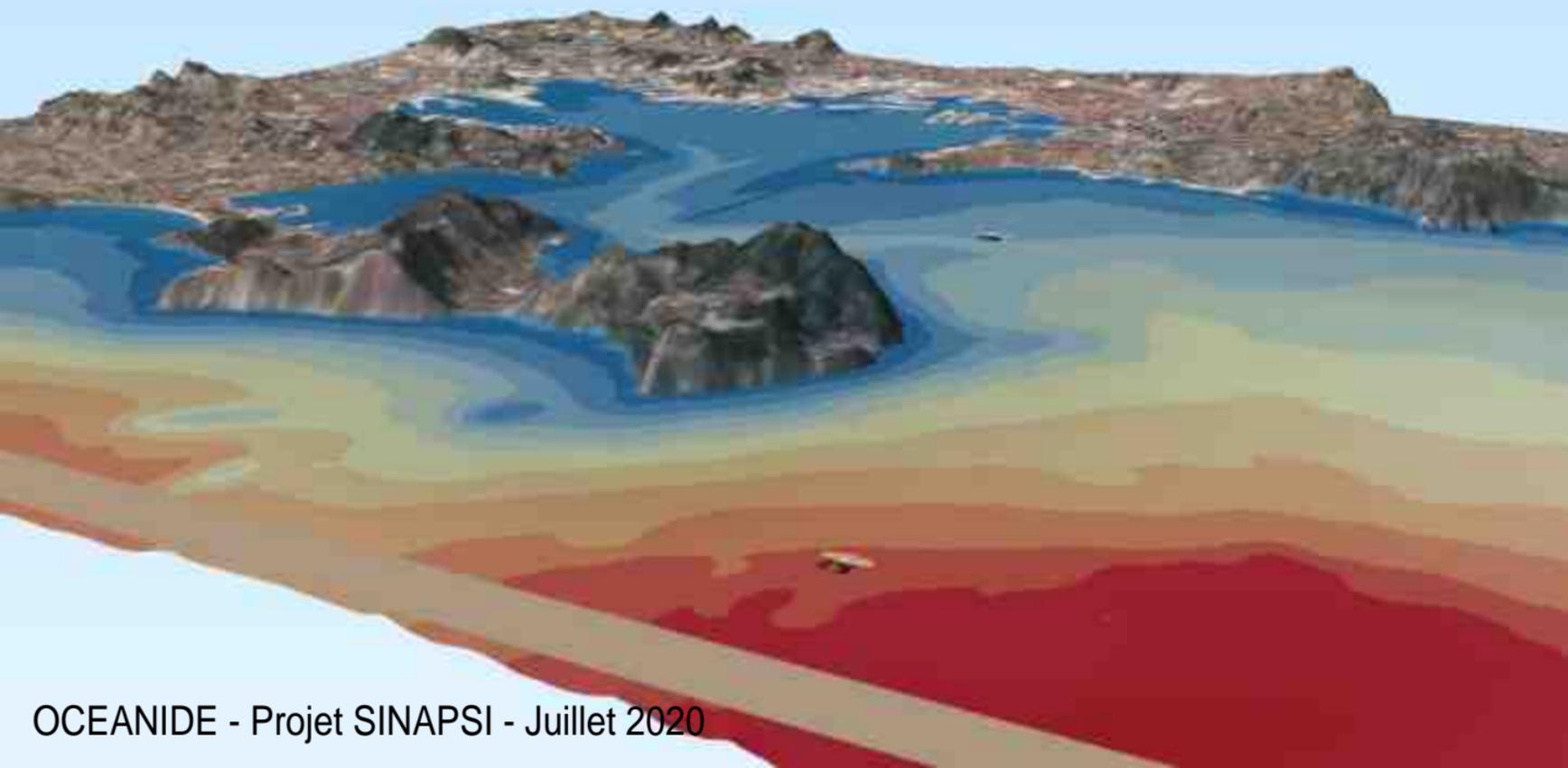




OCEANIDE - Projet SINAPSI - Juillet 2020







OCEANIDE - Projet SINAPSI - Juillet 2020

