



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Prodotto - Livrable T 2.2.3

Rapporto di analisi dati meteo-oceanografici,
di posizionamento ed ecosistemici da
piattaforma mobili - Rapport méthodologique
sur l'intégration des réseaux d'observations
dans l'espace de coopération transfrontalier

Data prevista - Date prévue : 30/11/2019

Data di consegna - Date d'échéance: 30/11/2019

Versione - Version : V1.2



Informazioni generali sul documento / Informations générales sur le document	
Componente / Composante	T2 - Tecnologie abilitanti e reti di sorveglianza per la sicurezza in mare
Attività/Activité	Attività T2.2 - Integrazione e implementazione dei sistemi di monitoraggio da piattaforma mobile
Prodotto/Livrabile	T2.2.3
Nome Documento / Nom Document	<p>“Prodotto T2.2.3: Rapporto di analisi dati meteo-oceanografici, di posizionamento ed ecosistemici da piattaforma mobile” /</p> <p>“Livrabile T2.2.3 : Rapport d'analyse de données météorologiques, océanographiques, de positionnement et d'écosystème à partir d'une plateforme mobile “</p>

Processo di approvazione / Procédure d'approbation				
	Nome/Nom	Ente/Établissement	Data/Date	Visto/Vu
CP Leader/ CP Leader	Annalisa Griffa	CNR	GG/MM/AA JJ/MM/AA	

Processo di revisione / Procédure de révision			
Revisione/ Révision	Autore/Auteur	Data Rev./ Date Rév.	Modifiche/Modifications
V1.0	Bartolomeo Doronzo, Carlo Brandini (Consorzio LaMMA)	04/11/2019	Bozza
V1.1	Bartolomeo Doronzo, Carlo Brandini (Consorzio LaMMA), Andrea Cucco, Alberto Ribotti (CNR-IAS)	07/11/2019	Prima versione



V1.2	Bartolomeo Doronzo, Carlo Brandini, Stefano taddei (Consorzio LaMMA), Andrea Cucco, Alberto Ribotti (CNR-IAS) Paola Tepsich, Anna Borroni, Elise Lahaye (Fondazione CIMA)	30/11/2020	Integrati contributi tutti i partner
------	---	------------	--------------------------------------

1 Sommario/ Résumé

Data prevista - Date prévue :	30/11/2019	1
Data di consegna - Date d'échéance:	28/11/2019	1
Versione - Version :	V1.2	1
Introduzione/Introduction		3
1 Analisi di dati meteo-oceanografici/ Analyse des données météo-océanographiques		5
1.1 Esperimento con drifter a settembre 2018 / Expérience avec des drifter en septembre 20185		
Metodologia / <i>Méthodologie</i>		5
Condizioni meteorologiche locali nei primi giorni dell'esperimento / Conditions météorologiques locales dans les premiers jours de l'expérience		9
Breve analisi dei dati lagrangiani / Brève analyse des données lagrangiennes		11
1.2 Dati pregressi / <i>Données passées</i>		22
Dati storici / <i>Données historiques</i>		22
Progetto SOS Bonifacio / <i>Projet SOS Bonifacio</i>		29
Dati dai drifter / <i>Drifter data</i>		35
Misure meteorologiche / <i>Mesures météorologiques</i>		60
Misure mareografiche / <i>Mesures mareographic</i>		85
Misure correntometriche / <i>Mesures courantmétriques</i>		97
Misure con ADCP a scafo / <i>Mesures avec ADCP de la coque</i>		106
Misure con ADCP su motovedetta / <i>Mesures avec ADCP sur un bateau de patrouille</i>		115
2 Piattaforma mobile del Consorzio LaMMA - il WAVE GLIDER/ Plateforme mobile du Consortium LaMMA - le WAVE GLIDER		141
2.1 Descrizione/ <i>Description</i>		141
2.2 Sensori installati a bordo/ <i>Capteurs installés à bord</i>		143



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Sensore CTD e Ossigeno Disciolto (CTD-DO)/ Capteur CTD et oxygène dissous	144
Correntometro acustico ADCP/ Compteur de courant acoustique ADCP.....	144
Sensore di moto ondoso/ Capteur de mouvement des vagues	145
Stazione meteorologica/ Station météorologique	146
Fluorimetro/ fluorimètre.....	146
Altri strumenti/ <i>Autres outils</i>	147
2.3 Sistema di comunicazione/ Système de communication	147
2.4 Campagne oceanografiche/ Campagnes océanographiques.....	148
Missione 'Aretusa'/ Mission 'Aretusa'	148
Missione '5 Terre'/ Mission '5 Terre'	152
Missione 'Bonifacio'/ Mission 'Bonifacio'	158
Missione 'Bastia'/ Mission 'Bastia'	164
3 Campagne di misura a cura di Fondazione CIMA/ Campagnes de mesure de Fondazione CIMA	169
3.1 Materiali e Metodi / Matériel et méthodes	170
3.2 Risultati / Résultats.....	174



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Introduzione/Introduction

L'obiettivo di questo rapporto è quello di analizzare i dati rilevati dagli strumenti di misura installati sulle navi e sui veicoli marini autonomi utilizzati nel progetto. La raccolta di dati metomarinari, oceanografici ed ecosistemici, sia in tempo reale che in tempo differito, è importante per il monitoraggio dello stato del mare ma anche per la validazione e calibrazione dei modelli numerici su cui poggiano una parte dei servizi di interesse per la sicurezza della navigazione. In questo senso i dati da piattaforma mobile sono complementari ai dati in-situ tradizionali perché, per quanto non sempre disponibili per uno stesso punto, permettono di eseguire misure su tratti di mare molto più estesi (es. lungo le rotte delle navi) oppure su zone di interesse ma difficilmente raggiungibili oppure non sufficientemente descritte dai dati in-situ o da satellite (es. aree costiere).

Nella fase attuale, non sono ancora disponibili i dati provenienti dalle campagne previste nel progetto SICOMAR plus (es. le campagne del Wave Glider) né i dati di alcuni degli strumenti previsti per il monitoraggio in near-real time dei parametri relativi allo stato del mare (quali Ferrybox, dati delle motovedette, stazioni meteo sulle navi); il contenuto di tale rapporto, dunque, potrà essere integrato quando tutti i dati saranno disponibili, le campagne di acquisizione in corso saranno completate e i dati corrispondenti analizzati.

In questo rapporto, quindi, saranno descritti soltanto gli aspetti metodologici di utilizzo di alcuni degli strumenti adottati e alcune analisi dei relativi dati. Dopo una breve descrizione degli strumenti utilizzati, pertanto, verranno illustrate alcune precedenti campagne e discussi i dati acquisiti nell'ambito di esse.



L'objectif de ce rapport est d'analyser les données collectées par les instruments de mesure installés sur les navires et sur les véhicules autonomes marins utilisés dans le projet. La collecte de données métomarines, océanographiques et écosystémiques, à la fois en temps réel et en temps différé, est importante pour le suivi de l'état de la mer mais aussi pour la validation et des modèles numériques sur lesquels repose une partie des services d'intérêt pour la sécurité de la navigation. En effet, les données des plate-formes mobiles sont complémentaires aux données in situ traditionnelles car, bien qu'elles ne soient pas toujours disponibles pour le même point, elles nous permettent d'effectuer des



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

mesures sur des étendues de mer beaucoup plus grandes (par exemple le long des routes maritimes) ou sur les zones d'intérêt qui sont difficiles à atteindre ou pas suffisamment décrites par les données in-situ ou satellitaires (par exemple, dans les zones côtières).

Dans la phase actuelle, les données des campagnes envisagées dans le projet SICOMAR plus (ex: campagnes Wave Glider) ne sont pas encore disponibles, ainsi que les données de certains des outils prévus pour le mesures en temps quasi réel des nombreux paramètres marines (Ferrybox en bord des bateaux, données des bateaux de surveillance, stations météorologiques sur les navires, ...); par conséquent, le contenu de ce rapport peut être intégré lorsque toutes les données seront disponibles, les campagnes d'acquisition en cours seront terminées et les données correspondantes analysées.

Pour cette raison, dans ce rapport, on va parler seulement de certaines aspects méthodologiques sur l'utilisation des outils adoptés et des certaines analyses des données connexes. Après une brève description des outils utilisés, on va discuter principalement des données recueillis par certaines campagnes précédentes.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Contributo del CNR-IAS

1 Analisi di dati meteo-oceanografici/ Analyse des données météorologiques

1.1 Esperimento con drifter a settembre 2018 / Expérience avec des drifter en septembre 2018

Nell'ambito del Task 2.2.3, a fine settembre 2018 è stato pianificato e portato a termine un esperimento di misura delle correnti superficiali nel Golfo dell'Asinara e Bocche di Bonifacio (nord Sardegna). L'area è stata scelta in quanto interessata dal modello numerico da implementare nell'ambito delle Attività 3.1-2-3-4, Componente 3.1 del progetto. I dati acquisiti sono stati quindi utilizzati per una prima validazione della componente di circolazione superficiale ottenuto dal modello numerico.



Dans le cadre de la tâche 2.2.3, à la fin de septembre 2018 une expérience de mesure des courants de surface dans le golfe d'Asinara et à Bocche di Bonifacio (nord de la Sardaigne) a été planifiée et complétée. La zone a été choisie comme étant intéressée par le modèle numérique à mettre en œuvre dans le cadre des activités 3.1-2-3-4, composante 3.1 du projet. Les données acquises ont ensuite été utilisées pour une première validation de la composante de circulation de surface obtenue à partir du modèle numérique.

Metodologia / Méthodologie

Per l'esperimento di acquisizione dei dati di circolazione superficiale sono state utilizzate 10 boe lagrangiane superficiali (o drifter) di due diverse tipologie (in figura 1 quella GSM), lanciate dalla N/O G. Dallaporta del Consiglio Nazionale delle Ricerche durante la campagna oceanografica denominata Ichnussa2018 prevista tra il 20 settembre (imbarco a Trapani) ed il 3 ottobre 2018 (sbarco a Piombino). Purtroppo, a causa di condizioni meteo-marine avverse la campagna ha subito la cancellazione di una parte dell'attività prevista.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Le boe utilizzate erano a trasmissione GSM o satellitare. Le prime appartengono alla categoria Coastal Nomad B mentre quelle satellitari alla categoria Offshore Nomad D.

Sono realizzate entrambe dalla ditta spagnola SouthTEK Sensing Technologies S.L.. Sono entrambe di plastica, colore giallo e di dimensione 72,0x22,0x22,0 cm (HxLxP) e peso 2,895 Kg (figura 1). Quando sono immerse in acqua è visibile solo la testa gialla di circa 20 cm con striscia riflettente color argento/rosso della larghezza di 7,5 cm. Le batterie al litio permettono un loro funzionamento fino 7 giorni per quelle GSM e fino a 12 mesi quelle satellitari, a seconda della frequenza di acquisizione del dato di posizione e della sua trasmissione (figura 2).

La nave utilizzata G. DALLAPORTA (IMO: 9250062, MMSI: 247183400) è una nave Nave Oceanografica costruita nel 2001 che naviga attualmente sotto bandiera italiana. Ha una lunghezza di 35.70 m, una larghezza di 7,67 m ed un pescaggio di 3.5 m. Ha un equipaggio di 8 persone e può imbarcare fino a 12 unità di personale scientifico.

Le dieci boe sono state lanciate nel Golfo dell'Asinara e nelle Bocche di Bonifacio (figura 3 e tabella 1). Dopo l'acquisizione i dati di posizione di ciascuna boa sono salvati in formato testo (TXT) mentre i tracciati in formato KMZ per la visualizzazione con Google Earth™. Sono quindi pre-processati per eliminare spike (posizioni errate) e definire inizio e fine dell'esperimento con precisione.



Fig.1: Boa GSM con striscia riflettente color argento a sinistra e vela a destra (credits: <http://www.southteksl.com/>)/ Bouée GSM avec une bande réfléchissante argentée à gauche et une voile à droite (crédit: <http://www.southteksl.com/>)

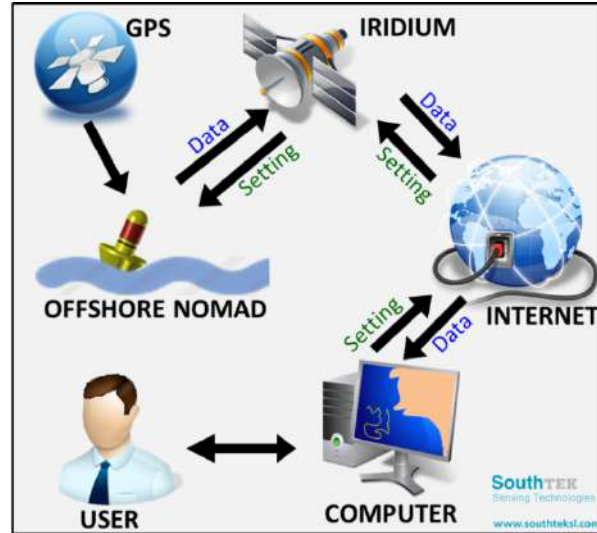


Fig.2: Schema di acquisizione e trasmissione dei dati di posizione di una boa satellitare (credits: <http://www.southteksl.com/>) / Schéma d'acquisition et de transmission des données de position d'une bouée satellite (crédits: <http://www.southteksl.com/>)

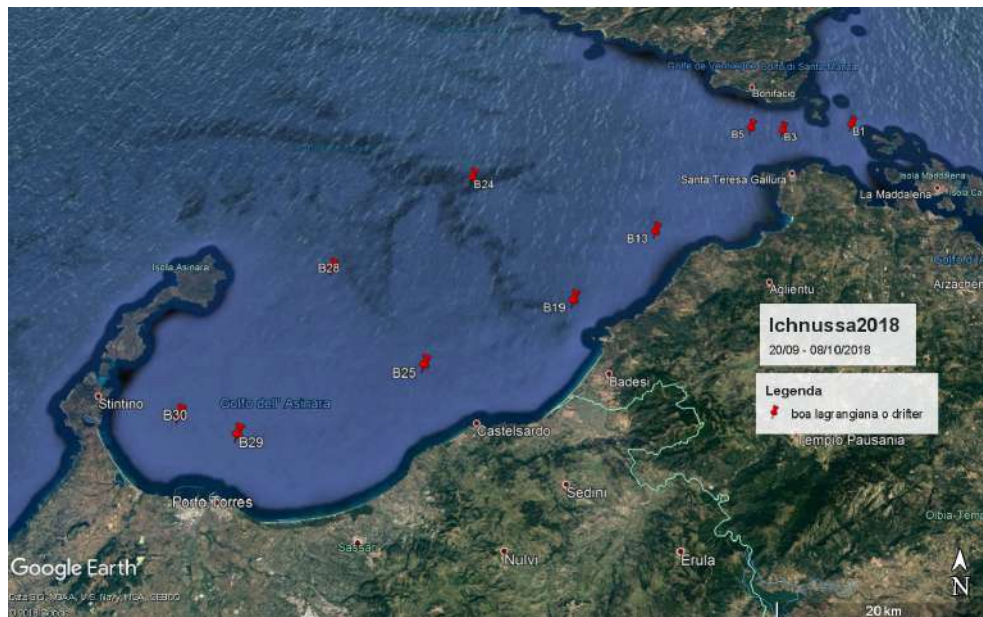


Fig.3: Mappe dei punti di rilascio delle boe lagrangiane / Cartes des points de rejet des bouées lagrangiennes



Tab. 1. Elenco delle boe utilizzate in ordine temporale (UTC) crescente di lancio / *Liste des bouées utilisées dans l'ordre temporel (UTC) croissant de lancement*

n. lancio/n. de lancement	ID boa	latitudine/ latitude [° N]	longitudine/ longitude [° E]	Ora/temps [UTC]	Tipo di boa/Type de bouée
B1	LCA00132	41° 19.17655'	9° 18.43241'	08:51	GSM
B3	LCE00236	41° 18.56306'	9° 11.57414'	09:30	satellitare
B5	LCE00349	41° 18.81897'	9° 8.56280'	09:43	satellitare
B13	LCA00076	41° 5.80856'	8° 30.00686'	11:00	GSM
B19	LCA00111	41° 8.95226'	8° 57.92475'	12:00	GSM
B25	LCA00120	41° 3.38698'	8° 50.38213'	13:07	GSM
B29	LCA00125	41° 13.76242'	8° 41.73607'	14:00	GSM
B30	LCA00127	40° 58.61697'	8° 38.37444'	14:45	GSM
B28	LCE00351	40° 54.02636'	8° 24.78903'	15:56	satellitare
B24	LCE00234	40° 55.20458'	8° 20.07615'	17:15	satellitare



Pour l'expérience d'acquisition de données sur la circulation superficielle, 10 bouées lagrangiennes (ou bouées dérivantes) superficielles de deux types différents ont été utilisées (dans la Figure 1, celle du GSM), lancées par le N / O G. Dallaporta du Conseil national de la recherche au cours de la campagne océanographique nommée Ichnussa2018 prévue entre le 20 septembre (embarquement à Trapani) et le 3 octobre 2018 (atterrissage à Piombino). Malheureusement, en raison de conditions météorologiques défavorables et du mauvais état des mers, la campagne a été annulée en partie.

Les bouées utilisées étaient des transmissions GSM ou par satellite. Les premiers appartiennent à la catégorie Coastal Nomad B, tandis que les satellites appartiennent à la catégorie Offshore Nomad D.

Les deux sont fabriqués par la société espagnole SouthTEK Sensing Technologies S.L .. Ils sont tous deux en plastique, de couleur jaune et de 72,0x22,0x22,0 cm (HxLxP) et pèsent 2,895 kg (figure 1). Lorsqu'elle est immergée dans l'eau, seule la tête jaune d'environ 20 cm est visible avec une bande réfléchissante argent / rouge de 7,5 cm de largeur. Les piles au lithium autorisent leur fonctionnement



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

jusqu'à 7 jours pour le GSM et jusqu'à 12 mois pour les satellites, en fonction de la fréquence d'acquisition des données de position et de leur transmission (figure 2).

Le navire utilisé G. DALLAPORTA (OMI: 9250062, MMSI: 247183400) est un navire océanographique construit en 2001 qui navigue actuellement sous pavillon italien. Il a une longueur de 35,70 m, une largeur de 7,67 m et un tirant d'eau de 3,5 m. Il a un équipage de 8 personnes et peut transporter jusqu'à 12 personnels scientifiques.

Les dix bouées ont été lancées dans le golfe d'Asinara et dans le Bocche di Bonifacio (Figure 3 et Tableau 1). Après l'acquisition, les données de position de chaque bouée sont enregistrées au format texte (TXT), tandis que les pistes sont au format KMZ pour pouvoir être affichées avec Google Earth™. Ils sont ensuite prétraités pour éliminer les pics (positions erronées) et définir le début et la fin de l'expérience avec précision.

Condizioni meteorologiche locali nei primi giorni dell'esperimento / Conditions météorologiques locales dans les premiers jours de l'expérience

L'esperimento è stato effettuato il 30 settembre 2018 con lancio del primo drifter alle 08:51 UTC in condizioni di mare calmo e vento debole/calma da NE e l'ultimo alle 17:15 UTC con mare poco mosso e vento sempre debole da ovest.

Dal modello numerico meteorologico SKIRON, utilizzato per forzare il modello numerico di circolazione a scala costiera, si sono estratti i dati di direzione e intensità del vento nel Golfo dell'Asinara nei primi tre giorni dell'esperimento, cioè dal 30 settembre al 2 ottobre compreso, periodo entro il quale tutte le boe hanno terminato le misure nell'area di interesse (figura 4).

Dai grafici possiamo individuare tre periodi, ciascuno caratterizzato da diverse condizioni di direzione ed intensità del vento.

Il primo periodo termina alle ore 15 circa del 30 settembre ed è caratterizzato da vento debole o calma (alla fine) da NE e mare calmo. Il secondo prosegue fino alle ore 10:00 UTC circa del 2 ottobre ed è caratterizzato da venti da O/NO inizialmente in aumento raggiungendo oltre i 10 m/s alle 20:00 UTC circa dell'1/8. Quindi la velocità decresce raggiungendo i 7 m/s alle 10:00 UTC del 2 ottobre. Il terzo periodo è nuovamente caratterizzato da venti da NE inizialmente per poi aumentare raggiungendo gli 8.5 m/s a fine giornata.

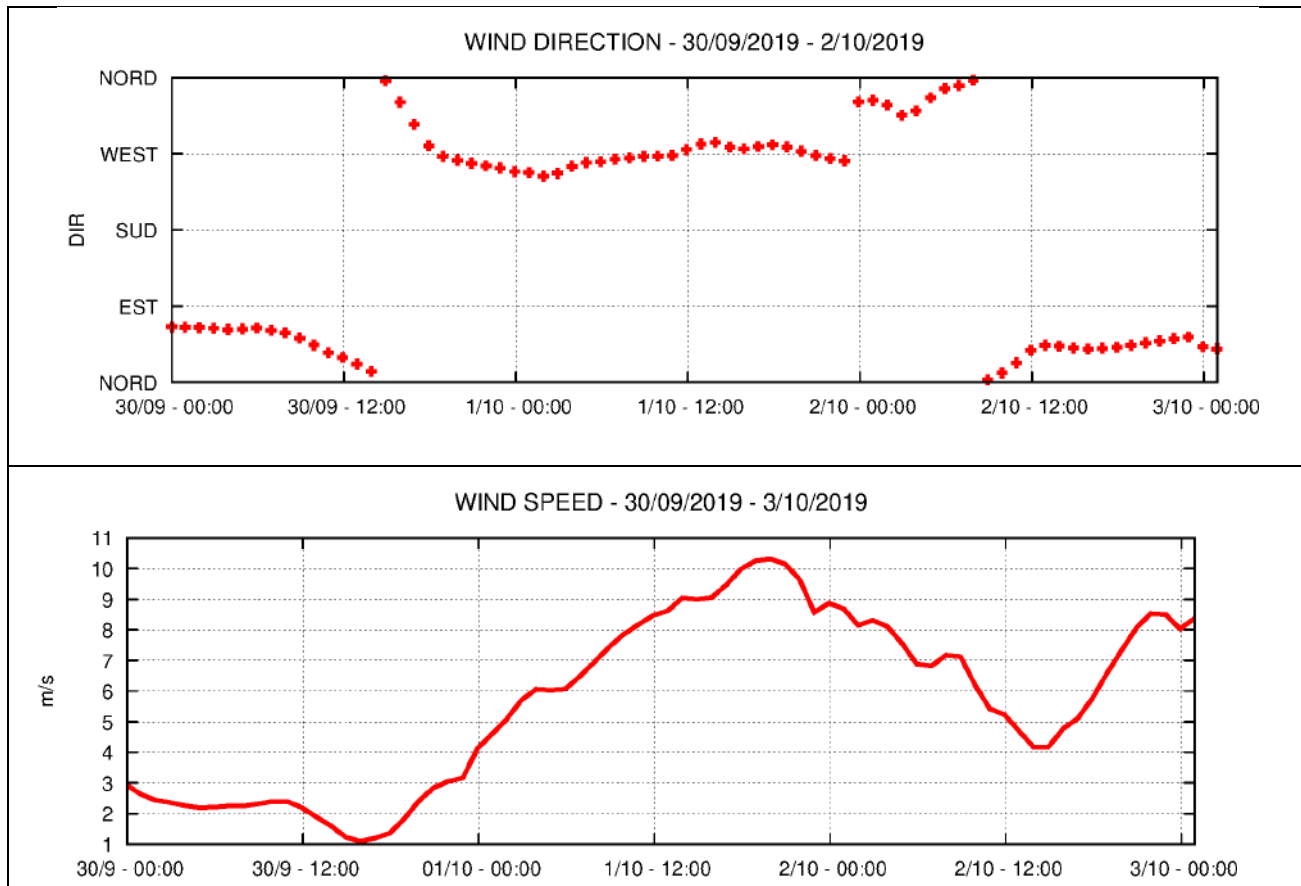


Fig.4: Grafici di direzione [°] (in alto) e velocità [m/s] (in basso) del vento fra il 30 settembre ed il 2 ottobre 2018 nel Golfo dell'Asinara / Graphes de direction [°] (en haut) et vitesse [m/s] (en bas) du vent entre le 30 septembre et le 2 octobre 2018 dans le golfe d'Asinara



L'expérience a été réalisée le 30 septembre 2018 avec le lancement du premier dériveur à 08h51 UTC par mer calme et vent faible / calme de NE et le dernier à 17h15 UTC avec une mer un peu agitée et un vent toujours faible de ouest.

A partir du modèle numérique météorologique SKIRON, utilisé pour forcer le modèle numérique de la circulation côtière, les données de direction et d'intensité du vent ont été extraites dans le golfe d'Asinara au cours des trois premiers jours de l'expérience, soit du 30 septembre au 2 octobre inclus, période pendant laquelle toutes les bouées ont terminé les mesures dans la zone d'intérêt (figure 4).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

À partir des graphiques, nous pouvons identifier trois périodes, chacune caractérisée par différentes conditions de direction et d'intensité du vent.

La première période se termine vers 15h le 30 septembre et se caractérise par un vent faible ou calme (à la fin) du nord-est et une mer calme. La seconde se poursuit jusqu'à environ 10h00 UTC le 2 octobre et se caractérise par une montée initiale des vents O / NO pouvant atteindre plus de 10.0 m / s à environ 20h00 UTC le 1/8. Ensuite, la vitesse diminue pour atteindre 7.0 m / s à 10:00 UTC le 2 octobre. La troisième période est à nouveau caractérisée par des vents du nord-ouest initialement augmentés pour atteindre 8.5 m / s en fin de journée.

Breve analisi dei dati lagrangiani / Brève analyse des données lagrangiennes

Di seguito la descrizione dei tracciati delle boe in ordine di lancio.



Vous trouverez ci-dessous une description des tracés de piste en ordre de lancement.

LCA00132

La boa, la prima ad essere lanciata il 30 settembre al punto B1 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 08:51 UTC all'ingresso orientale delle Bocche di Bonifacio, era una costiera/GSM. Si è diretta verso est, uscendo completamente dalle Bocche per dirigersi all'interno del Mare Tirreno (vedi figura 5, punto iniziale indicato con il numero 2). L'ultima trasmissione è avvenuta il 3 ottobre alle ore 18:00 UTC al limite della copertura GSM, a oltre 18 miglia nautiche dalla Sardegna, dopo aver percorso 72 km circa ad una velocità media di 0.19 m/s. Le velocità maggiori sono state misurate l'1 ottobre poco fuori le Bocche con velocità di 0.738 m/s a est dell'isola di La Maddalena.



Fig.5: Tracciato della boa GSM LCA00132/ Route de la bouée GSM LCA00132



La bouée, la première à avoir été lancée le 30 septembre au point B1 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 08h51 UTC à l'entrée est du Bocche di Bonifacio, était une côtière/GSM. Il s'est dirigé vers l'est, quittant complètement le Bocche et se dirigeant vers la mer Tyrrhénienne (voir la figure 5, le point de départ indiqué par le numéro 2). La dernière transmission a eu lieu le 3 octobre à 18h00 UTC, à la limite de la couverture GSM, à plus de 18 milles marins de la Sardaigne, après avoir parcouru environ 72 km à une vitesse moyenne de 0.19 m/s . Les vitesses les plus élevées ont été mesurées le 1 er octobre à 0.738 m/s à l'est de l'île de La Maddalena, juste à l'extérieur de Bocche.

LCE00236

La boa, lancée le 30 septembre au punto B3 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 09:30 UTC in mezzo alle Bocche di Bonifacio (vedi figura 6, punto iniziale indicato con 2), era una satellitare. Si è anch'essa diretta verso est, uscendo completamente dalle Bocche per dirigersi all'interno del Mare Tirreno ma percorrendo un tragitto vicino alla costa sarda. Il 6 ottobre, al largo dell'isola di Tavolara, ha intercettato una corrente legata alla circolazione tirrenica offshore diretta al centro del Tirreno settentrionale, uscendo definitivamente dall'area interessata dal modello numerico. Fino a tale data



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

la boa ha percorso 149 km con una velocità media di 0.26 m/s e massima di 0.585 m/s.

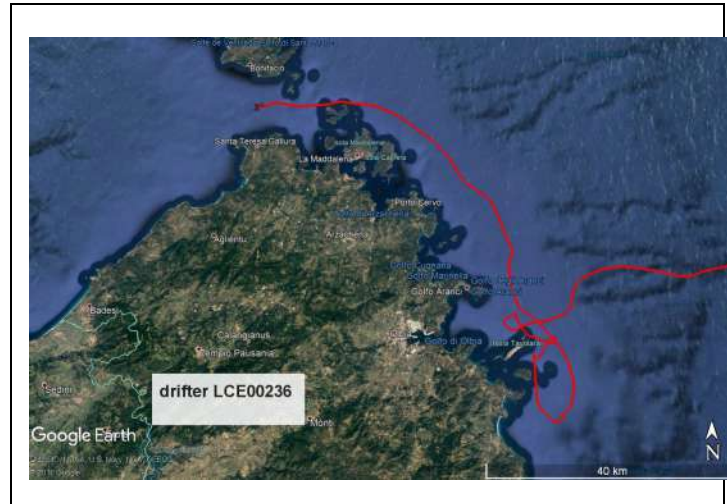


Fig.6: Tracciato della boa satellitare LCE00236/ Route de la bouée satellite LCE00236



La bouée, lancée le 30 septembre au point B3 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 09h30 UTC au milieu du détroit de Bonifacio (voir la figure 6, point de départ indiqué par 2), était un satellite. Il a également été dirigé vers l'est, sortant complètement de Bocche pour se rendre dans la mer Tyrrhénienne, mais suivant un tronçon qui l'a gardé près de la côte sarde. Le 6 octobre, au large de l'île de Tavolara, il a intercepté un courant lié à la circulation extracôtère tyrrhénienne dirigée vers le centre de la partie nord de la région, puis a définitivement quitté la zone touchée par le modèle numérique. Jusqu'à cette date, la bouée a parcouru 149 km à une vitesse moyenne de 0.26 m/s et maximale de 0.585 m/s .

LCE00349

La boa, lanciata il 30 settembre al punto B5 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 09:43 UTC al limite occidentale delle Bocche di Bonifacio (vedi figura 7, punto iniziale indicato con 2), era una satellitare. Si è anch'essa diretta verso est, uscendo completamente dalle Bocche per dirigersi verso sud vicino alla costa sarda. E' spiaggiata il 4 ottobre nel Golfo di Sparlatta, di fronte all'isola di



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Tavolara. Uscendo dalle Bocche e passando vicino alle isole dell'arcipelago di La Maddalena, ha intercettato una corrente superficiale ed ha raggiungendo velocità sempre superiori a 0.5 m/s con massimi fino a 0.698 m/s. La boa ha percorso complessivamente 87.65 km con una velocità media di 0.26 m/s.



Fig.7: Tracciato della boa satellitare LCE00349/ Route de la bouée satellite LCE00349



La bouée, lancée le 30 septembre au point B5 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 09h43 UTC à la limite ouest du Bocche de Bonifacio (voir la figure 7, point de départ indiqué par 2), était un satellite. Il s'est également dirigé vers l'est, quittant complètement la Bocche et se dirigeant vers le sud, près de la côte sarde. Il est échoué le 4 octobre dans le golfe de Spalatta, en face de l'île de Tavolara. Sortant des Bouches et passant près des îles de l'archipel de La Maddalena, il a intercepté un courant superficiel et a toujours atteint des vitesses supérieures à 0.5 m / s avec des maxima allant jusqu'à 0.698 m / s. La bouée a couvert une distance totale de 87.65 km avec une vitesse moyenne de 0.26 m / s.

LCA00076

La boa, lanciata il 30 settembre al punto B13 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 11:00 UTC



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

vicino al lato nord-orientale del Golfo dell'Asinara (vedi figura 8, punto iniziale indicato con 1), era una GSM. Ha funzionato per sole 5 ore mantenendo una velocità media di 0.47 m/s per un tratto di 8.55 km. La boa si è diretta verso ovest-sudovest con velocità che hanno raggiunto i 0.534 m/s.



Fig.8: Tracciato della boa GSM LCA00076/ Route de la bouée GSM LCA00076



La bouée, lancée le 30 septembre au point B13 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 11h00 UTC près du côté nord-est du golfe d'Asinara (voir la figure 8, point initial indiqué par 1), était une GSM. Cela a fonctionné pendant seulement 5 heures mais avec une vitesse moyenne de 0.47 m/s sur une distance de 8.55 km. La bouée s'est dirigée ouest-sud-ouest avec des vitesses atteignant 0,534 m/s.

LCA00111

La boa, lancée il 30 settembre al punto B19 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 12:00 UTC sul lato nord-orientale del Golfo dell'Asinara (vedi figura 9, punto iniziale indicato con 5), era una GSM. Ha funzionato 6 giorni percorrendo oltre 98.5 km con una velocità media di 0.24 m/s.

La boa si è diretta inizialmente verso nord-est lungo la costa sarda e quindi dal 2 ottobre verso la



Corsica, evitando quindi l'ingresso nelle Bocche, costeggiandola per oltre un giorno. Vicino alla Corsica sono state misurate le velocità medie più alte mantenendosi spesso oltre i 0.3 m/s.

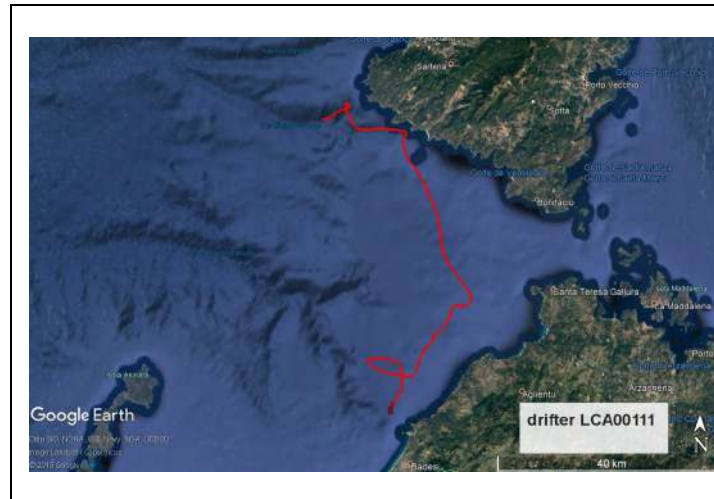


Fig.9: Tracciato della boa GSM LCA00111/ Route de la bouée GSM LCA00111



La bouée, lancée le 30 septembre au point B19 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 12h00 UTC du côté nord-est du golfe d'Asinara (voir la figure 9, point de départ indiqué par 5), était un câble GSM . Il a travaillé 6 jours sur 98.5 km avec une vitesse moyenne de 0.24 m/s.

La bouée s'est d'abord dirigée vers le nord-est le long de la côte sarde, puis à partir du 2 octobre vers la Corse, évitant ainsi l'entrée dans la Bocche et la longeant pendant plus d'une journée. Près de la Corse, les vitesses les plus élevées ont été mesurées, restant souvent au-dessus de 0.3 m/s.

LCA00120

La boa, lanciata il 30 settembre al punto B25 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 13:07 UTC sul lato sud-orientale del Golfo dell'Asinara (vedi figura 10, punto iniziale indicato con 2), era una GSM. Ha funzionato 31 ore circa percorrendo oltre 36.5 km con una velocità media di 0.36 m/s. La boa, seguendo probabilmente una corrente lungocosta, si è diretta verso nord-est lungo la costa



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

sarda con velocità che si sono mantenute oltre i 0.4 m/s nelle prime 18 ore. Avvicinandosi alla costa, uscita dalla corrente lungocosta, la velocità si è ridotta raggiungendo difficilmente i 0.2 m/s fino al suo spiaggiamento.



La bouée, lancée le 30 septembre au point B25 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 13h07 UTC du côté sud-est du golfe d'Asinara (voir la figure 10, le point initial indiqué par 2), était une GSM . Il a travaillé environ 31 heures sur 36.5 km avec une vitesse moyenne de 0.36 m / s. La bouée, qui suit probablement un courant le long de la côte, s'est dirigée vers le nord-est le long de la côte sarde, avec des vitesses qui sont restées supérieures à 0.4 m / s au cours des 18 premières heures. En approchant de la côte, en sortant du courant le long de la côte, la vitesse a été réduite pour atteindre à peine 0.2 m / s jusqu'à son échouement.



Fig.10: Tracciato della boa GSM LCA00120/ Route de la bouée GSM LCA00120

LCA00125

La boa, lanciata il 30 settembre al punto B29 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 14:00 UTC di fronte alla cittadina di Porto Torres, nella parte meridionale del Golfo dell'Asinara (vedi figura 11, punto iniziale con numero 4), era una GSM. Ha funzionato 30 ore circa percorrendo oltre 31 km con



una velocità media di 0.29 m/s. Il comportamento di questa boa è molto simile alla LCA00120 descritta sopra. La boa, anche in questo caso probabilmente catturata da una corrente lungocosta, si è diretta verso est-nord-est lungo la costa sarda con velocità che si sono mantenute oltre i 0.25 m/s nelle prime 18 ore raggiungendo i 0.516 m/s. Avvicinandosi fortemente alla costa (20 m circa dalla scogliera), probabilmente perché uscita dalla corrente lungocosta, la velocità si è ridotta fino a 0.1 m/s per poi spiaggiare.



Fig.11: Tracciato della boa GSM LCA00125/ Route de la bouée GSM LCA00125



La bouée, lancée le 30 septembre au point B29 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 14h00 UTC devant la ville de Porto Torres, dans la partie sud du golfe d'Asinara (voir la figure 11, point de départ avec le numéro 4), c'était un GSM. Il a fonctionné environ 30 heures sur 31 km avec une vitesse moyenne de 0.29 m / s. Le comportement de cette bouée est très similaire à celui du LCA00120 décrit ci-dessus. La bouée, probablement également capturée par un courant le long de la côte, a été orientée est-nord-est le long de la côte sarde, avec des vitesses supérieures à 0.25 m / s au cours des 18 premières heures, atteignant 0.516 m / s. Approchant fortement de la côte (environ 20 m de la falaise), probablement parce qu'il est sorti du courant le long de la côte, la vitesse a été réduite à 0.1 m / s, puis espionnée.



LCA00127

La boa, lanciata il 30 settembre al punto B30 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 14:45 UTC tra Stintino e Porto Torres, nella parte meridionale del Golfo dell'Asinara (vedi figura 12, punto iniziale con numero 1), era una GSM. Ha funzionato 33 ore circa percorrendo quasi 31.5 km con una velocità media di 0.27 m/s. Il comportamento di questa boa è molto simile a quelli delle due GSM descritte sopra, la LCA00120 e la LCA00125. La boa, anche in questo caso probabilmente catturata da una corrente lungocosta, si è diretta verso est lungo la costa sarda. Le velocità sono qui state relativamente basse il giorno 30 settembre (tra 0.1 e 0.14 m/s) mentre sono aumentate nelle prime ore dell'1 ottobre mantenendosi oltre i 0.3 m/s con punte di 0.491 m/s un paio d'ore prima di spiaggiare.



Fig.12: Tracciato della boa GSM LCA00127/ Route de la bouée GSM LCA00127



La bouée, lancée le 30 septembre au point B30 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 14h45 UTC entre Stintino et Porto Torres, dans la partie sud du golfe d'Asinara (voir la figure 12, point de départ du numéro 1), c'était un GSM. Il a travaillé environ 33 heures sur près de 31.5 km avec une vitesse moyenne de 0.27 m / s. Le comportement de cette bouée est très similaire à ceux des deux



GSM décrits ci-dessus, le LCA00120 et le LCA00125. La bouée, probablement également capturée par un long courant de rivière, se dirigeait vers l'est le long de la côte sarde. Les vitesses étaient relativement faibles ici le 30 septembre (entre 0.1 et 0.14 m / s) alors qu'elles augmentaient dans les premières heures du 1 er octobre, restant au-dessus de 0.3 m / s avec des pics de 0.491 m / s quelques heures avant à la plage.

LCE00351

La boa, lancée le 30 septembre au point B28 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 15:56 UTC a 6 miglia nautiche circa a E dell'isola dell'Asinara (vedi figura 13, punto iniziale indicato con 3), era una satellitare. Rispetto alla satellitare LCE00234 lanciata poco a nord (vedi descrizione seguente), questa si è diretta verso est andando a spiaggiare dopo sole 28 ore sulla costa orientale del Golfo, avendo percorso 37.41 km ad una velocità media di 0.365 m/s. Le velocità maggiori si sono misurate nella seconda metà del percorso, con valori sopra i 0.4 m/s fino a due ore prima di spiaggiare.



Fig.13: Tracciato della boa satellitare LCE00351/ Route de la bouée satellite LCE00351



La bouée, lancée le 30 septembre au point B28 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

15h56 UTC à environ 6 milles marins de l'est de l'île Asinara (voir la figure 13, point de départ indiqué par 3), c'était un satellite. Par rapport au satellite LCE00234 lancé juste au nord (voir description ci-après), celui-ci s'est dirigé vers l'est avant de se rendre à la plage après seulement 28 heures sur la côte est du Golfe, après avoir parcouru 37.41 km à une vitesse moyenne de 0.365 m/s . Les vitesses les plus élevées ont été mesurées dans la seconde moitié de la route, avec des valeurs supérieures à 0.4 m/s jusqu'à deux heures avant l'échec.

LCE00234

La boa, l'ultima lanciata il 30 settembre al punto B24 (vedi mappa dei punti lancio in figura 3) alle 17:15 UTC a 17 miglia nautiche circa a NE dell'isola dell'Asinara e a 22 circa a SO di Bonifacio (vedi figura 14, punto iniziale indicato con 1), era una satellitare. Fino alle ore 14:00 UTC del 16 ottobre, data oltre la quale la boa è uscita definitivamente dall'area interessata dal modello numerico, ha percorso 377 km con una velocità media di 0.28 m/s. Fino al 9 ottobre il suo percorso è rimasto legato alla circolazione interna al Golfo dell'Asinara ed in particolare alla presenza di un piccolo vortice ciclonico di 30 km circa di diametro, raggiungendo le velocità maggiori (fino a 0.585 m/s l'1 ottobre) e minori (0.182 m/s il 2 ottobre) misurate. Dal 9 ottobre è invece stata catturata dalla corrente che percorre verso nord i mari di Sardegna e di Corsica lungo le due isole perdendosi poi nel Bacino Provenzale/Golfo del Leone.



La bouée, la dernière à avoir été lancée le 30 septembre au point B24 (voir la carte des points de lancement à la figure 3) à 17 h 15 UTC à 17 milles marins environ au nord-est de l'île d'Asinara et à environ 22 SO de Bonifacio (voir La figure 14, point initial indiqué par 1), était un satellite. Le 16 octobre, date à laquelle la bouée a définitivement quitté la zone touchée par le modèle numérique, la bouée a parcouru 377 km à une vitesse moyenne de 0.28 m/s . Jusqu'au 9 octobre, son parcours restait lié à la circulation dans le golfe d'Asinara et en particulier à la présence d'un petit vortex cyclonique d'environ 30 km de diamètre atteignant les vitesses les plus élevées (jusqu'à 0.585 m/s le 1er octobre). et les mineurs (0.182 m/s le 2 octobre) mesurés. À partir du 9 octobre, par contre, il a été capturé par le courant qui se dirige vers le nord les mers de Sardaigne et de Corse, le long des deux îles, avant de se perdre dans le bassin provençal / golfe du Lion.

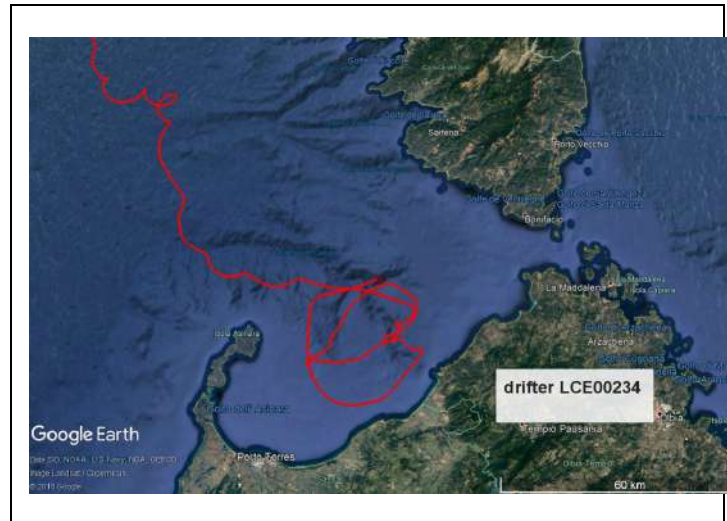


Fig.14: Tracciato della boa satellitare LCE00234/ Route de la bouée satellite LCE00234

1.2 Dati pregressi / Données passées

Nel passato sono state di interesse a livello italiano soprattutto le Bocche di Bonifacio a causa della loro pericolosità per le imbarcazioni in attraversamento e per l'alta frequenza nei passaggi, anche di navi mercantili e petroliere di grossa stazza, e l'Arcipelago di La Maddalena per l'importanza turistica e la sua valenza ambientale e strategica (militare, in passato strategica).



Dans le passé, les Bocche di Bonifacio étaient d'intérêt italien surtout en raison de leur dangerosité pour la traversée des navires et de la fréquence de leurs passages, ainsi que de celle des navires de commerce et des pétroliers de grand tonnage, et de l'archipel de La Maddalena. pour l'importance du tourisme et de sa valeur environnementale et stratégique (militairement, dans le passé stratégique).

Dati storici / Données historiques

In specifico, sono stati effettuati studi sulla circolazione nell'Arcipelago di La Maddalena a partire dalla seconda metà degli anni '70 in seguito all'istituzione, nel 1972, della base militare americana sull'isola di Santo Stefano (CNR-CNEN, 1978a e b, 1979, Bruschi *et al.*, 1980; Astraldi *et al.*, 1980; Astraldi *et al.*,



Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

1983; Esposito et al., 1983; Manzella *et al.*, 1983), nell'Arcipelago di La Maddalena.

In uno di questi studi (CNR-CNEN, 1979) sono stati utilizzati correntometri Aanderaa RCM4 con posizionamento stagionale all'interno dell'Arcipelago ed in particolare nel Canale di Bucinara (Figura 15). Questo Canale è lungo 8 km, largo 2 km nel punto più ampio e con profondità massima di 40 m posto tra la Sardegna e le isole di La Maddalena, Caprera e S. Stefano.

I confronti dei dati di corrente con quelli meteorologici della stazione di Guardia Vecchia mostrano una corrispondenza diretta tra vento e corrente sia in direzione che in intensità con brevi periodi di transizione tra l'inversione del vento e la corrente.

Alta coerenza a basse frequenze è inoltre verificata da Bruschi *et al.* (1983) tra la componente E-O dello stress del vento e le correnti lungo-costa e che il 50-60% della varianza delle correnti marine è correlata allo stress del vento dominante.

Inoltre nello studio CNR-CNEN (1979) si osserva che, con vento di ponente, la "velocità della corrente aumenta progressivamente lungo tutta la lunghezza del Canale tanto da far registrare a Capo d'Orso valori quasi doppi rispetto all'inizio dello stesso", come riportato da Astraldi *et al.* (1983). Astraldi *et al.* (1983) riporta anche di differenze stagionali con un comportamento uniforme della massa d'acqua nei mesi invernali e a due strati nel periodo estivo con uno più superficiale e spesso 15-30 m che segue il vento ed uno profondo che talvolta va in direzione opposta. Manzella *et al.* (1983) infine definisce che la morfologia dell'arcipelago può accrescere l'effetto del vento in modo tale che si possono formare onde interne di grande ampiezza che portano a improvvise forti variazioni della temperatura del mare, fino a 20 m di profondità nel periodo estivo e lungo tutta la colonna in quello invernale, e con un ritardo fino a 6 ore rispetto al passaggio del fronte atmosferico sulla zona.

Per quanto riguarda la circolazione superficiale nelle Bocche, a metà degli anni '60 uscì un interessante lavoro di Canò e Stocchino (1966) in cui viene ricostruita con le due direzioni principali dei venti, da ponente e da levante (Figura 16), grazie a misure correntometriche effettuate in zona.

Con i venti da est i due autori individuano correnti principalmente verso nord-ovest, lungo la costa occidentale corsa, ma anche verso sud-est in direzione del Golfo di Porto Torres, mentre con i venti da ovest la corrente principale entra nelle Bocche dividendosi in due rami e creando forti correnti nelle Bocche ed anche nel Canale di Bucinara.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

All'uscita orientale del Canale di Bucinara la corrente punta verso sud lungo la costa orientale sarda seguendo la circolazione generale mentre quella che esce ad est di Lavezzi incontra il vortice ciclonico nel mare Tirreno (Manzella et al., 1983).

Nel periodo estivo, vengono osservate anche correnti lungocosta superficiali contrarie al vento, in particolare nelle vicinanze dell'isola di Lavezzi.

Dalle tabelle relative alle frequenze medie percentuali dedotte da tre osservazioni giornaliere relative ad un periodo di 32 anni (Tabella 2; Figure 17), si riscontra che lo stato del mare dominante è forza 2-3 con frequenza di 52.1%; ciò significa che per 190 giorni all'anno si presenta mare con forza 2-3, quindi mare da poco mosso a mosso con formazione di onde di altezza da 0.10 m a 1.25 m.

Per quanto riguarda i venti nelle Bocche, Astraldi *et al.* (1980; 1983) riportano osservazioni bi-giornaliere effettuate per un periodo di 15 anni (1946-1970). La loro elaborazione mostra che i venti dominanti sono quelli occidentali (225°-315°), in particolare il Ponente che annualmente si osserva con una frequenza del 52%- 54% e si manifesta in tutte le stagioni ma soprattutto nel periodo maggio-agosto, ed il Levante, attivo particolarmente nei mesi di settembre ed ottobre (26% delle osservazioni). Il restante 20% è suddiviso tra il settore settentrionale e quello meridionale, con una netta prevalenza di quest'ultimo.

Per quanto riguarda la forza dei venti, si ha una netta predominanza di venti forza 4-5 secondo la scala Beaufort, in circa il 31% dei casi, che possono provenire da una stessa direzione per lunghi intervalli di tempo (anche fino a 10 giorni) dando origine ad una circolazione pressoché stazionaria nell'area dell'Arcipelago. I venti forti (forza 6-7) sono abbastanza frequenti rappresentando il 20% del totale mentre le burrasche (forza superiore ad 8) sono rare e pari all'1,5% dei casi, quasi sempre collegate al vento di Ponente nel periodo invernale. I periodi di calma sono relativamente scarsi, si verificano prevalentemente in autunno e all'inizio dell'inverno e diminuiscono in estate.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Fig.15: Il Canale di Bucinara, fra l'arcipelago e la Sardegna, ramo Sud-Est delle Bocche di Bonifacio / Le canal de Bucinara, entre l'archipel et la Sardaigne, branche sud-est du bocche de Bonifacio

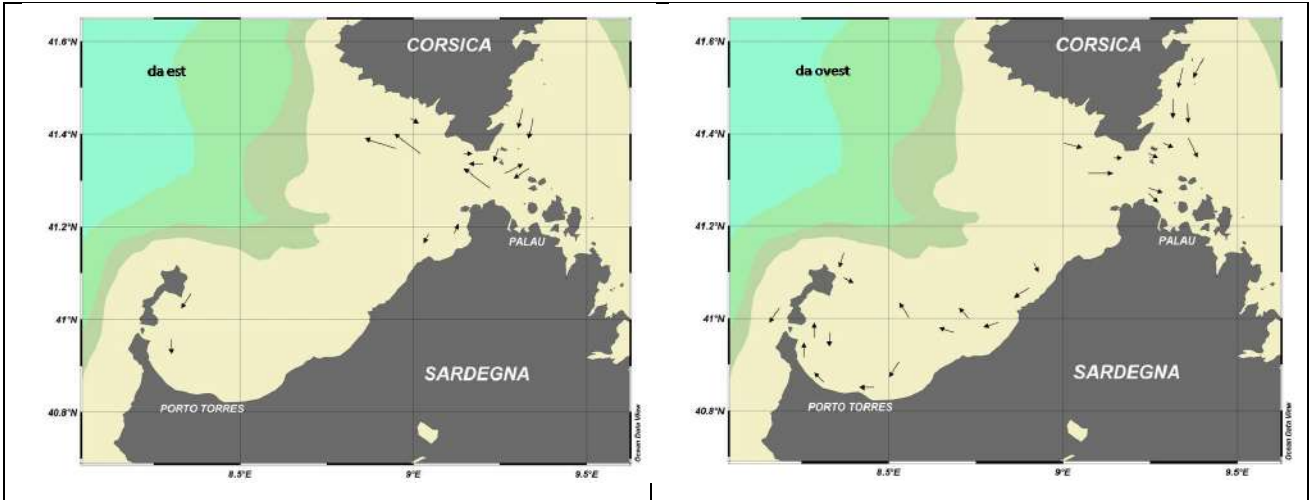


Fig.16: La circolazione superficiale nelle area delle Bocche di Bonifacio ricostruita da Canò e Stocchino (1966) con venti da est (sx) e da ovest (dx)/ La circulation superficielle dans la région de la Bocche di Bonifacio reconstruite par Canò et Stocchino (1966) avec des vents d'est (à gauche) et d'ouest (à droite)

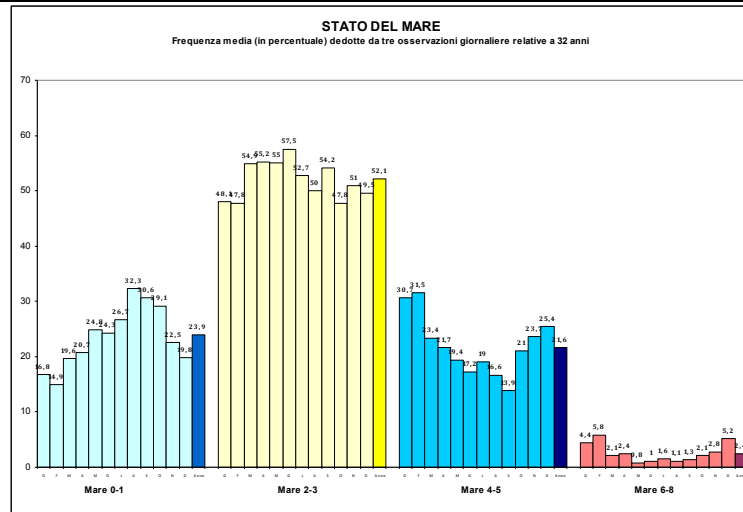


Fig.17: Sequenza medie percentuali dedotte da tre osservazioni giornaliere relative ad un periodo di 32 anni/ Séquence moyenne en pourcentage déduite de trois observations quotidiennes relatives à une période de 32 ans

Tab. 2: Stato del mare dominante / Etat de la mer dominante



Mare (intervalli) / Mer (intervalles)	%
0 -1	23.9
2 -3	52.1
4 -5	21.6
6 -8	2.4



Plus précisément, des études ont été menées sur la circulation dans l'archipel de La Maddalena dans la seconde moitié des années 1970, à la suite de la création, en 1972, de la base militaire américaine de l'île de Santo Stefano (CNR-CNEN, 1978a et b, 1979). , Bruschi et al., 1980; Astraldi et al., 1980; Astraldi et al., 1983; Esposito et al., 1983; Manzella et al., 1983), dans l'archipel de La Maddalena.

Dans l'une de ces études (CNR-CNEN, 1979), des compteurs de courant Aanderaa RCM4 ont été utilisés avec localisation saisonnière dans l'archipel et en particulier dans le canal de Bucinara (Figure 15). Cette Manche a une longueur de 8 km, une largeur de 2 km au point le plus large et une profondeur maximale de 40 m entre la Sardaigne et les îles de La Maddalena, Caprera et S. Stefano.

Les comparaisons des données actuelles avec les données météorologiques de la station Guardia Vecchia montrent une correspondance directe entre le vent et le courant, dans la direction et l'intensité, avec de brèves périodes de transition entre l'inversion du vent et du courant.

La cohérence élevée aux basses fréquences est également vérifiée par Bruschi et al. (1983) entre la composante E-O du stress éolien et des courants long-côtiers et le fait que 50 à 60% de la variance des courants marins est liée au stress éolien dominant.

De plus, dans l'étude CNR-CNEN (1979), on constate que, avec un vent d'ouest, "la vitesse du courant augmente progressivement sur toute la longueur de la Manche, de sorte que Capo d'Orso enregistre presque le double de valeurs par rapport au début de celle-ci" , comme rapporté par Astraldi et al. (1983). Astraldi et al. (1983) signalent également des différences saisonnières avec un comportement uniforme de la masse d'eau en hiver et deux couches en été avec une couche plus superficielle, souvent de 15 à 30 m, qui suit le vent, et une couche profonde qui va parfois dans la direction opposée.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Manzella et al. (1983) définit enfin que la morphologie de l'archipel peut augmenter l'effet du vent de sorte que de grandes vagues internes puissent se former, entraînant de brusques changements brusques de la température de la mer, jusqu'à 20 m de profondeur en été. et le long de toute la colonne en hiver, et avec un retard pouvant aller jusqu'à 6 heures par rapport au passage du front atmosphérique dans la région.

En ce qui concerne la reconstruction de la circulation superficielle dans les embouchures, un ouvrage intéressant de Canò et Stocchino (1966) a été publié au milieu des années 1960. Il a été reconstruit avec les deux directions principales des vents, de l'ouest et de l'est (figure 16). grâce aux mesures actuelles dans la région.

Avec les vents d'est, les deux auteurs identifient des courants principalement vers le nord-ouest, le long de la côte ouest, mais également vers le sud-est en direction du golfe de Porto Torres, tandis que, dans le cas des vents d'ouest, le courant principal entre dans la Bocche deux branches et créant de forts courants dans le Bocche et également dans le canal de Bucinara.

À la sortie est du canal de Bucinara, le courant pointe vers le sud le long de la côte est de la Sardaigne suivant la circulation générale, tandis que celui partant de l'est de Lavezzi rencontre le vortex cyclonique dans la mer Tyrrhénienne (Manzella et al., 1983).

En été, des courants de vents côtiers peu profonds sont également observés, en particulier dans les environs de l'île Lavezzi.

D'après les tableaux relatifs aux pourcentages moyens déduits de trois observations quotidiennes relatives à une période de 32 ans (Tableau 2; Figure 17), nous constatons que l'état de la mer dominante est la force 2-3 avec une fréquence de 52.1%; cela signifie que, pendant 190 jours par an, la mer se présente avec une force de 2-3, puis une mer légèrement déplacée, avec des vagues formant de 0,10 à 1,25 m.

En ce qui concerne les vents dans le Bocche, Astraldi et al. (1980; 1983) font état d'observations bi-quotidiennes effectuées sur une période de 15 ans (1946-1970). Leur élaboration montre que les vents dominants sont les vents d'Ouest (225 ° -315 °), en particulier le Ponente qui est observé chaque année à une fréquence de 52% à 54% et qui se manifeste à toutes les saisons mais surtout de mai à août. et du Levant, particulièrement actifs pendant les mois de septembre et octobre (26% des observations).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Les 20% restants sont répartis entre les secteurs nord et sud, avec une nette prédominance dans ces derniers.

En ce qui concerne la force des vents, on observe une nette prédominance des vents 4-5 selon l'échelle de Beaufort, dans environ 31% des cas, ce qui peut provenir de la même direction pendant de longs intervalles de temps (même jusqu'à 10 jours).) donnant lieu à une circulation quasi stationnaire dans la région de l'archipel. Les vents forts (force 6-7) sont assez fréquents représentant 20% du total tandis que les tempêtes (force supérieure à 8) sont rares et égales à 1.5% des cas, presque toujours liés au vent d'ouest en hiver . Les périodes calmes sont relativement rares, principalement en automne et en début d'hiver et diminuent en été.

Progetto SOS Bonifacio / Projet SOS Bonifacio

Importante per i dati acquisiti nell'area di interesse è il progetto intitolato "Realizzazione di un sistema integrato per la gestione delle emergenze ambientali da inquinamento marino da idrocarburi nello Stretto Internazionale delle Bocche di Bonifacio" e denominato "SOS - Bocche di Bonifacio". E' stato finanziato dalla Direzione Generale Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nel periodo 2009-2012. Obiettivo era realizzare un innovativo sistema di monitoraggio e previsione della circolazione marina per la gestione delle emergenze ambientali dovute a sversamenti in mare di idrocarburi (*oil spill*) nelle Bocche di Bonifacio e nell'Arcipelago di La Maddalena. Il sistema operativo era composto da una componente di modellistica numerica (modelli di previsione della circolazione marina a scala regionale e costiera e atmosferici alla mesoscala; moduli di *oil spill*) e da una componente osservativa con misure meteorologiche, mareografiche e correntometriche sia superficiali che profonde (Cucco et al., 2012a, b; Olita et al., 2012; Ribotti et al., 2011; De Falco et al., 2011; Cucco et al., 2011; Ribotti et al., 2014; e diverse pubblicazioni tecniche quali Caiazza e Ribotti, 2012; Ribotti et al., 2012; Sorgente et al., 2011; Ribotti et al., 2010).

Nell'ambito di questo progetto è stato molto importante anche lo studio effettuato sui passaggi marittimi nelle Bocche (Sorgente et al., 2012), realizzato grazie all'analisi dei dati AIS e utilizzato dal Ministero dell'Ambiente nel difficile riconoscimento internazionale quale *Particularly Sensitive Sea Area* (PSSA) da parte dell'*International Maritime Organization* (IMO) a luglio 2011.

Misure del campo di trasporto della circolazione superficiale sono state ottenute attraverso l'uso di boe lagrangiane (con telemetria GPS e satellitare). La boa utilizzata negli esperimenti era l'*ArgoDrifter*



della ditta americana *Technocean*, costituita da un cilindro di colore bianco dell'altezza di 110 cm e del diametro di 15 cm. Quattro "braccia" poste a 90° fra loro e perpendicolari al cilindro sostengono quattro vele di colore blu, per una superficie complessiva di 25 m² (Figura 18). Questi strumenti avevano batterie che permettevano un funzionamento per circa un anno con una frequenza oraria di acquisizione dei dati e montavano un trasmettitore satellitare ARGOS, un GPS e un sensore di temperatura; la posizione della boa veniva misurata sia tramite triangolazione satellitare che GPS.



Fig.18: Una delle boe lagrangiane (o drifter) Technocean utilizzate negli esperimenti nelle Bocche di Bonifacio (a sinistra) e la stessa in acqua (a destra) / Une des bouées lagrangiennes (ou drifter) Technocean utilisées lors des expériences dans le Bocche de Bonifacio (à gauche) et les mêmes dans l'eau (à droite)

**Tab. 3. Elenco degli esperimenti effettuati con le boe lagrangiane /
Liste des expériences réalisées avec des bouées lagrangiennes**

nr.	nome esperimento / nom de l'expérience	Periodo esecuzione / Période d'exécution	n. drifter
1	LEONIDA	22/04/2009 - 27/05/2009	85748
2	VERCELLI	24/05/2009 - 30/05/2009	94658
3	BOCCH0609	01/06/2009 - 05/06/2009	94658
4	PROSPERO	30/06/2009 - 02/07/2009	94657



5	GIUSTINIANO	22/08/2009 - 22/08/2009	94657
6	BUCINARA	18/03/2010	94656
7	PUNTAROSSA	19/03/2010	94656
8	MAGNO	06/09 - 29/10/2010	94656-94658

Tab. 4. Descrizione sintetica degli esperimenti effettuati con le boe lagrangiane in ordine temporale/ *Description synthétique des expériences réalisées avec des bouées lagrangiennes en ordre temporel*

Esperimento #: 1		Nome esperimento: LEONIDA	
Data accensione: 21/04/2009		Ora UTC di accensione: 10:00	
Posizionamento			
Data 22/04/2009	Ora (UTC) 11:25	Profondità (m) 50	Luogo: tra le isole di Spargi, Budelli, Santa Maria e La Maddalena
Latitudine: 41°15.945' N (41.26575° N)		Longitudine: 009° 22.345' E (9.372417° E)	
Recupero			
Data 27/05/2009	Ora (UTC) 19:26	Profondità (m) 0	Luogo Rena Majore (SW di STGallura)
Latitudine: 41° 9.984' N (41.1664° N)		Longitudine: 009° 7.818' E (9.1303° E)	
Note: utilizzati mezzi della Guardia Costiera-Capitaneria di La Maddalena sia nel posizionamento che nel recupero / <i>utilisé véhicules de la Garde côtière-capitainerie de La Maddalena à la fois dans le positionnement et dans la récupération</i>			
Esperimento #: 2		Nome esperimento: VERCELLI	
Data accensione: 23.05.2009		Ora UTC di accensione: 09:00	
Posizionamento (mare calmo, visibilità ottima)			
Data 24.05.2009	Ora (UTC) 08:37	Profondità (m) 1527	Luogo mar Tirreno centrale (settore W)
Latitudine: 41° 04.071' N (41.06785° N)		Longitudine: 010° 57.574' E (010.959567° E)	
Recupero (mare poco mosso, visibilità buona)			
Data 30.05.2009	Ora (UTC) 14:15	Profondità (m) 750	Luogo mar Tirreno centrale (settore W)
Latitudine 41° 07.790' N (41.129833° N)		Longitudine 011° 03.130' E (011.052167° E)	



Note: utilizzata la N/O Urania del CNR sia nel posizionamento che nel recupero / <i>utilisé R/V Urania à la fois dans le positionnement et dans la récupération</i>			
Esperimento #: 3			
Data accensione: 01.06.2009		Ora UTC di accensione:15:52	
Posizionamento (velocità del vento: 6.6 m/s; 293.6°)			
Data 01.06.2009	Ora (UTC) 17:03	Profondità (m) 70	Luogo Bocche ingresso est
Latitudine: 41° 19.340' N (41.32233° N)		Longitudine: 009° 18.050' E (9.300833° E)	
Recupero			
Data 04.06.2009	Ora (UTC) 09:30	Profondità (m) 2	Luogo SW isola di Budelli
Latitudine: 41° 16.818' N (41,2803° N)		Longitudine: 009° 20.286' E (009.3381° E)	
Note: utilizzata la NO Urania del CNR nel posizionamento e mezzi della Guardia Costiera-Capitaneria di La Maddalena per il recupero / <i>utilisé R/V Urania à la fois dans le positionnement et véhicules de la Garde côtière-capitainerie de La Maddalena à la fois dans dans la récupération</i>			
Esperimento #: 4			
Data accensione: 30/06/2009		Ora UTC di accensione:	
Posizionamento			
Data 30/06/2009	Ora (UTC)08:25	Profondità (m) 70	Luogo: tra STGe Bonifacio
Latitudine: 41° 15.432' N (41.2572° N)		Longitudine: 009° 12.282' E (9.2047° E)	
Recupero			
Data 01/07/2009	Ora (UTC) 16:00	Profondità (m)10	LuogoSTGallura
Latitudine: 41° 14.256' N (41.2376° N)		Longitudine: 009° 11.706' E (9.1951° E)	
Note: utilizzati mezzi della Guardia Costiera-Capitaneria di La Maddalena sia nel posizionamento che nel recupero/ <i>utilisé véhicules de la Garde côtière-capitainerie de La Maddalena à la fois dans le positionnement et dans la récupération</i>			
Esperimento #: 5			
Data accensione: 21/08/2009		Ora UTC di accensione: 10.56	
Posizionamento			
Data 22/08/2009	Ora (UTC) 08:55	Profondità (m) n.d.	Luogo: tra Palau e La Maddalena
Latitudine: 41° 11.4' N (41.19° N)		Longitudine: 009° 23.5' E (9.39167° E)	



Recupero			
Data 22/08/2009	Ora (UTC) 12:25	Profondità (m) n.d.	Luogo: Direttrice Capo d'Orso, 100 m da costa
Latitudine 41° 11.0' N (41.1789° N)		Longitudine 009° 25.667' E (9.4168° E)	
Note: breve esperimento con drifter seguito a vista da motovedetta a causa dell'intenso traffico di natanti in zona / <i>courte expérience avec des dériveurs suivis par un bateau de patrouille en raison du trafic intense de bateaux dans la région</i>			
Esperimento #: VI		Nome esperimento: BUCINARA032010	
Data accensione: 18/03/2010			
Posizionamento			
Data 18/03/2010	Ora (UTC) 07:30	Profondità (m) 30	Luogo Canale di Bucinara
Latitudine: 41° 11,219 N		Longitudine: 009° 23,840 E	
Recupero			
Data 18/03/2010	Ora (UTC) 16:00	Profondità (m) 30	Luogo Canale di Bucinara
Latitudine 41° 11,001 N		Longitudine 009° 23,663 E	
Note: recuperata in anticipo in quanto probabilmente spostata da un pescatore alle ore 15.15 UTC / <i>recupéré à l'avance car il a probablement été déplacé par un pêcheur à 15h15 UTC</i>			
Esperimento #: VII		Nome esperimento: PUNTAROSSA032010	
Data accensione: 19/03/2010			
Posizionamento			
Data 19/03/2010	Ora (UTC) 7:20	Profondità (m) 50	Luogo Sud di punta Rossa
Latitudine: 41° 09,435 N		Longitudine: 009° 28,270 E	
Recupero			
Data 19/03/2010	Ora (UTC) 14:10	Profondità (m) 20	Luogo SE di Caprera
Latitudine 41.179 N		Longitudine 9.4758 E	
Note: recuperata in quanto molto vicina all'isola / <i>recupéré car il est très proche de l'île</i>			
Esperimento #: VIII		Nome esperimento: MAGNO092010-94656	
Data accensione: 06/09/2010		Ora UTC di accensione: 06:30	



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Posizionamento			
Data 06/09/2010	Ora (UTC) 09:36	Profondità (m) 40	Luogo tra LMD, Santa Maria, Budelli, Spargi
Latitudine: 41° 16.021' N		Longitudine: 009° 22.499' E	
Esperimento #: VIII		Nome esperimento: MAGNO092010-94658	
Data accensione: 06/09/2010		Ora UTC di accensione: 06:30	
Posizionamento			
Data 06/09/2010	Ora (UTC) 09:30	Profondità (m) 40	Luogo tra LMD, Santa Maria, Budelli, Spargi
Latitudine: 41° 15.806' N		Longitudine: 009° 22.366' E	
Recupero			
Data 06/09/2010	Ora (UTC) 21:00	Profondità (m) 5	Luogo Scogliera ad est isola di La Maddalena
Latitudine 41° 15.90'N		Longitudine 009° 25.644'E	
Note: dispersa, non recuperata / <i>dispersé, non récupéré</i>			



Le projet intitulé "Réalisation d'un système intégré de gestion des urgences environnementales dues à la pollution marine par les hydrocarbures dans le détroit de Bonifacio", appelé "SOS - Bocche di Bonifacio", est important pour les données acquises dans la zone d'intérêt. Il a été financé par la Direction générale de la protection de la nature du ministère de l'Environnement et de la Protection du territoire et de la mer pour la période 2009-2012. L'objectif était de créer un système innovant de surveillance et de prévision de la circulation marine pour la gestion des urgences environnementales dues aux déversements d'hydrocarbures dans le Bocche di Bonifacio et dans l'archipel de La Maddalena. Le système d'exploitation comprenait un composant de modélisation numérique (modèles de prévision de la circulation marine à l'échelle régionale et côtière et atmosphérique à l'échelle moyenne; modules de lutte contre les déversements de pétrole), et un composant d'observation comportant des mesures météorologiques, de marégraphes et de compteurs de courant, à la fois superficiels et profonds. Cucco et al., 2012a, b; Olita et al., 2012; Ribotti et al., 2011; De Falco et al., 2011; Cucco et al., 2011; Ribotti et al., 2014, et plusieurs publications techniques telles que Caiazza et Ribotti, 2012; Ribotti et al., 2012; Sorgente et al., 2011; Ribotti et al., 2010).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Dans le cadre de ce projet, l'étude réalisée sur les passages maritimes du Bocche (Sorgente et al., 2012) était très importante, réalisée grâce à l'analyse des données AIS, a été utilisée par le ministère de l'Environnement dans la difficile reconnaissance internationale comme Particularly Sensitive Sea Area (PSSA) par de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en juillet 2011.

Les mesures du champ de transport en circulation de surface ont été obtenues au moyen de bouées lagrangiennes (avec GPS et télémétrie par satellite). La bouée utilisée dans les expériences était l'ArgoDrifter de la firme américaine Technocean, constituée d'un cylindre blanc d'une hauteur de 110 cm et d'un diamètre de 15 cm. Quatre "bras" placés à 90 ° entre eux et perpendiculairement au cylindre supportent quatre voiles bleues, pour une surface totale de 25 m² (Figure 18). Ces instruments étaient dotés de batteries qui leur permettaient de fonctionner environ un an avec un taux d'acquisition de données horaire et montaient un émetteur satellite ARGOS, un GPS et un capteur de température; la position de la bouée a été mesurée à la fois par triangulation par satellite et par GPS.

Dati dai drifter / Drifter data

Gli esperimenti effettuati mediante i *drifter* (tabella 3) sono stati cinque ed hanno avuto una durata variabile, compresa tra 1 e i 35 giorni. Quelli numerati 1, 3 e 4 sono terminati per spiaggiamento del *drifter*.

Nei mesi estivi di luglio e agosto gli esperimenti sono stati interrotti a causa dell'intenso traffico diportistico nell'area di studio.

L'esperimento 7-MAGNO è stato contraddistinto dal lancio di due drifter contemporaneamente uno dei quali è andato disperso dopo circa un giorno.

Le informazioni generali inerenti gli esperimenti effettuati sono elencati nella tabella 3 mentre quelle maggiormente approfondite in tabella 4.

Nelle mappe seguenti (Figura19) sono indicati il punto di inizio esperimento (segnalino giallo) e quello di fine esperimento o recupero (segnalino rosso) relativi a ogni esperimento.

I dati degli esperimenti eseguiti mediante le boe lagrangiane sono stati acquisiti dal sito *ArgosWeb* (<http://argos-system.clsamerica.com/cwi/Logon.do>), della francese *CLS-Collecte Localisation Satellites*, in formato ASCII per il primo esperimento e in formato binario per i successivi tre



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

esperimenti.

Successivamente sono stati sottoposti a post-processamento, utilizzando codici Matlab forniti dal Dott. Riccardo Gerin dell'OGS di Trieste.

I *drifter* forniscono in media 15 volte la loro posizione in un intervallo di un'ora.

Dopo aver effettuato una mediana dei dati per ogni intervallo di un'ora (nel primo esperimento) o di 20 minuti (nei successivi tre esperimenti) e avere eliminato quelli che risultavano fuori dall'intervallo stabilito dalla media +/- tre volte la loro deviazione standard, sono state prodotte delle mappe superficiali della posizione del *drifter* e gli istogrammi delle frequenze assolute delle velocità dello stesso.

Per ciascun esperimento sono state realizzate mappe orizzontali degli spostamenti dei *drifter*, in cui la scala dei colori indica la temperatura superficiale dell'acqua misurata dalla boa stessa ed è stato calcolato l'istogramma di frequenza che evidenzia le velocità più frequenti.

Inoltre, per un confronto del percorso della boa con il campo medio del vento, le due rose dei venti rappresentano quello misurato durante il periodo di ciascun esperimento alla stazione meteorologica di Guardia Vecchia, e il campo di velocità medio nella zona in cui si è mossa la boa estratto dal modello Skiron. Si può notare come i dati di vento sperimentali e da modello sono in buon accordo, sia per quanto riguarda la direzione che l'intensità.

E' necessario tenere presente che i dati della stazione meteorologica di Guardia Vecchia si riferiscono a un solo punto, mentre quelli del modello Skiron sono riferiti a un'area più ampia.

Inoltre sono state prodotte delle animazioni, che rappresentano l'evoluzione del campo di vento da modello e gli spostamenti dei *drifter*, che non è però possibile riprodurre su carta.

Nel primo esperimento denominato LEONIDA (fig. 20) le velocità del *drifter* variano tra 0 e 0.5 m/s con punte massime fino a circa 1 m/s.

Questo esperimento, il più lungo dei quattro effettuati con oltre 35 giorni di misure, ha chiaramente mostrato i principali forzanti della corrente superficiale all'interno delle Bocche di Bonifacio, è cioè in ordine di importanza vento, maree e sesse.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

In mancanza di vento il forzante mareale mostra la sua presenza obbligando la boa a disegnare cerchi o ellissi con un periodo di 17-18 ore; le sesse, infine, si sviluppano in seguito a forti venti a direzione costante che accumulano l'acqua nell'arcipelago.

Durante il secondo esperimento "VERCELLI" le velocità sono distribuite su valori più alti che in precedenza, e cioè tra 0 e 0.7 m/s, con oltre il 3% delle misure tra 0.9-1 m/s riconducibili a un evento di scirocco nella seconda metà dell'esperimento, evidenziato anche da una vistosa diminuzione della temperatura superficiale dell'acqua (fig.21).

La boa nel terzo esperimento denominato "BOCCHE0609" (fig.22) mostra velocità molto basse e generalmente inferiori a 0.3 m/s (oltre l'89%).

Alcuni dati (9%) mostrano velocità di circa 0.6 m/s, con punte fino a 0.9m/s, dovuti probabilmente a un forte vento di libeccio di circa 20 m/s che ha anche determinato un forte abbassamento della temperatura superficiale dell'acqua.

Infine, nonostante la sua breve durata di soli 3 giorni, l'esperimento "PROSPERO" (Fig.23) è stato interessato da un vento di moderata intensità (massimo 9-10 m/s) determinando velocità della boa generalmente inferiori a 0.3 m/s (66% dei dati) con punte massime di 0.7-0.8 m/s.

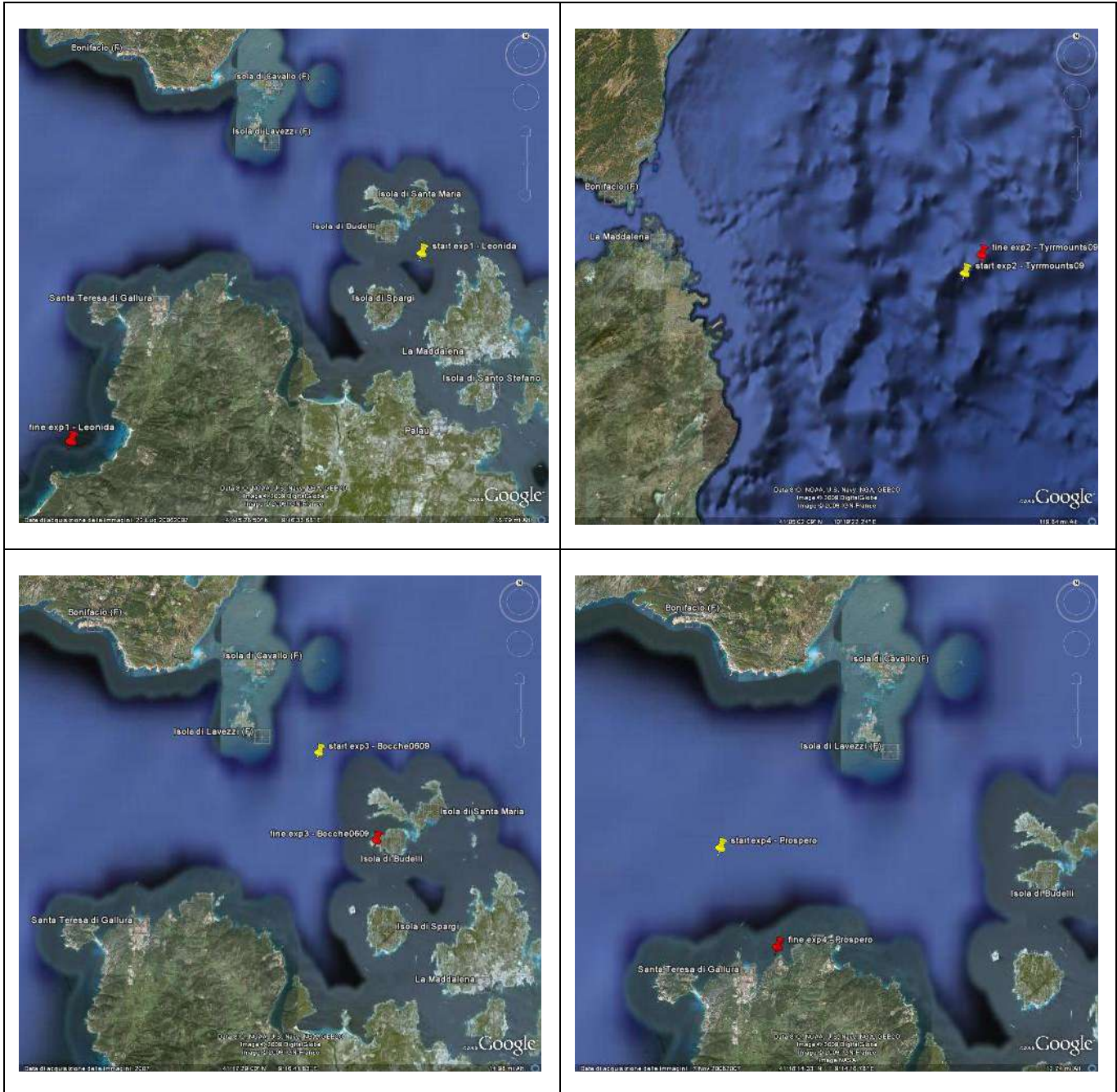
L'esperimento GIUSTINIANO è stato effettuato nel Canale di Bucinara, tra l'arcipelago di La Maddalena e la Sardegna (fig. 24). Tale Canale ha una grande importanza sia perché via di passaggio di imbarcazioni di diversa stazza (anche navi da crociera) tra le Bocche di Bonifacio e la Costa Smeralda nonostante la presenza di secche, scogli e una profondità massima non eccessiva (circa 40 metri), sia perché è la principale via di scambio di acqua sempre tra le due aree succitate.

Il periodo dell'esperimento è la fine di agosto, scelto non a caso per la presenza di un forte e limitato evento di Maestrale (vedi fig. 25 in basso a sinistra e destra) dopo giorni di calma, che ci ha permesso di studiare il comportante delle correnti superficiali. Il drifter è stato seguito in continuo da una motovedetta a causa dell'intenso traffico di natanti presenti in loco.

L'analisi dei dati (fig. 25) mostra una corrente che segue, a livello superficiale, il vento sia in direzione che in velocità. Infatti tale esperimento è iniziato con un vento da nord-ovest di debole intensità per terminare con vento relativamente forte.



Questo va tenuto in considerazione nel caso di sversamenti di inquinanti in zona, con tempi di risposta molto brevi.





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

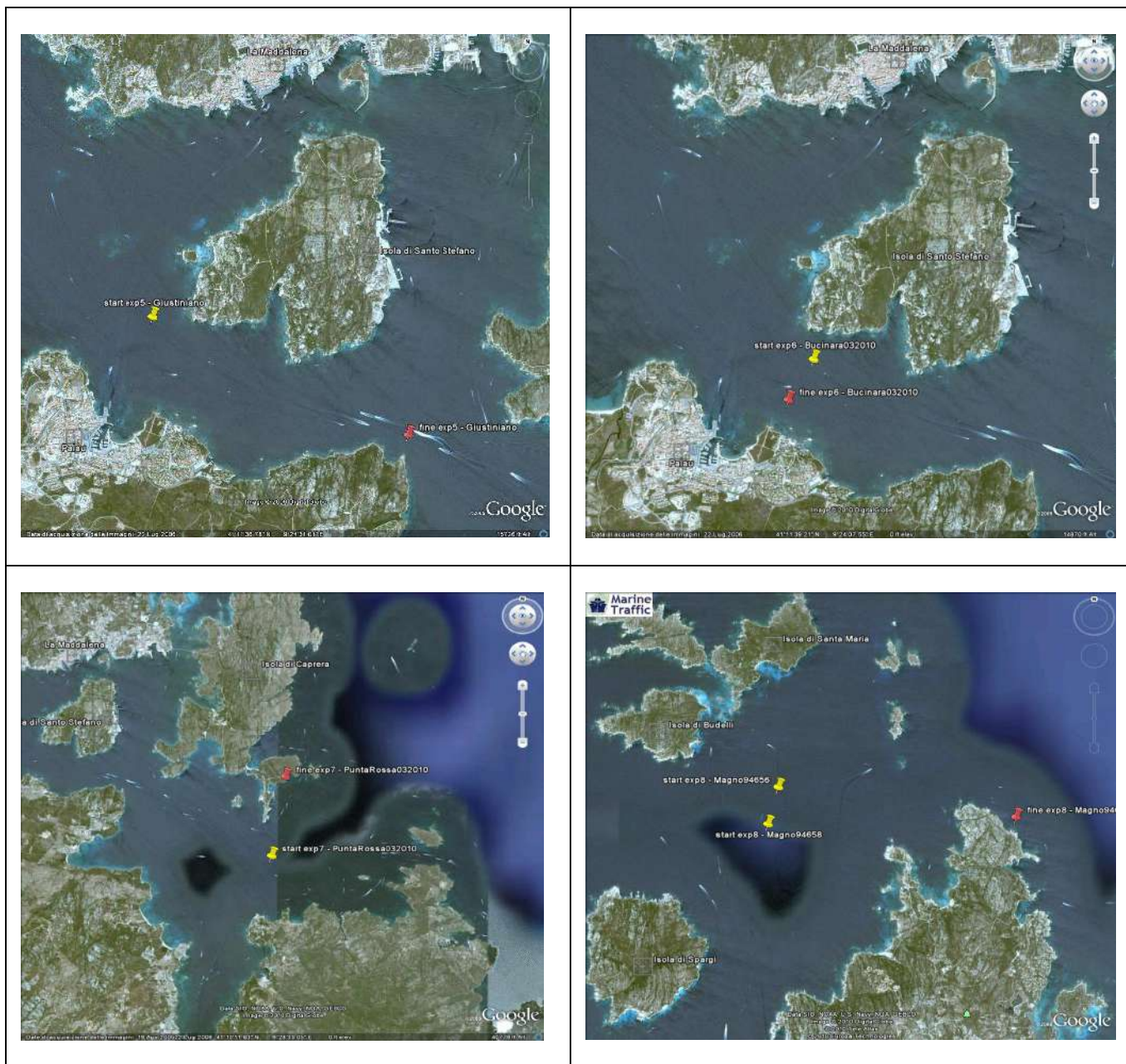


Fig.19: Il segnalino giallo indica il punto di inizio esperimento e quello rosso di fine esperimento o recupero relativi all'esperimento (da sinistra a destra e dall'alto in basso): Leonida, Vercelli, Bocche0609, Prospero, Giustiniano, Bucinara, Puntarossa e Magno/ Le marqueur jaune indique le point de départ de l'expérience et le rouge à la fin de l'expérience ou de la récupération liée à l'expérience (de gauche à droite et de haut en bas): Leonida, Vercelli, Bocche0609, Prospero, Giustiniano, Bucinara, Puntarossa et Magno

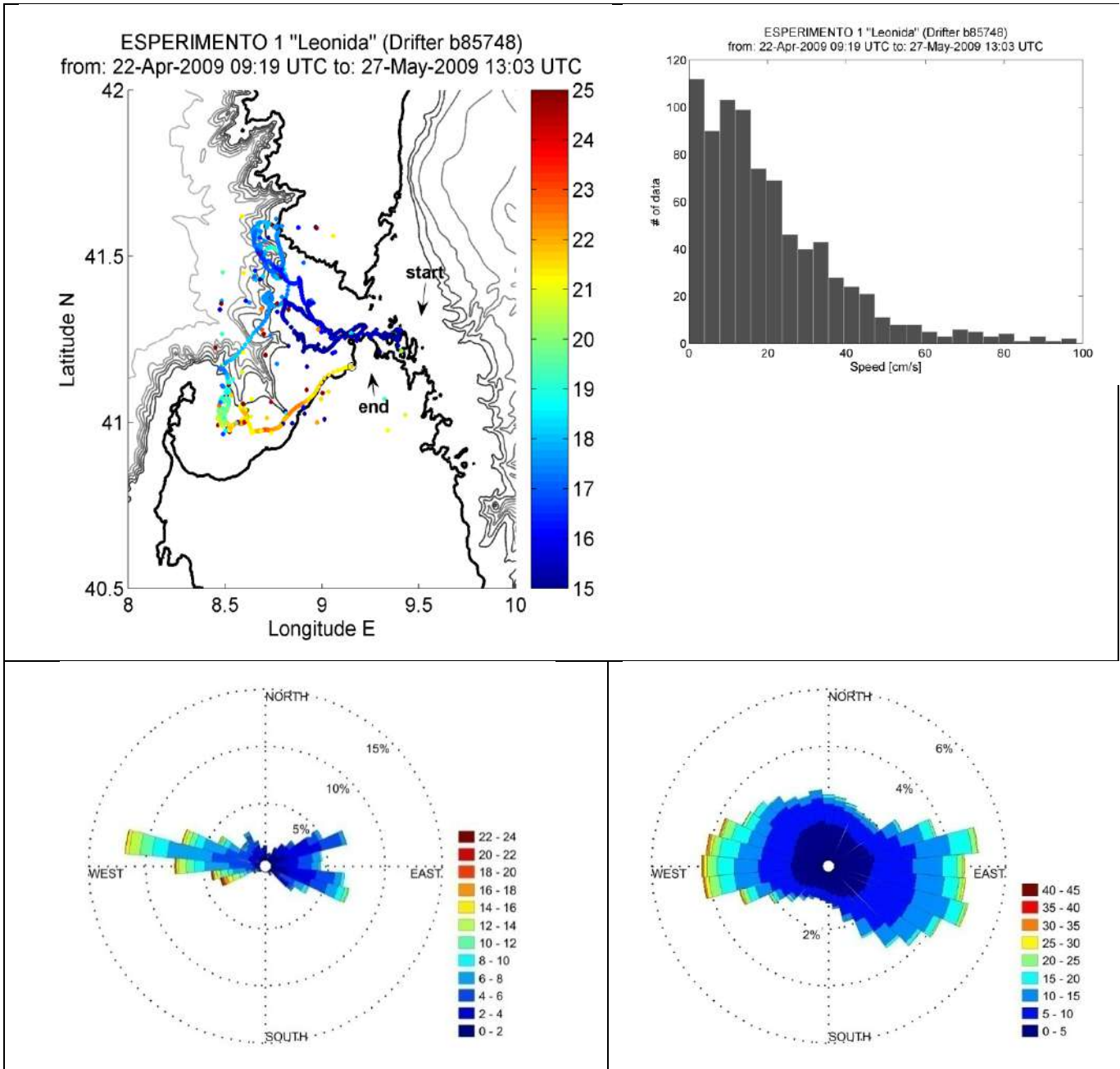


Fig.20: Esperimento LEONIDA, spostamenti del drifter e temperatura in °C (in alto, a sinistra), istogramma delle velocità (in alto, a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso, a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (in basso a destra) / Expérience LEONIDA, décalage du dériveur et température en °C (en haut, à gauche), histogramme de vitesse (en haut, à droite), rose des vents mesurée en Guardia Vecchia en m/s (en bas à gauche), rose des vents de Skiron en m/s (en bas à droite)

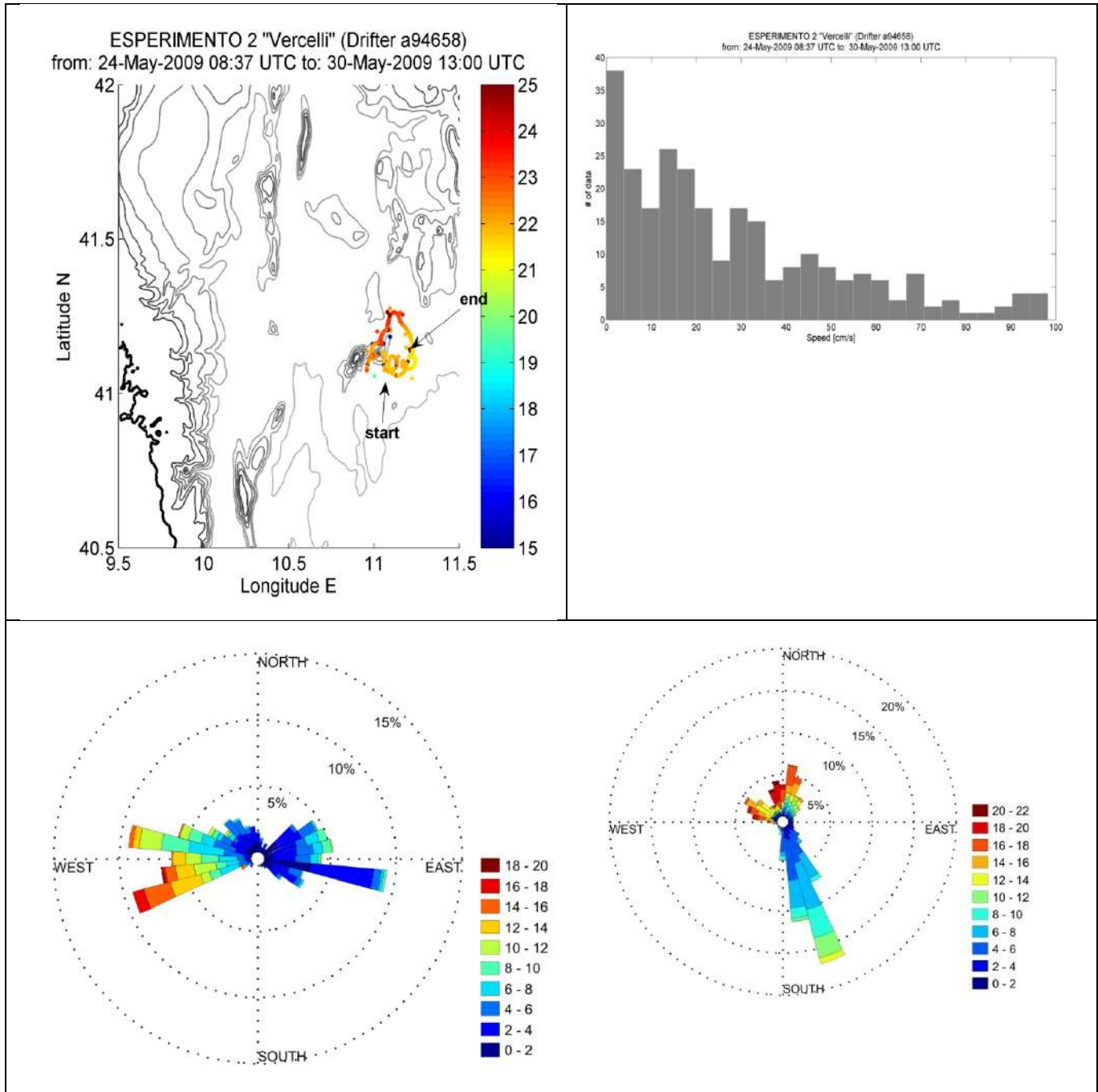


Fig.21: Esperimento VERCELLI, spostamenti del drifter e temperatura in °C (in alto, a sinistra), istogramma delle velocità (in alto, a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso, a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (in basso a destra)./ Expérience VERCELLI, décalage du dériveur et température en °C (en haut,



à gauche), histogramme de vitesse (en haut, à droite), rose des vents mesurée en Guardia Vecchia en m/s (en bas à gauche), rose des vents de Skiron en m/s (en bas à droite)

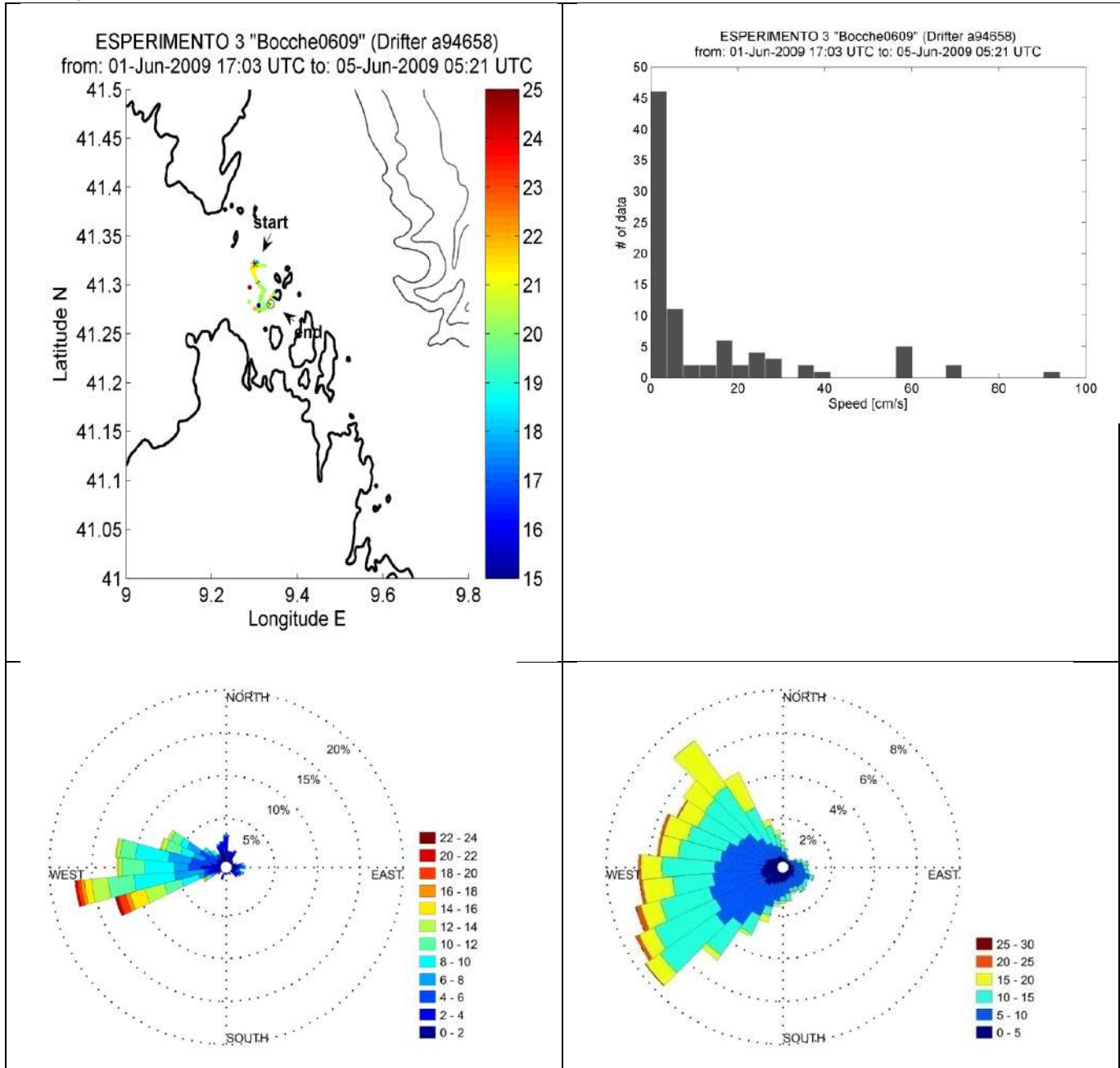


Fig.22: Esperimento BOCCHE0609, spostamenti del drifter e temperatura in °C (in alto, a sinistra), istogramma delle velocità (in alto, a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso, a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (in basso a destra)./ Expérience BOCCHE0609, décalage du dériveur et température en ° C



(en haut, à gauche), histogramme de vitesse (en haut, à droite), rose des vents mesurée en Guardia Vecchia en m/s (en bas à gauche), rose des vents de Skiron en m/s (en bas à droite)

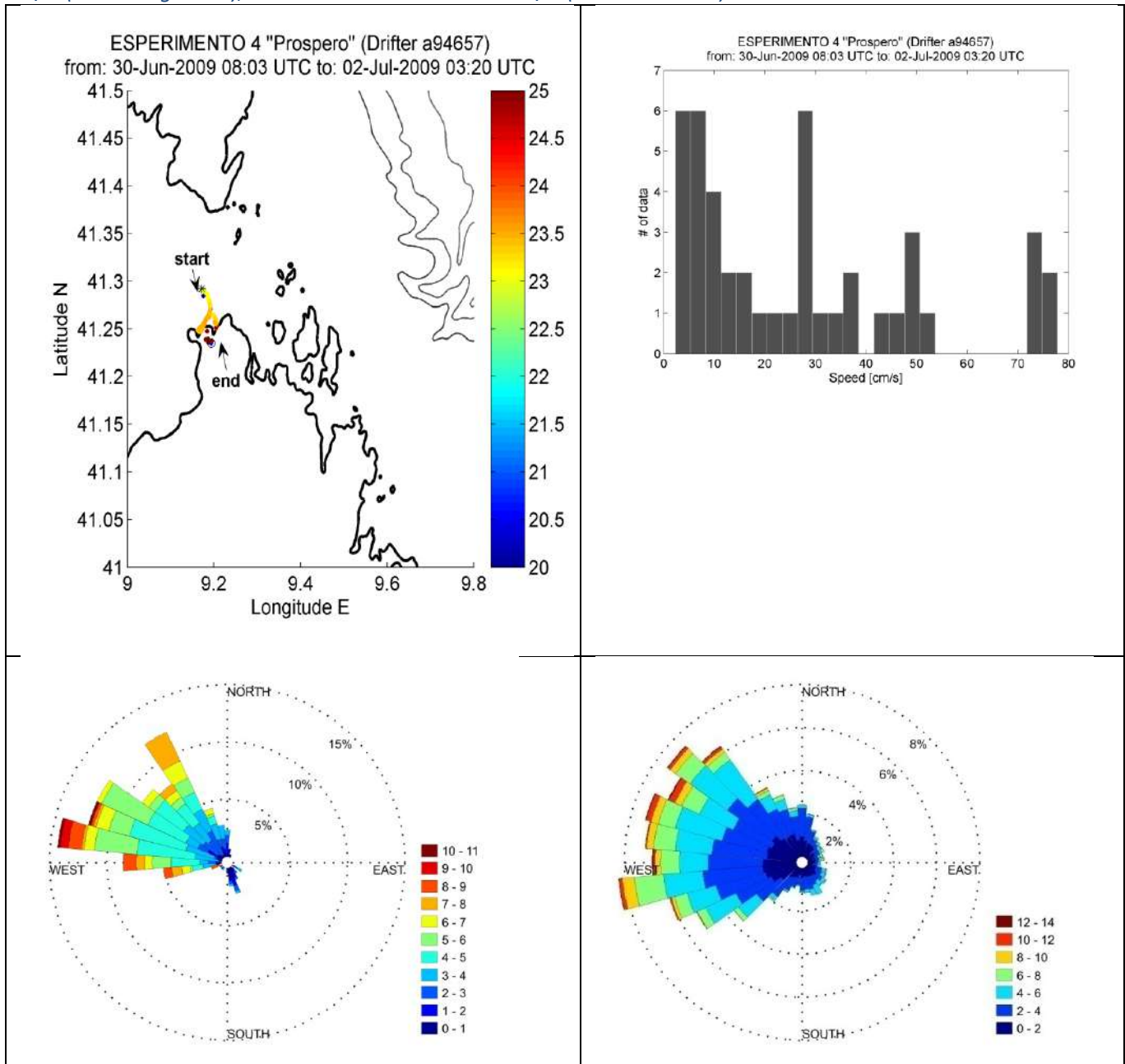


Fig.23: Esperimento PROSPERO, spostamenti del drifter e temperatura in °C (in alto, a sinistra), istogramma delle velocità (in alto, a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso, a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (in basso a destra)./ Expérience PROSPERO, décalage du dériveur et température en ° C



(en haut, à gauche), histogramme de vitesse (en haut, à droite), rose des vents mesurée en Guardia Vecchia en m/s (en bas à gauche), rose des vents de Skiron en m/s (en bas à droite)

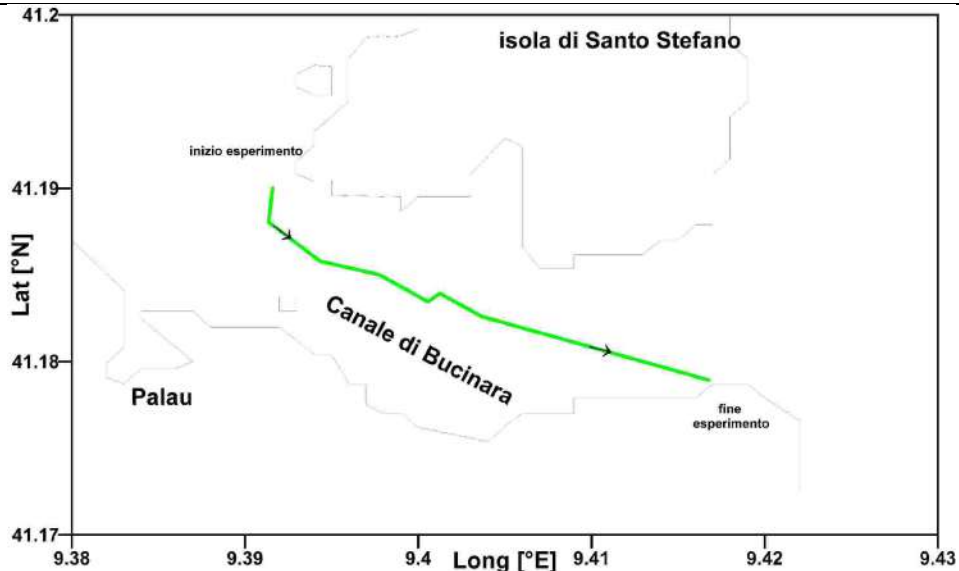
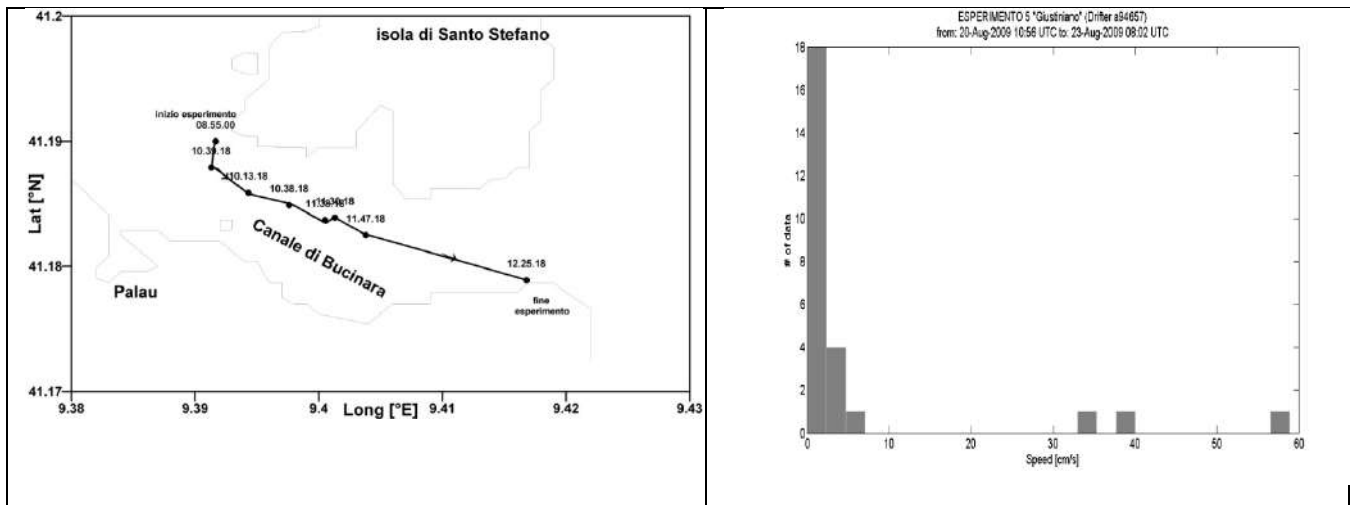


Fig.24: Tracciato dell'esperimento GIUSTINIANO / Trace de l'expérience GIUSTINIAN



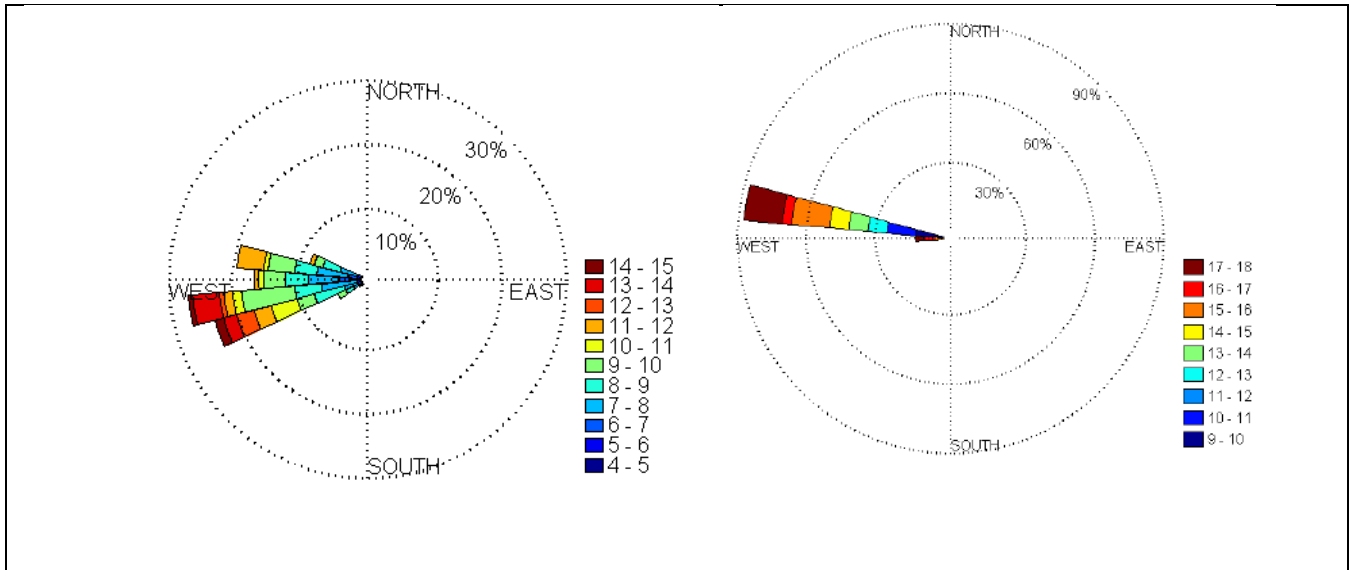


Fig.25: Esperimento GIUSTINIANO, spostamenti del drifter (in alto a sinistra), istogramma delle velocità (in alto a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (in basso a destra) / Expérience GIUSTINIANO, déplacements du dériveur (en haut à gauche), histogramme de vitesse (en haut à droite), rose des vents mesurée en Guardia Vecchia en m/s (en bas à gauche), Skiron rose des vents en m/s (en bas à droite)



Les expériences réalisées avec les dérivants (tableau 3) étaient au nombre de cinq et avaient une durée variable allant de 1 à 35 jours. Ceux numérotés 1, 3 et 4 se terminent par un échouage à la drève.

Pendant les mois d'été de juillet et août, les expériences ont été interrompues en raison du trafic intense de bateaux de plaisance dans la zone d'étude.

L'expérience 7-MAGNO a été marquée par le lancement simultané de deux bouées dérivantes, dont une a été perdue au bout d'une journée environ.

Les informations générales concernant les expériences réalisées sont énumérées dans le tableau 3, tandis que celles plus détaillées sont présentées dans le tableau 4.

Les cartes suivantes (Figure 19) indiquent le point de départ de l'expérience (marqueur jaune) et la fin



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

de l'expérience ou la récupération (marqueur rouge) associé à chaque expérience.

Les données des expériences réalisées avec les bouées lagrangiennes ont été obtenues du site ArgosWeb (<http://argos-system.clsamerica.com/cwi/Logon.do>), des satellites français de localisation CLS-Collecte, au format ASCII pour la première expérience. et en format binaire pour les trois prochaines expériences.

Ensuite, ils ont été soumis à un post-traitement, en utilisant les codes Matlab fournis par le Dr Riccardo Gerin de la CGO de Trieste.

Les drifter fournissent la même position en moyenne 15 fois par heure.

Après avoir effectué une médiane des données pour chaque intervalle d'une heure (dans la première expérience) ou de 20 minutes (dans les trois expériences suivantes) et avoir éliminé celles qui se trouvaient en dehors de la plage établie par la moyenne de trois fois leur écart Des cartes de surface standard de la position du dériveur et des histogrammes des fréquences absolues des vitesses ont été produites.

Pour chaque expérience, des cartes horizontales des déplacements des drifter ont été réalisées, dans lesquelles l'échelle de couleur indique la température de l'eau de surface mesurée par la bouée elle-même et l'histogramme de fréquence indiquant les vitesses les plus fréquentes a été calculé.

De plus, pour une comparaison du trajet de la bouée avec le champ de vent moyen, les deux roses des vents représentent le vent mesuré pendant la période de chaque expérience à la station météorologique de la Vieille Garde et le champ de vitesse moyenne de la zone où il a été observé. déplacer la bouée extraite du modèle Skiron. On peut constater que les données expérimentales et modélisées sur les vents concordent, tant en termes de direction que d'intensité.

Il faut garder à l'esprit que les données de la station météorologique de Guardia Vecchia se réfèrent à un seul point, tandis que celles du modèle de Skiron se réfèrent à une zone plus large.

De plus, des animations ont été produites, qui représentent l'évolution du champ de vent modèle et des déplacements des dériveurs, qui ne peuvent toutefois pas être reproduits sur papier.

Dans la première expérience appelée LEONIDA (fig. 20), les vitesses de dérivants varient entre 0 et 0,5 m/s, avec des pics maximaux atteignant environ 1 m/s.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Cette expérience, la plus longue des quatre avec 35 jours de mesure, a clairement montré le forçage principal du courant de surface à l'intérieur du Bocche de Bonifacio, c'est-à-dire, par ordre d'importance, le vent, les marées et les sexes.

En l'absence de vent, le forçage des marées montre sa présence obligeant la bouée à tracer des cercles ou des ellipses avec une période de 17 à 18 heures; enfin, les sexes se développent à la suite de vents violents à direction constante qui accumulent de l'eau dans l'archipel.

Au cours de la deuxième expérience "VERCELLI", les vitesses sont réparties sur des vitesses plus élevées qu'auparavant, c'est-à-dire entre 0 et 0,7 m/s , avec plus de 3% des mesures entre 0,9 et 1 m/s dues à un événement de sirocco dans la deuxième partie de l'expérience, également mise en évidence par une diminution notable de la température de l'eau de surface (fig.21).

La bouée de la troisième expérience appelée "BOCCHE0609" (fig.22) montre des vitesses très basses et généralement inférieures à 0,3 m/s (plus de 89%).

Certaines données (9%) indiquent des vitesses d'environ 0,6 m/s , avec des pointes pouvant atteindre 0,9 m/s , probablement en raison d'un fort vent du sud-ouest avec environ 20 m/s , ce qui a également permis de déterminer un fort abaissement de la température de surface du sol. l'eau.

Enfin, malgré sa courte durée de 3 jours seulement, l'expérience "PROSPERO" (Fig.23) a été affectée par un vent d'intensité modérée (maximum 9-10 m/s) entraînant des vitesses de bouée généralement inférieures à 0,3 m. / s (66% des données) avec des pics de 0,7-0,8 m/s .

L'expérience justinienne s'est déroulée dans le canal de Bucinara, entre l'archipel de La Maddalena et la Sardaigne (fig. 24). Ce canal revêt une grande importance tant par le passage de bateaux de tonnage différent (y compris les navires de croisière) entre le Bocche di Bonifacio et la Costa Smeralda, malgré la présence de hauts-fonds, de rochers et d'une profondeur maximale non excessive (environ 40 mètres), et parce que c'est la principale voie d'échange d'eau entre les deux zones susmentionnées.

La période d'expérimentation est la fin du mois d'août, choisie non par hasard pour la présence d'un vent fort et limité (voir fig. 25 ci-dessous à gauche et à droite) après des jours de calme qui nous ont permis étudier le comportement des courants de surface. Cependant, le dériveur a été suivi en permanence par un bateau de patrouille en raison du trafic intense de bateaux sur le site.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

L'analyse des données (fig. 24-25) montre un courant qui suit, à un niveau superficiel, le vent dans la direction et dans la vitesse. En fait, cette expérience a commencé avec un vent faible du nord-ouest pour se terminer par un vent relativement fort.

Ceci doit être pris en compte dans le cas de déversements de polluants dans la région, avec des temps de réponse très courts.

Esperimento VI-BUCINARA / Expérience VI-BUCINARA

Il 18 marzo 2010, alle ore 06.30 UTC, il drifter n.94656 è stato lanciato nel tratto di mare tra Palau e La Maddalena, all'interno del Canale di Bucinara (fig. 25) su di un fondale di circa 30 metri. Il lancio è avvenuto dalla N/O Maria Grazia del CNR che poi ha proseguito per acquisire profili idrologici con sonda multiparametrica all'interno dell'arcipelago.

Dopo circa 8.30 ore l'esperimento è stato concluso in seguito a recupero non programmato della boa da parte di un pescatore nel Canale di Bucinara.

L'attività si è svolta nell'ambito della campagna oceanografica del Consiglio Nazionale delle Ricerche denominata Bonifacio2010-COR, terminata il 22 marzo a Olbia.



Le 18 mars 2010, à 6h30 UTC, le dériveur n ° 46656 a été lancé dans le tronçon de mer situé entre Palau et La Maddalena, dans le canal de Bucinara (fig. 25) sur une profondeur d'environ 30 mètres. Le lancement a eu lieu à partir du N / O Maria Grazia du CNR, qui a ensuite continué à acquérir des profils hydrologiques avec une sonde paramétrique à l'intérieur de l'archipel.

Après environ huit heures et demie, l'expérience a pris fin à la suite de la récupération de la bouée par un pêcheur dans le canal de Bucinara.

Cette activité s'inscrit dans le cadre de la campagne océanographique du Conseil national de recherche dénommée Bonifacio 2010-COR, qui s'est achevée le 22 mars à Olbia.

Esperimento VII-PUNTAROSSA / Expérience VII-PUNTAROSSA

Sempre nell'ambito della campagna oceanografica Bonifacio2010-COR, il 19 marzo 2010 alle ore 06:20



UTC, il drifter n.94656 è stato lanciato nel tratto di mare a sud di Punta Rossa al termine del Canale di Bucinara (fig. 26) su di un fondale di circa 50 metri.

Dopo circa 7 ore la boa è stata recuperata in prossimità dell'isola di Caprera. Questo breve esperimento ha permesso di validare il modello numerico di previsione della circolazione nell'Arcipelago di La Maddalena (figure 26 e 27).

Ponendo il punto di lancio e quello di recupero sulla mappa di previsione del modello numerico (fig. 27), vediamo che il percorso fatto dal drifter durante le ore dell'esperimento può essere facilmente spiegato dall'intensità e dalla direzione della corrente superficiale modellizzata. Questo verifica sperimentalmente che il modello ha fornito indicazioni corrette sulla circolazione superficiale nella zona in quella giornata.

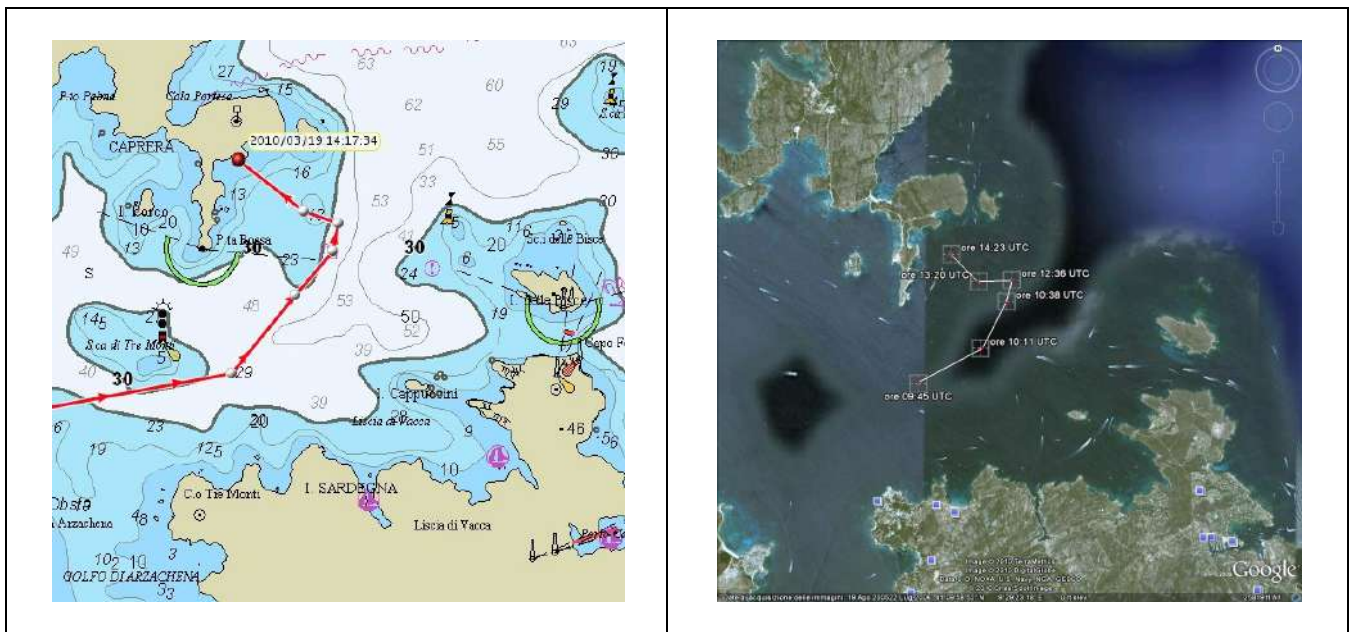


Fig. 26: Il percorso effettuato dalla boa durante l'esperimento partendo dal punto (29) nella figura di sinistra e durante i diversi momenti dello stesso (a destra) su base satellitare / Le chemin emprunté par la

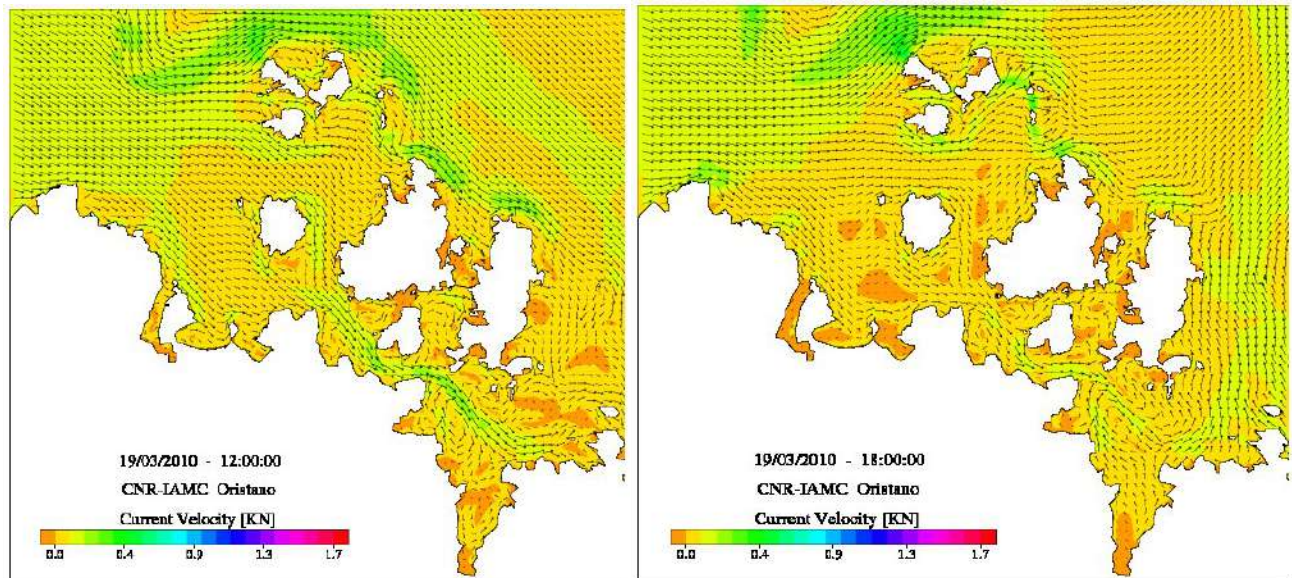


Fig. 27: previsione della circolazione nella zona dell'esperimento il 19 marzo alle ore 12:00 (sinistra) e 18:00 (destra) UTC / diffusion prévue dans la zone d'expérience le 19 mars à 12h00 (à gauche) et 18h00 (à droite) UTC



Toujours dans le cadre de la campagne océanographique Bonifacio2010-COR, le dériveur n° 94656 a été lancé le 19 mars 2010 à 06h20 UTC dans l'étendue de mer au sud de Punta Rossa, au bout du canal de Bucinara (fig. 26) le d'une profondeur d'environ 50 mètres.

Après environ 7 heures, la bouée a été retrouvée près de l'île de Caprera. Cette expérience a permis de valider le modèle numérique de prévision de la circulation dans l'archipel de La Maddalena (figures 26 et 27).

En plaçant le point de lancement et le point de récupération sur la carte de prévision du modèle numérique (fig. 27), nous voyons que le chemin emprunté par le dériveur pendant les heures de l'expérience peut être facilement expliqué par l'intensité et la direction du courant de surface modélisé. Ceci vérifie expérimentalement que le modèle a fourni des indications correctes sur la circulation superficielle dans la région ce jour-là.

Esperimento VIII-MAGNO / Expérience VIII-MAGNO



Il 6 settembre 2010, alle ore 09:30 UTC, e' iniziato l'VIII esperimento con boe lagrangiane/derivanti. Il drifter n. 94658 è stato lanciato nel tratto di mare tra le isole di La Maddalena, Spargi, Budelli e Santa Maria (figura 15) su di un fondale di circa 40 metri. Circa 6 minuti dopo anche il drifter n. 94656 e' stato lanciato sempre nella stessa area in modo da verificare il loro comportamento reciproco rispetto sia al vento che alle correnti locali (Figura 28).

Dopo circa 12 ore la boa n. 94658 ha terminato la sua corsa a nord-est dell'isola di La Maddalena mentre l'altra boa ha continuato il suo viaggio verso est al centro del mare Tirreno (vedi figura 29).

Attualmente, il semplice confronto la previsione della corrente superficiale effettuata dal sistema di previsione del mare WMED (che fornisce giornalmente le condizioni ai contorni al modello costiero di previsione; vedi figura 30 sinistra) il giorno 15/09/2010 con il percorso della boa n. 94656 dal giorno del rilascio fino al 15/09 (figura 30 destra), permette di spiegare sia il motivo di tali variazioni e velocità del drifter in mare aperto, e di verificare il corretto funzionamento del modello di previsione.

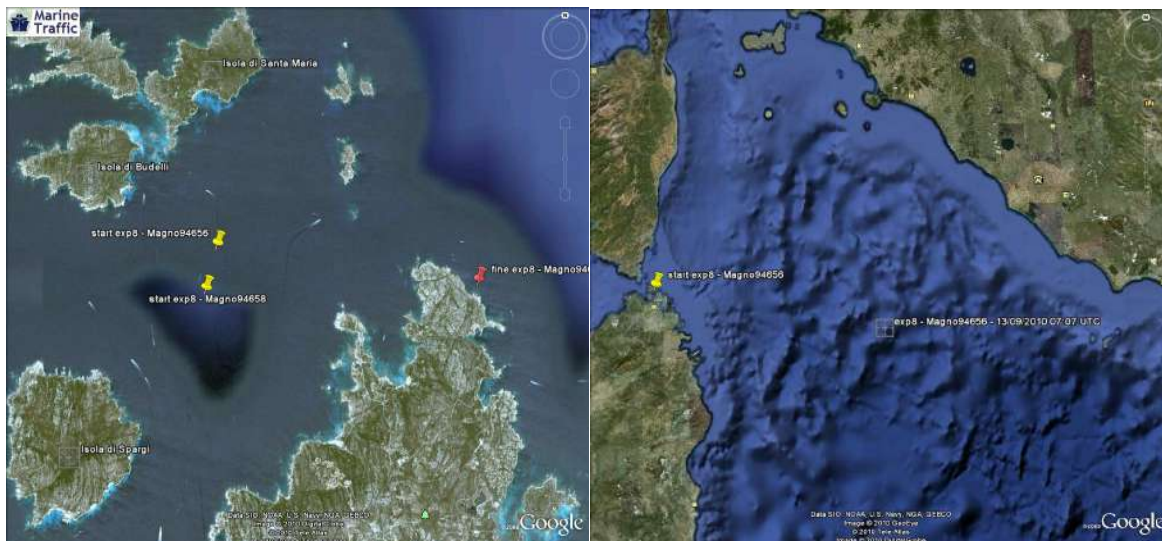


Fig. 28: Inizio (segnalino giallo) dell'esperimento MAGNO092010 con le boe n. 94658 e 94656 e la fine per la n. 94658 (segnalino rosso) a sinistra; a destra la posizione al centro del Tirreno della boa n. 94656 il 13 settembre 2010 / Début (marqueur jaune) de l'expérience MAGNO092010 avec les bouées n. 94658 et 94656 et la fin pour le n. 94658 (marqueur rouge) à gauche; à droite, la position au centre de la mer Tyrrhénienne de la bouée n. 94656 sur 13 septembre 2010

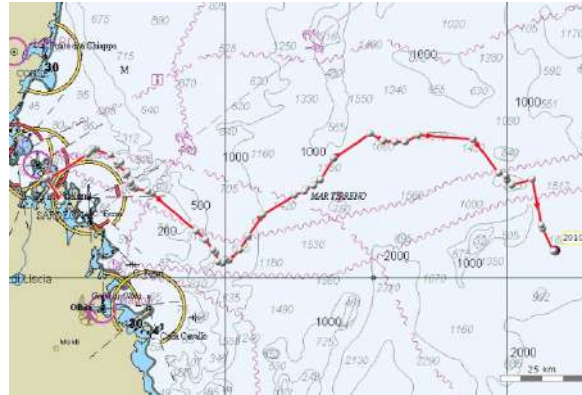


Fig. 29: L'esperienza MAGNO92010 per la boa n. 94656 indicato con il suo punto di rilascio all'interno dell'Arcipelago di La Maddalena e la sua posizione al centro del Tirreno del 13 settembre 2010 / L'expérience MAGNO92010 pour la bouée n. 94656 indiqué avec son point de sortie dans l'archipel de La Maddalena et sa position au centre de la mer Tyrrhénienne le 13 septembre 2010

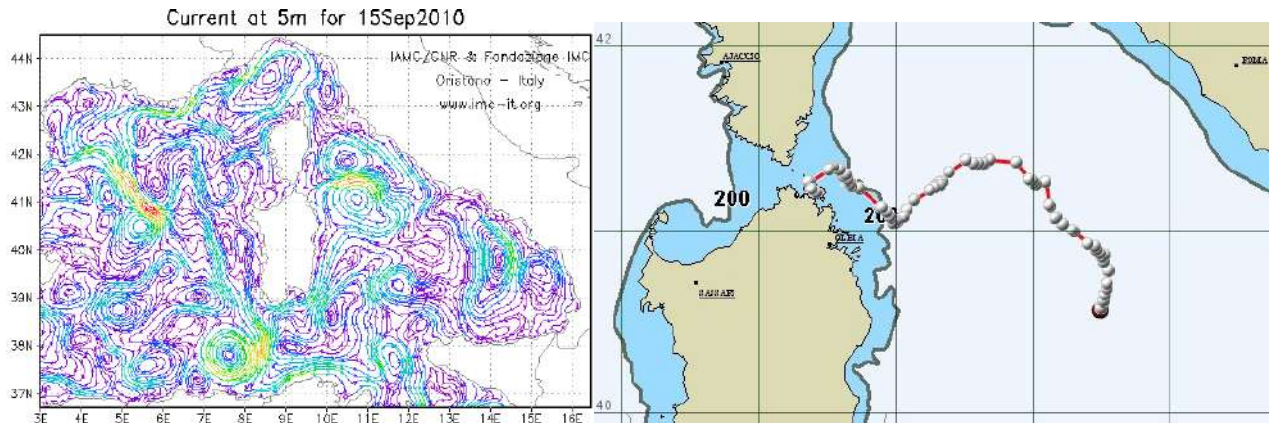


Fig. 30 Output del modello con la circolazione superficiale il 15 settembre nel Mediterraneo occidentale (a sinistra) e il percorso della boa n. 94656 dal giorno del rilascio nell'arcipelago fino a tale data (a destra) / Output du modèle avec circulation superficielle le 15 septembre en Méditerranée occidentale (à gauche) et le chemin de la bouée n. 94656 à partir du jour de la libération dans l'archipel jusqu'à cette date (à droite)



Le 6 septembre 2010 à 11h30, heure locale, la 8ème expérience avec des bouées lagrangiennes / dérivantes a commencé. Le vagabond n. Le 94658 a été lancé dans la mer entre les îles de La



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Maddalena, Spargi, Budelli et Santa Maria (figure 15) sur une profondeur d'environ 40 mètres. Environ 6 minutes plus tard, même le vagabond n. 94656 a toujours été lancé dans la même zone afin de vérifier leur comportement mutuel vis-à-vis du vent et des courants locaux (Figure 28).

Après environ 12 heures, la bouée n. La 94658 a terminé sa course au nord-est de l'île de La Maddalena, tandis que l'autre bouée a poursuivi sa route vers l'est jusqu'au centre de la mer Tyrrhénienne (voir la figure 29).

Actuellement, la simple comparaison de la prévision du courant de surface effectuée par le système de prévision en mer WMED (qui fournit quotidiennement les conditions aux contours du modèle de prévision au niveau côtier; voir la figure 30 à gauche) le 15/09/2010 avec l'itinéraire du boa n. 94656 à compter du jour de la diffusion jusqu'au 15/09 (figure 30 à droite), permet d'expliquer la raison de ces variations et la vitesse du dériveur en pleine mer, et de vérifier le bon fonctionnement du modèle de prévision.

Processamento dei dati / Traitement de données

Per ciascun esperimento si presentano le mappe orizzontali degli spostamenti dei drifter, in cui la scala dei colori indica la temperatura dell'acqua misurata dalla boa stessa (Figure 31, 32, 33, 34). E' stato calcolato l'istogramma di frequenza che evidenzia le velocità più frequenti. Inoltre, per un confronto del percorso della boa con il campo medio di vento, le due rose dei venti rappresentano il vento misurato durante il periodo di ciascun esperimento a Guardia Vecchia, e il campo di velocità medio nella zona in cui si è mossa la boa estratto dal modello Skiron. Bisogna comunque tener presente che i dati di Guardia Vecchia si riferiscono a un solo punto, mentre quelli del modello sono riferiti ad un'area più ampia. Le rose dei venti (Guardia Vecchia e Skiron) sono presentate solo per gli esperimenti #6 e #7, per l'esperimento #9 è presentata solo la rosa riferita ai dati di Guardia Vecchia, mentre non sono presentati rose di vento per l'esperimento #8.

Infine in figura 35 sono presentate le analisi dello spostamento dei drifter in rapporto alla direzione del vento misurato presso Guardia Vecchia, in modo da ottenere un confronto diretto spostamento/vento (solo per gli esperimenti #6, #7 e #9). I segmenti delle traiettorie sono stati colorati in modo diverso a seconda del vento presente durante lo spostamento del drifter:

- Vento da nord ($\alpha < 45^\circ$ e $\alpha > 315^\circ$) in blu
- Vento da est ($45^\circ < \alpha < 135^\circ$) in rosso

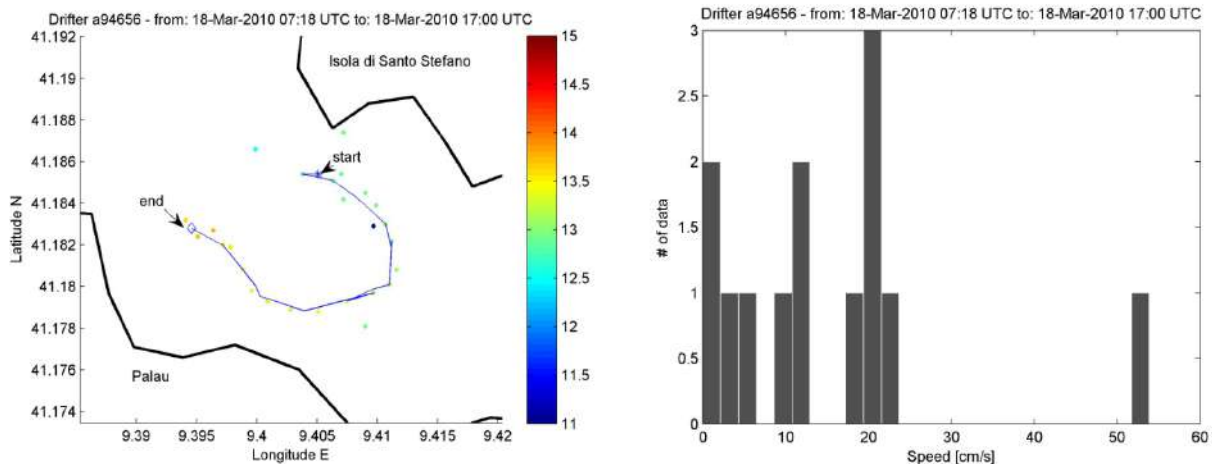


- Vento da sud ($135^\circ < \alpha < 225^\circ$) in ciano
- Vento da ovest ($225^\circ < \alpha < 315^\circ$) in verde

Da questa analisi risulta durante l'esperimento BOCHE0302010, lo spostamento verso ovest è avvenuto sotto l'influenza di venti provenienti da est. Nella prima parte dell'esperimento invece il drifter si è mosso verso ovest/sud-ovest, ma sotto l'influenza di venti da sud.

Tutto l'esperimento PUNTAROSSA invece è stato sottoposto all'azione di venti da est, mentre la traiettoria del drifter cambia, muovendosi prima verso est, poi verso ovest, suggerendo un'influenza principalmente idrodinamica legata alla circolazione generale nell'area (vedi Figura 35, in mezzo). Questo si è visto anche nel confronto con il campo numerico di circolazione, verificando sperimentalmente che il modello ha fornito indicazioni corrette sulla circolazione superficiale nella zona in quella giornata;

Per quanto riguarda l'esperimento MAGNO092010-94658, i venti da ovest hanno favorito lo spostamento verso la punta più settentrionale dell'isola della Maddalena. L'improvviso spiaggiamento della boa sul lato orientale dell'isola può essere stato favorito dal cambiamento della direzione del vento (vedi Figura 35, in basso).



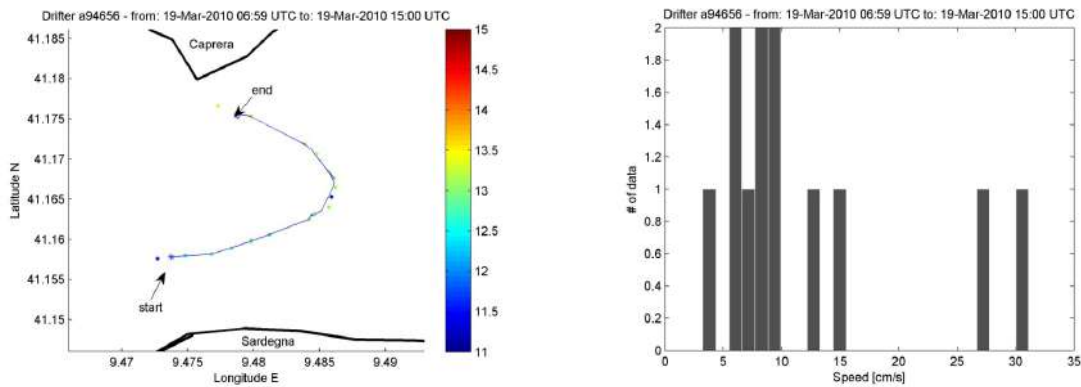
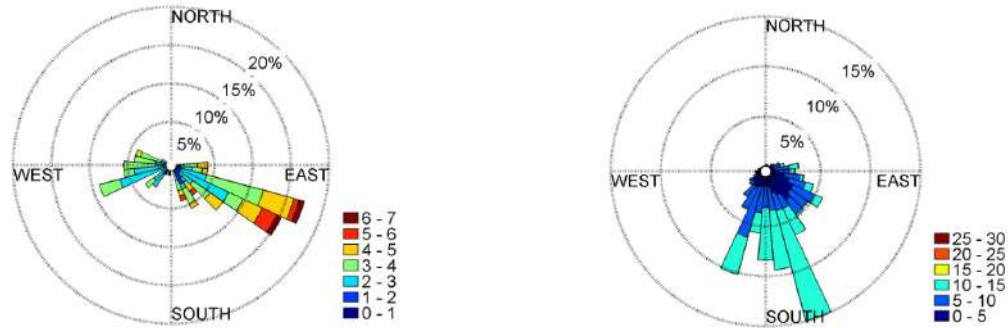


Fig. 31. Esperimeto BOCCHE032010: in alto lo spostamenti del drifter (a sinistra), istogramma delle velocità (a destra); in basso la rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (a destra) / Expérience BOCCHE032010: au-dessus des déplacements du dériveur (à gauche), de l'histogramme de vitesse (à droite); en bas de la rose des vents Vieille Garde mesurée en m/s (à gauche), la boussole a augmenté de Skiron en m/s (à droite)

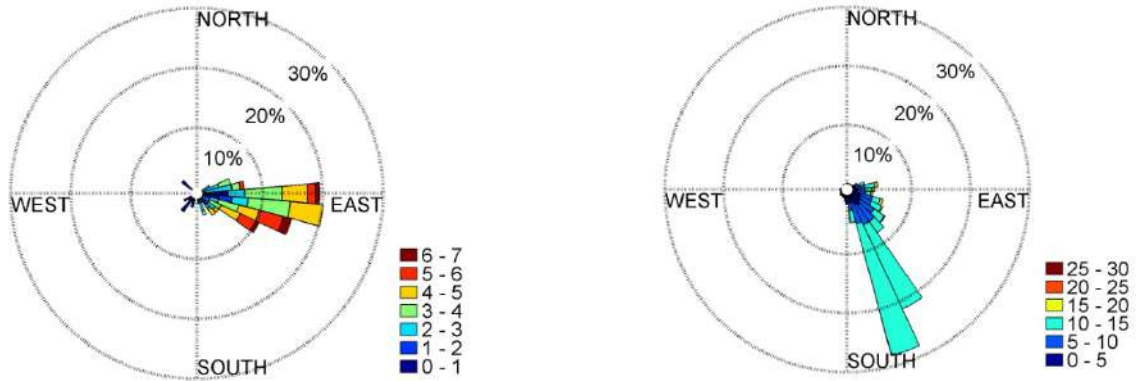
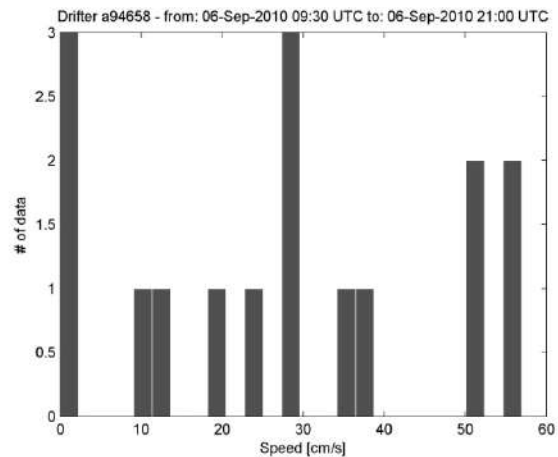
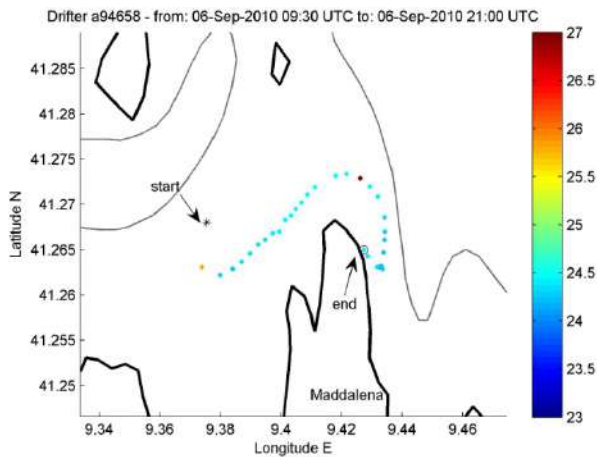


Fig. 32. Esperimento PUNTAROSSA: in alto lo spostamenti del drifter (a sinistra) e istogramma delle velocità (a destra); in basso la rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (a sinistra), rosa dei venti da Skiron in m/s (a destra) / Expérience PUNTAROSSA: au-dessus des déplacements du dériveur (à gauche), de l'histogramme de vitesse (à droite); en bas de la rose des vents Vieille Garde mesurée en m/s (à gauche), la boussole a augmenté de Skiron en m/s (à droite)



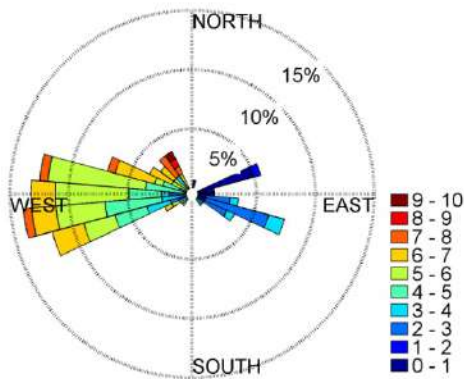


Fig. 33. Esperimeto MAGNO092010-94658: spostamenti del drifter (in alto, a sinistra), istogramma delle velocità (in alto, a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso, a sinistra) / Expérience MAGNO092010-94658: au-dessus des déplacements du dériveur (à gauche), de l'histogramme de vitesse (à droite); en bas de la rose des vents Vieille Garde mesurée en m/s (à gauche), la boussole a augmenté de Skiron en m/s (à droite)

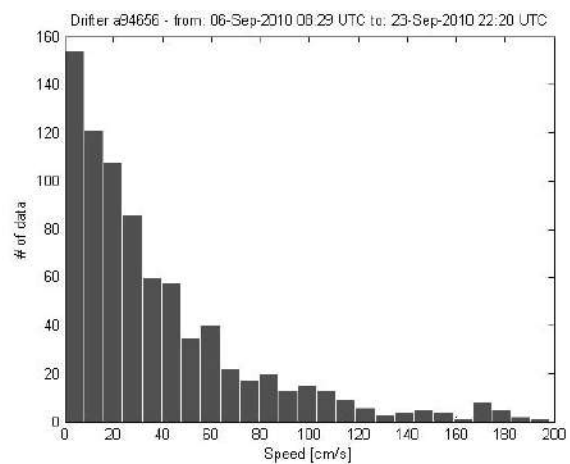
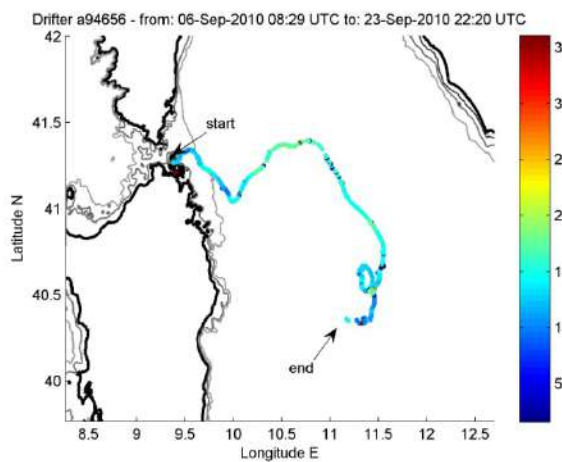
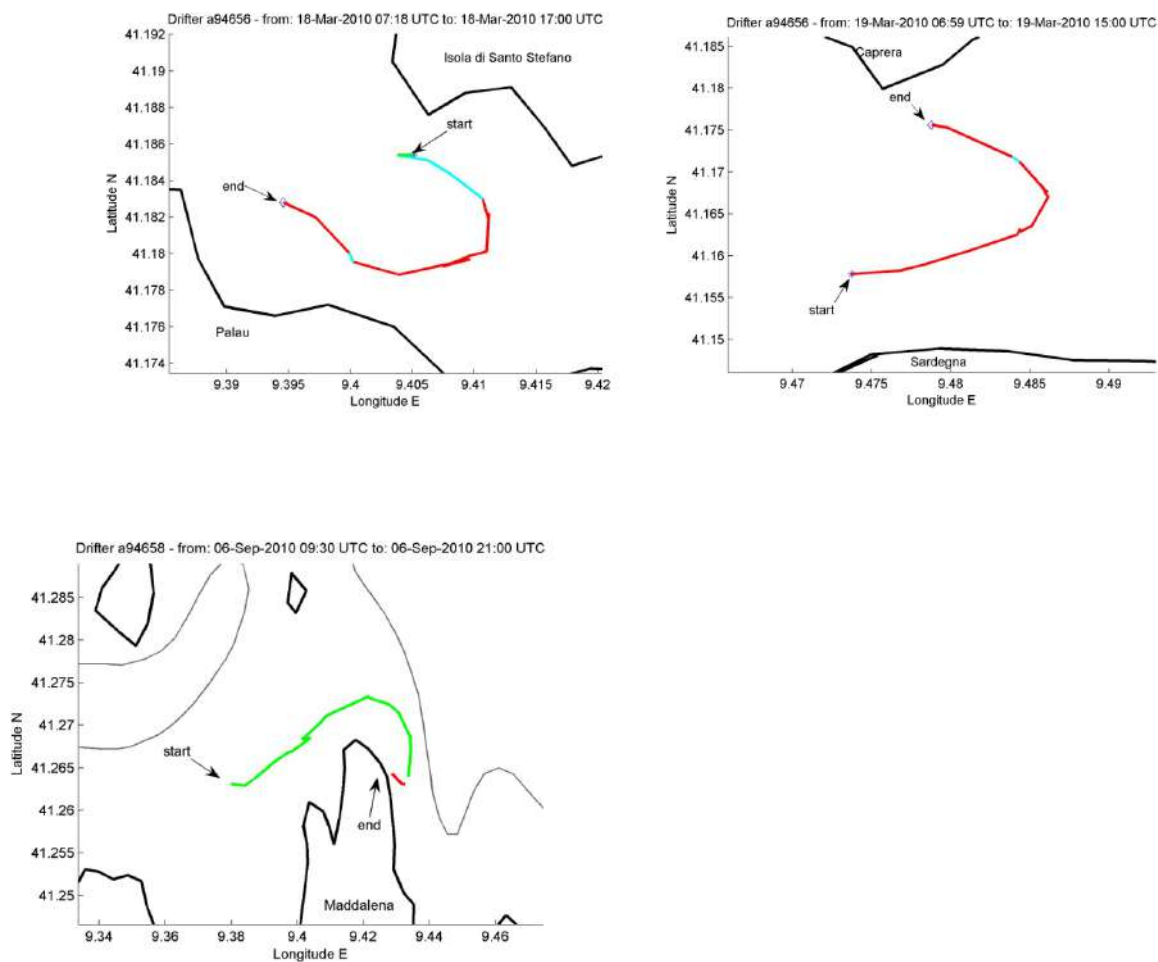




Fig. 34. Esperimento MAGNO092010-94656: spostamenti del drifter (in alto, a sinistra), istogramma delle velocità (in alto, a destra), rosa dei venti misurati a Guardia Vecchia in m/s (in basso, a sinistra) / Expérience MAGNO092010: au-dessus des déplacements du dériveur (à gauche), de l'histogramme de vitesse (à droite); en bas de la rose des vents Vieille Garde mesurée en m/s (à gauche), la boussole a augmenté de Skiron en m/s (à droite)





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Fig. 35 Esperimento BOCCHE032010 (in alto), PUNTAROSSA (in mezzo) e MAGNO092010-94658 (in basso).
Legenda colori: vento da nord in blu, vento da est in rosso, vento da sud in ciano, vento da ovest in verde /
Expérience BOCCHE032010 (en haut), PUNTAROSSA (au centre) et MAGNO092010-94658 (en bas). Légende
de couleurs: vent du nord en bleu, vent d'est en rouge, vent du sud en cyan, vent d'ouest en vert



Pour chaque expérience, les cartes horizontales des déplacements des dérivants sont présentées, dans lesquelles l'échelle de couleur indique la température de l'eau mesurée par la bouée elle-même (figures 31, 32, 33, 34). L'histogramme de fréquence montrant les vitesses les plus fréquentes a été calculé. En outre, pour une comparaison du trajet de la bouée avec le champ de vent moyen, les deux roses des vents représentent le vent mesuré pendant la période de chaque expérience dans Guardia Vecchia, ainsi que le champ de vitesse moyenne dans la région où la bouée a été déplacée. extrait du modèle Skiron. Il convient toutefois de garder à l'esprit que les données de Guardia Vecchia se réfèrent à un point unique, tandis que celles du modèle se réfèrent à une zone plus large. Ensuite, les roses des vents (Guardia Vecchia et Skiron) ne sont présentées que pour les expériences n° 6 et n° 7, pour l'expérience n° 9, seule la rose faisant référence aux données de Guardia Vecchia est présentée, alors qu'aucune rose des vents n'est présentée pour la expérience n° 8.

Enfin, sur la figure 35, les analyses du déplacement des dérivants sont ensuite présentées en relation avec la direction du vent mesurée à la vieille garde, de manière à obtenir une comparaison déplacement direct / vent (uniquement pour les expériences n° 6, n° 7 et n° 9). Les segments des trajectoires ont été colorés différemment en fonction du vent qui a soufflé pendant le mouvement du dériveur:

Vent du nord ($\alpha < 45^\circ$ et $\alpha > 315^\circ$) en bleu

Vent d'est ($45^\circ < \alpha < 135^\circ$) en rouge

Vent du sud ($135^\circ < \alpha < 225^\circ$) en cyan

Vent d'ouest ($225^\circ < \alpha < 315^\circ$) en vert



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

D'après cette analyse, il ressort de l'expérience BOCHE0302010 que le déplacement vers l'ouest s'est produit sous l'influence de vents d'est. Dans la première partie de l'expérience, le dériveur s'est déplacé vers l'ouest / sud-ouest, mais sous l'influence des vents du sud.

L'ensemble de l'expérience PUNTAROSSA a plutôt été soumis à l'action des vents d'est, tandis que la trajectoire du dériveur changeait, se dirigeant d'abord vers l'est, puis vers l'ouest, suggérant une influence principalement hydrodynamique (voir la figure 35, au milieu). Ceci a également été observé lors de la comparaison avec le champ de circulation numérique, en vérifiant expérimentalement que le modèle fournissait des indications correctes sur la circulation superficielle dans la région ce jour-là.

En ce qui concerne l'expérience MAGNO092010-94658, les vents d'ouest ont favorisé le déplacement vers le point le plus au nord de l'île de La Maddalena. Le changement de direction du vent a peut-être favorisé l'échouement soudain de la bouée du côté est de l'île (voir la figure 35 ci-dessous).

Misure meteorologiche / Mesures météorologiques

L'acquisizione delle osservazioni meteorologiche è stata ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati osservati dalla stazione di Guardia Vecchia della Guardia Costiera-Capitaneria di Porto di La Maddalena, posizionata a circa 140 m s.l.m. sull'isola di La Maddalena (coordinate geografiche 41°13'26.67"N, 009°24'8.53"E; fig.36).

Dal 12/03/2010 sono disponibili anche misure del campo di pressione atmosferica misurato ad Olbia presso la Capitaneria di Porto – Guardia Costiera di Olbia (coordinate geografiche 40°55'26.11"N, 009°30'36.58"E; figura 37). Questi dati, come quelli di La Maddalena, sono stati utilizzati per la correzione di quelli mareografici misurati presso Olbia e l'isola di Santo Stefano.

L'acquisizione dei campi di previsione meteorologica ad alta risoluzione spaziale è invece fornita dall'*Atmospheric Modelling and Weather Forecasting Group* dell'Università di Atene. I dati di vento, elaborati nel dominio 8.1-11.3 °E, 40.7-42 °N, (fig. 38) e relativi al periodo di svolgimento delle prime due fasi del progetto, vengono descritti di seguito.

La conoscenza dei parametri meteorologici (direzione e intensità del vento, temperatura dell'aria, umidità, copertura nuvolosa, ecc.) ha consentito di replicare gli studi di scenario selezionati e permettere inoltre di avere una stima della "qualità" del modello di previsione atmosferica che è stato utilizzato per forzare alla superficie il modello di previsione marina a scala costiera durante la fase



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

operativa.

Qui si presentano elaborazioni dei dati di vento, effettuate nel dominio 8.1-11.3 °E, 40.7-42 °N, relativi al periodo 01/01/2009-26/03/2010.



Fig. 36: Posizione della stazione meteorologica di Guardia Vecchia a La Maddalena / Localisation de la station météorologique de la Guardia Vecchia à La Maddalena

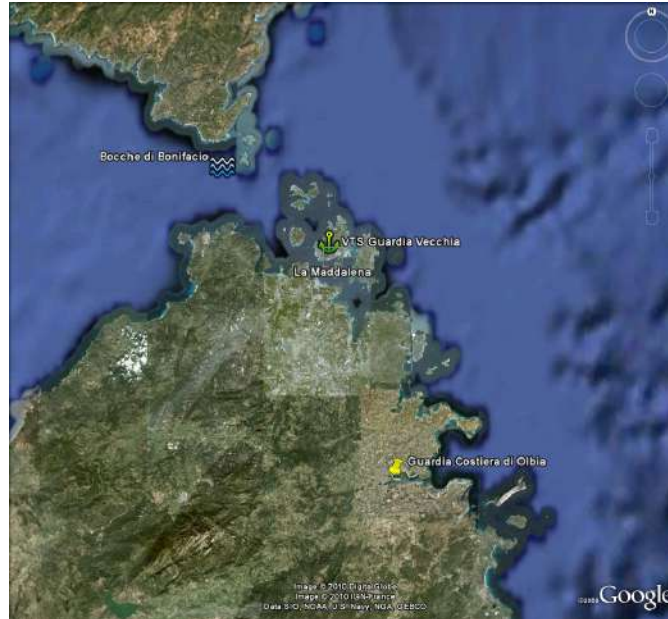


Fig. 37: Posizione della stazione meteorologica di Guardia Vecchia a La Maddalena e di quella presso la Guardia Costiera di Olbia / Localisation de la station météorologique de la Guardia Vecchia à La Maddalena et de celle de la Garde côtière d'Olbia

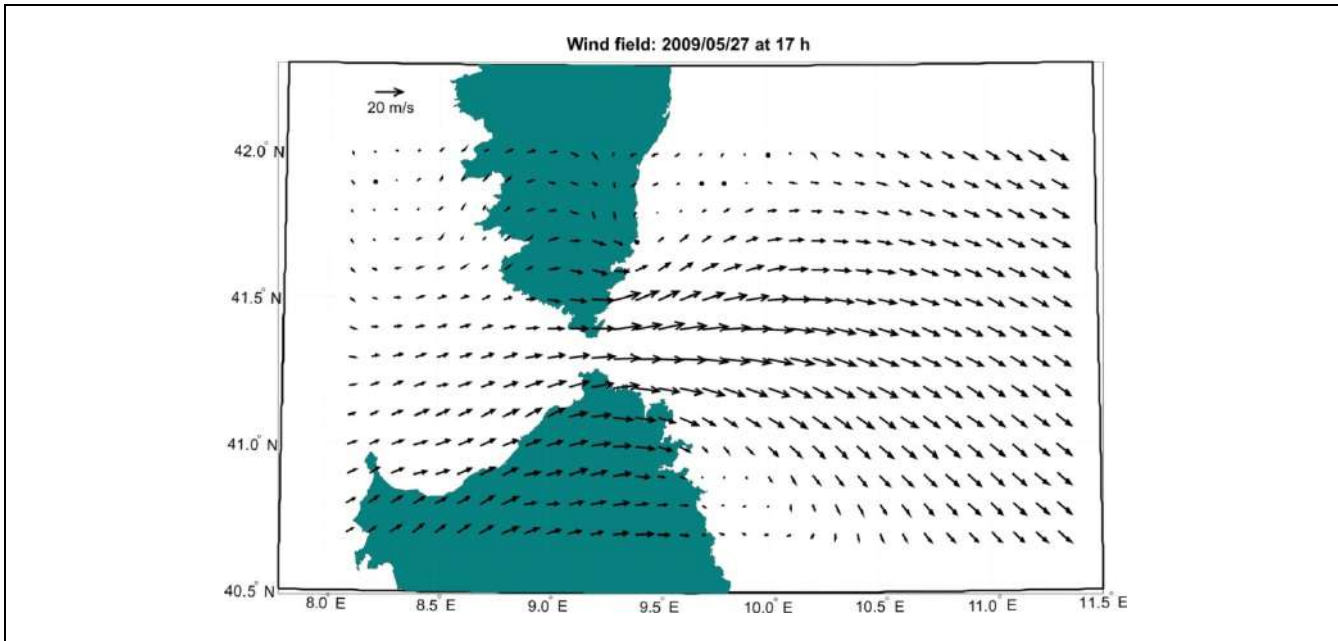


Fig 38: Campo di vento da Skiron del 27 maggio 2009 alle 17 / Champ éolien de Skiron le 27 mai 2009 à 17h

Tab. 5: Media e range annuale di pressione (mbar), vento (m/s), temperatura dell'aria (°C) e umidità relativa. Inoltre sono presentate le medie e le deviazioni standard degli stessi parametri su base stagionale (inverno=gennaio-marzo; primavera=aprile-giugno; estate=luglio-settembre; autunno=ottobre-dicembre) / *Moyenne et range de pression annuelle (mbar), vent (m/s), température de l'air (°C) et humidité relative. Sont également présentées les moyennes et les écarts-types des mêmes paramètres sur une base saisonnière (hiver = janvier-mars; printemps = avril-juin; été = juillet-septembre; automne-octobre-décembre).*

	Media annuale/		Medie stagionali			
	Media	Range	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Pressione (mbar)	1008.3	974.6 – 1026.1	1006.8 ± 9.8	1009.8 ± 4.4	1010.8 ± 2.7	1007.3 ± 8.2
Vento (m/s)	6.0	0 – 36	6.2 ± 4.7	5.7 ± 3.4	5.9 ± 3.8	6.2 ± 4.7
T aria (°C)	15.1	2.5 – 39	10.0 ± 2.3	17.5 ± 4.5	23.9 ± 3.0	14.3 ± 3.8
Umidità relativa (%)	89.7	14.4 – 99.9	92.5 ± 13.0	89.2 ± 16.4	82.5 ± 17.0	91.4 ± 12.5



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



L'acquisition des observations météorologiques a été obtenue grâce au traitement des données observées à partir du poste de la vieille garde de la Garde côtière-capitainerie de La Maddalena, positionné à environ 140 m.l.m. sur l'île de La Maddalena (coordonnées géographiques 41 ° 13'26.67 "N, 009 ° 24'8.53" E; fig.36).

À partir du 12/03/2010, des mesures de la plage de pression atmosphérique mesurée à Olbia à l'Office du Port - Garde Côtière d'Olbia sont également disponibles (coordonnées géographiques 40 ° 55'26.11 "N, 009 ° 30'36.58" E; figure 37). . Ces données, comme celles de La Maddalena, ont été utilisées pour corriger les données maréographiques mesurées à Olbia et sur l'île de Santo Stefano.

L'acquisition de champs de prévision météorologique à haute résolution spatiale est fournie par le groupe Modélisation atmosphérique et prévisions météorologiques de l'Université d'Athènes. Les données de vent, traitées dans le domaine 8.1-11.3 ° E, 40.7-42 ° N (fig. 38) et relatives à la période des deux premières phases du projet, sont décrites ci-dessous.

La connaissance des paramètres météorologiques (direction et intensité du vent, température de l'air, humidité, couverture nuageuse, etc.) a permis de reproduire les études de scénarios sélectionnées et également de disposer d'une estimation de la "qualité" du modèle de prévision atmosphérique. qui a été utilisé pour forcer le modèle de prévision marine à l'échelle côtière à la surface pendant la phase opérationnelle.

Nous présentons ici le traitement de données éoliennes, effectué dans le domaine 8.1-11.3 ° E, 40.7-42 ° N, relatif à la période 01/01 / 2009-26 / 03/2010.

Processamento dei dati / Traitement de données

I dati meteorologici forniti dalla Capitaneria di Porto di La Maddalena sono già post-processati (risoluzione temporale 5 o 10 minuti) pertanto non sono stati sottoposti ad ulteriore processamento. Sono presentati sottoforma di serie temporali dei parametri meteorologici osservati. I dati orari di vento dal modello numerico atmosferico (Skiron) sono stati estratti per il periodo e la zona di interesse.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Les données météorologiques fournies par la Capitaneria di Porto de La Maddalena sont déjà post-traitées (résolution temporelle 5 ou 10 minutes) et n'ont donc pas été soumises à un traitement supplémentaire. Les paramètres météorologiques observés sont présentés sous forme de séries chronologiques. Les données de vent horaires du modèle numérique atmosphérique (Skiron) ont été extraites pour la période et la zone d'intérêt.

[Studio dei parametri meteorologici osservati presso la stazione di Guardia Vecchia / Etude des paramètres météorologiques observés à la station Guardia Vecchia](#)

Sono presentate le serie temporali dei parametri meteorologici misurati a Guardia Vecchia dal 01/01/2009 al 26/03/2010. Gli istogrammi di frequenza riportati danno un'indicazione su quali valori siano più rappresentativi. Riassumendo, per tutto il periodo, la pressione atmosferica ha avuto un valore medio di 1008 mbar (min = 975, max = 1026), il vento una velocità media di 6 m/s (min = 0, max = 36), la temperatura dell'aria valori medi di 15.1 °C (min = 2.5, max = 39) e l'umidità relativa una percentuale media dell'89.7% (min = 14.4%, max = 99.9%). Avendo a questo punto del progetto a disposizione un periodo > 1 anno, è stato possibile stimare i range e i valori medi dei parametri meteorologici su base stagionale, come presentato nella tabella 5. Come ci si può aspettare, le temperature maggiori si registrano durante l'estate, mentre la variabilità minore di questo parametro è stato osservato in inverno. Per quanto riguarda la pressione atmosferica, essa è molto più stabile in estate e in primavera, mentre l'autunno e l'inverno sono stati caratterizzati, oltre che da un valore medio più basso, anche da oscillazioni più ampie intorno alla media stagionale. La stagione più umida è risultata essere l'inverno, quella più secca l'estate. Infine i venti spirano sempre con intensità abbastanza rilevanti confrontabili nel corso dell'intero anno con picchi massimi raggiunti in inverno. L'autunno e l'inverno dal punto di vista dell'intensità del vento sono risultate le stagioni più variabili.

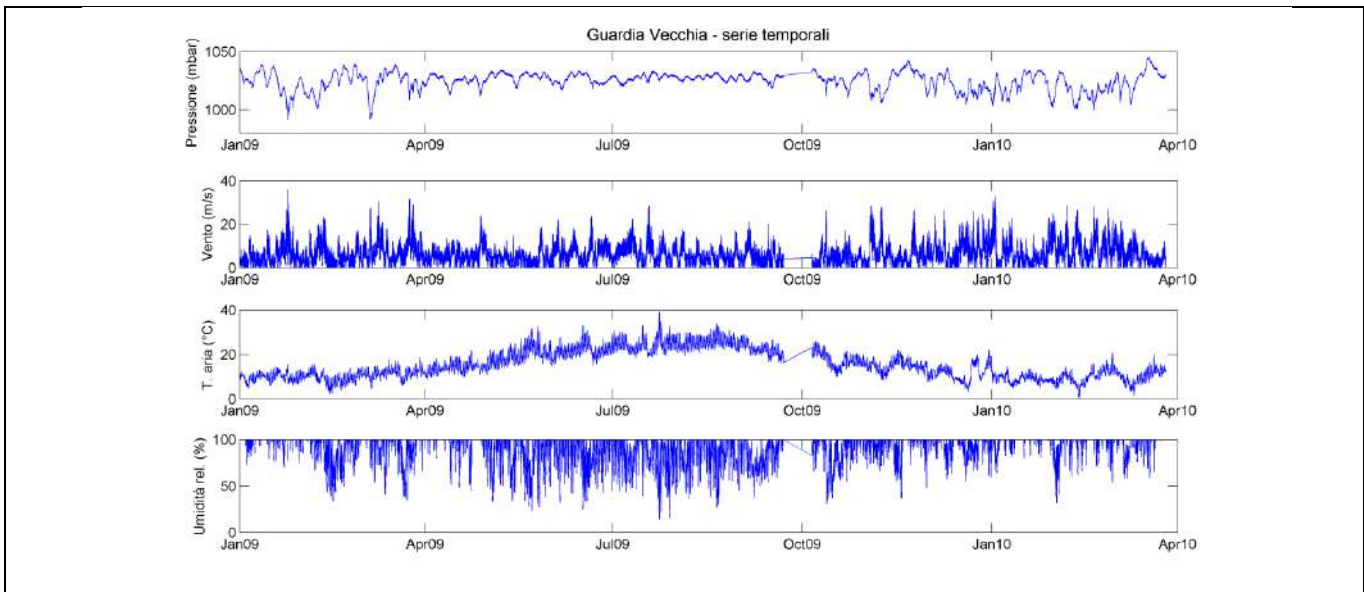
Di seguito sono quindi rappresentate la serie temporale completa di tutti i parametri misurati per tutto il periodo considerato, e gli istogrammi di frequenza (Figura 39). Inoltre al fine di rendere più visibile la variabilità dei singoli parametri nelle 4 stagioni, le figure 40, 41, 42, 43 mostrano gli istogrammi di frequenza per singole stagioni.

Dalla rosa dei venti per tutto il periodo considerato (Figura 44) si evince chiaramente che i venti



provengono prevalentemente da ovest e da est e che le direzioni nord-sud sono molto rare. Inoltre i venti più intensi (velocità > 10 m/s) provengono tutti da ovest.

Se consideriamo invece le 4 stagioni e rappresentiamo le rispettive rose dei venti (Figura 45) si possono notare alcune differenze, sia nella frequenza delle direzioni che nelle intensità del vento. I picchi di intensità > 25 m/s sono raggiunti solo in inverno e solo per i venti provenienti da ovest. Inoltre c'è un chiaro segnale di venti da nord-est relativamente frequenti, che nelle altre stagioni manca. In estate e in autunno, ai venti occidentali, si affiancano con una certa frequenza anche quelli provenienti da est/sud-est. In autunno nessuna classe direzionale (le classi sono di 10°) raggiunge il 10% di frequenza, mostrando uno spettro di direzioni più ampio compreso tra ovest/sudovest e ovest/nordovest. Come già evidenziato nell'analisi della tabella 5, le direzioni più stabili si ritrovano in primavera e soprattutto in estate. I venti più deboli soffiano in primavera.



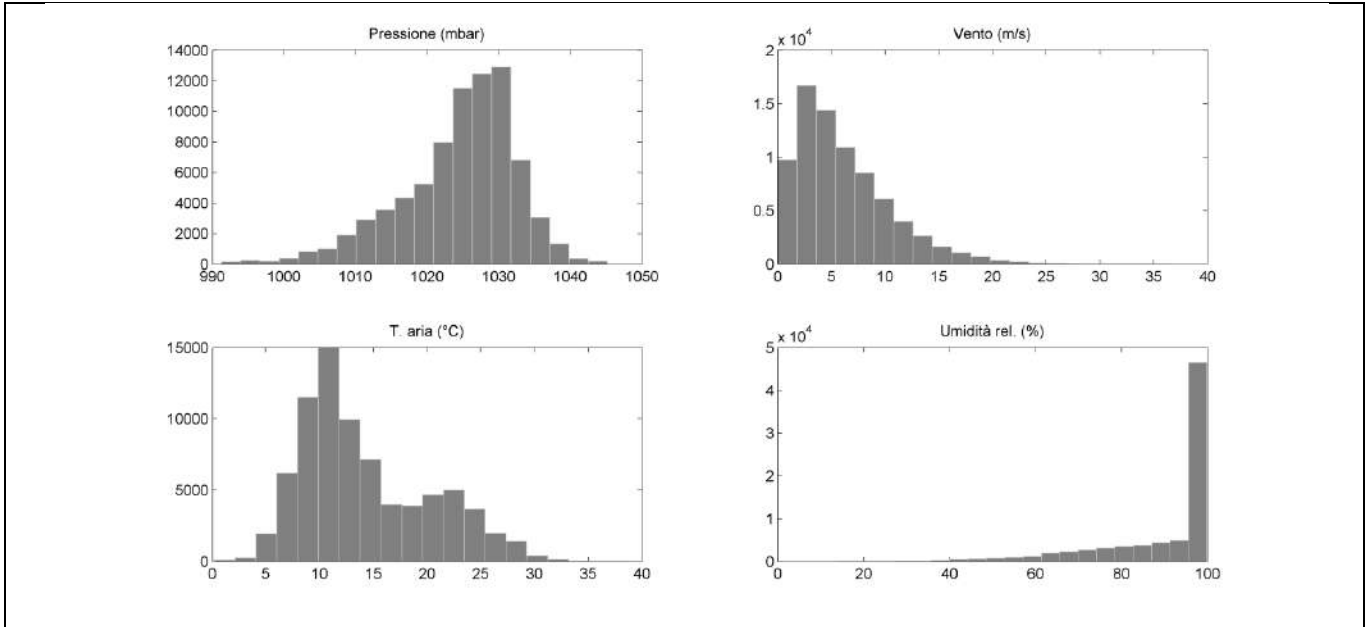


Fig. 39 Serie temporali (in alto) ed istogrammi di frequenza (in basso) dei parametri misurati a Guardia Vecchia per tutto il periodo considerato: pressione atmosferica, velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa / Série chronologique (en haut) et histogrammes de fréquence (en bas) des paramètres mesurés à la Vieille Garde pour toute la période considérée: pression atmosphérique, vitesse du vent, température de l'air, humidité relative

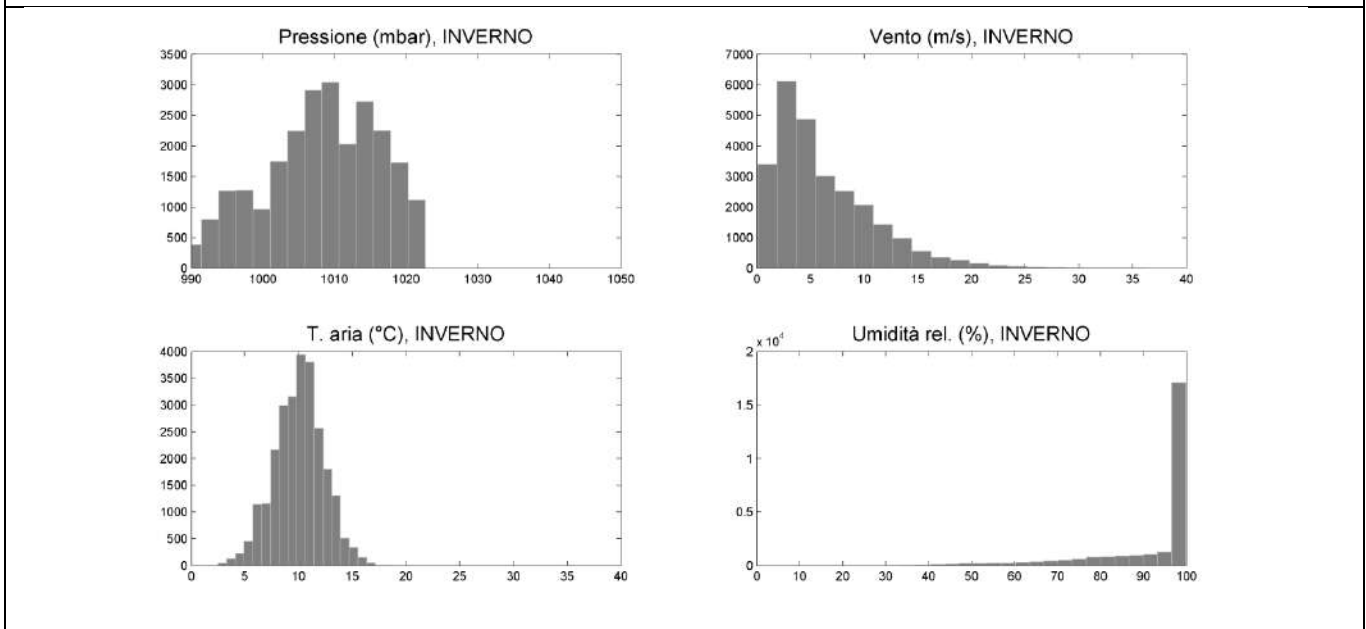




Fig. 40 Istogrammi di frequenza dei parametri misurati a Guardia Vecchia durante l'inverno (gennaio-marzo): pressione atmosferica, velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa / Histogrammes de fréquence des paramètres mesurés à Guardia Vecchia en hiver (janvier à mars): pression atmosphérique, vitesse du vent, température de l'air, humidité relative

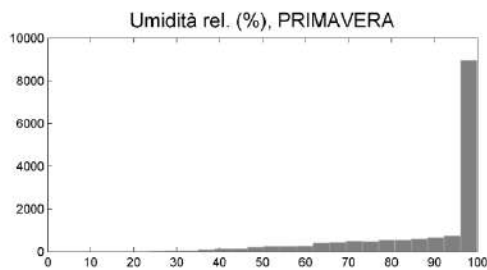
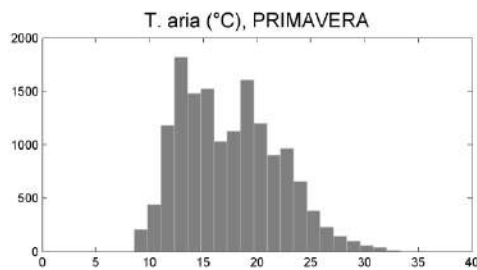
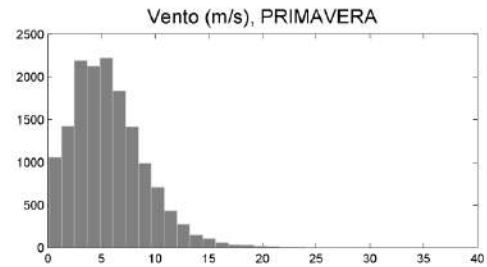
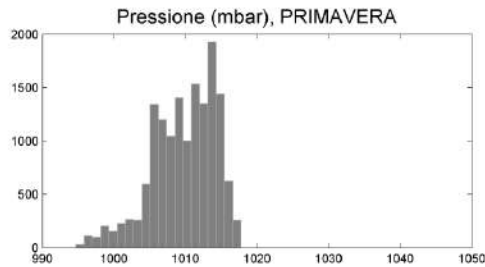




Fig. 41 Istogrammi di frequenza dei parametri misurati a Guardia Vecchia durante la primavera (aprile-giugno): Pressione atmosferica, velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa / Histogrammes de fréquence des paramètres mesurés à Guardia Vecchia au printemps (avril-juin): pression atmosphérique, vitesse du vent, température de l'air, humidité relative

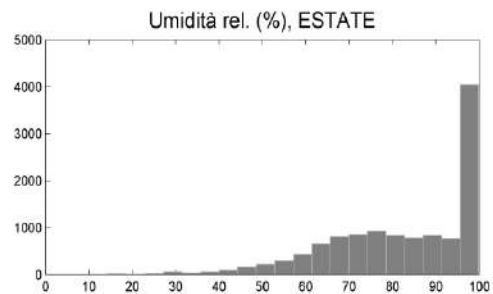
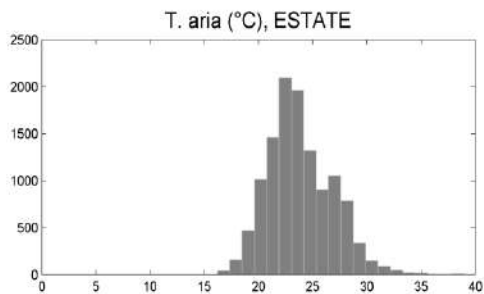
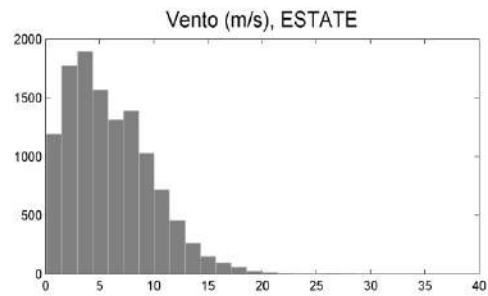
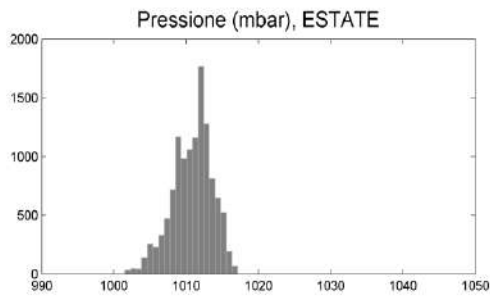




Fig. 42 Istogrammi di frequenza dei parametri misurati a Guardia Vecchia durante l'estate (luglio-settembre): pressione atmosferica, velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa / Histogrammes de fréquence des paramètres mesurés à Guardia Vecchia pendant l'été (juillet-septembre): pression atmosphérique, vitesse du vent, température de l'air, humidité relative

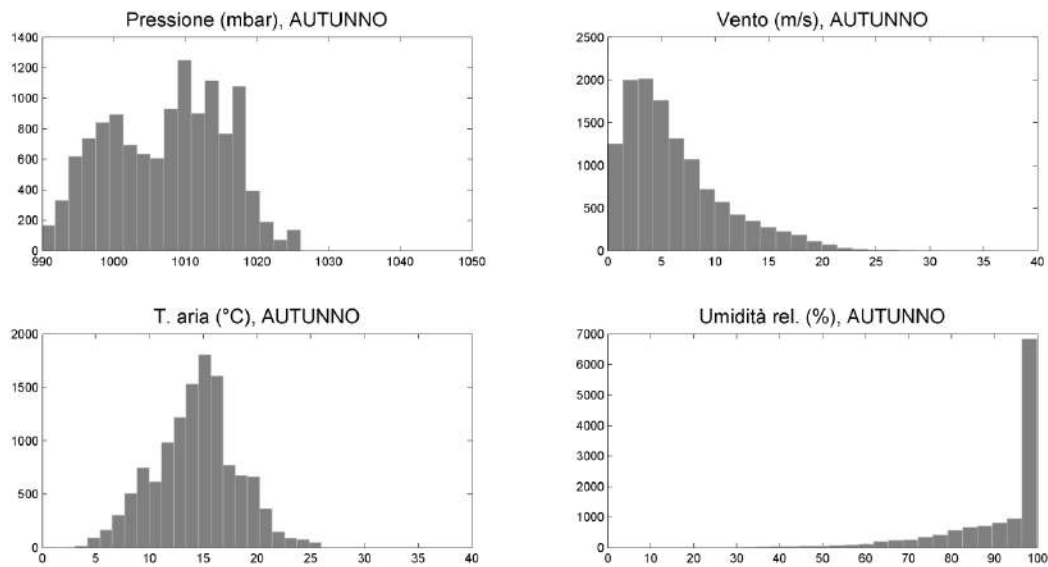


Fig. 43 Istogrammi di frequenza dei parametri misurati a Guardia Vecchia durante l'autunno (ottobre-dicembre): pressione atmosferica, velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa / Histogrammes de fréquence des paramètres mesurés à la Vieille Garde durant l'automne (octobre-décembre): pression atmosphérique, vitesse du vent, température de l'air, humidité relative

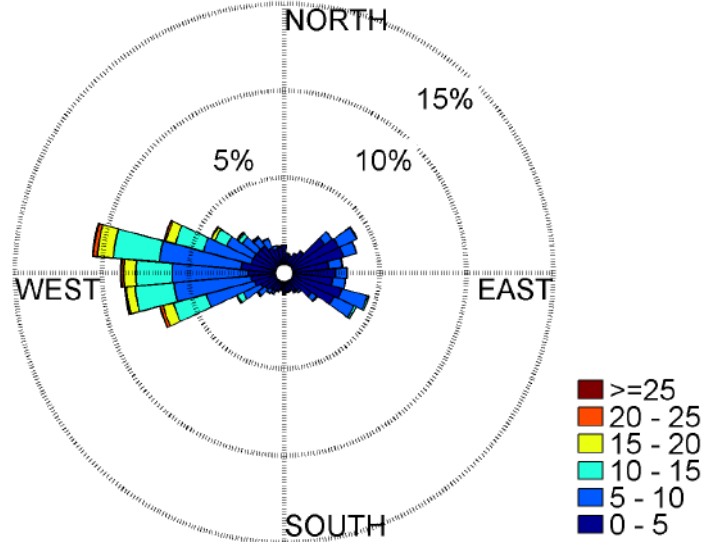


Fig. 44 Rosa dei venti a Guardia Vecchia per tutto il periodo, in m/s / La rose des vents chez Guardia Vecchia pour toute la période, en m/s

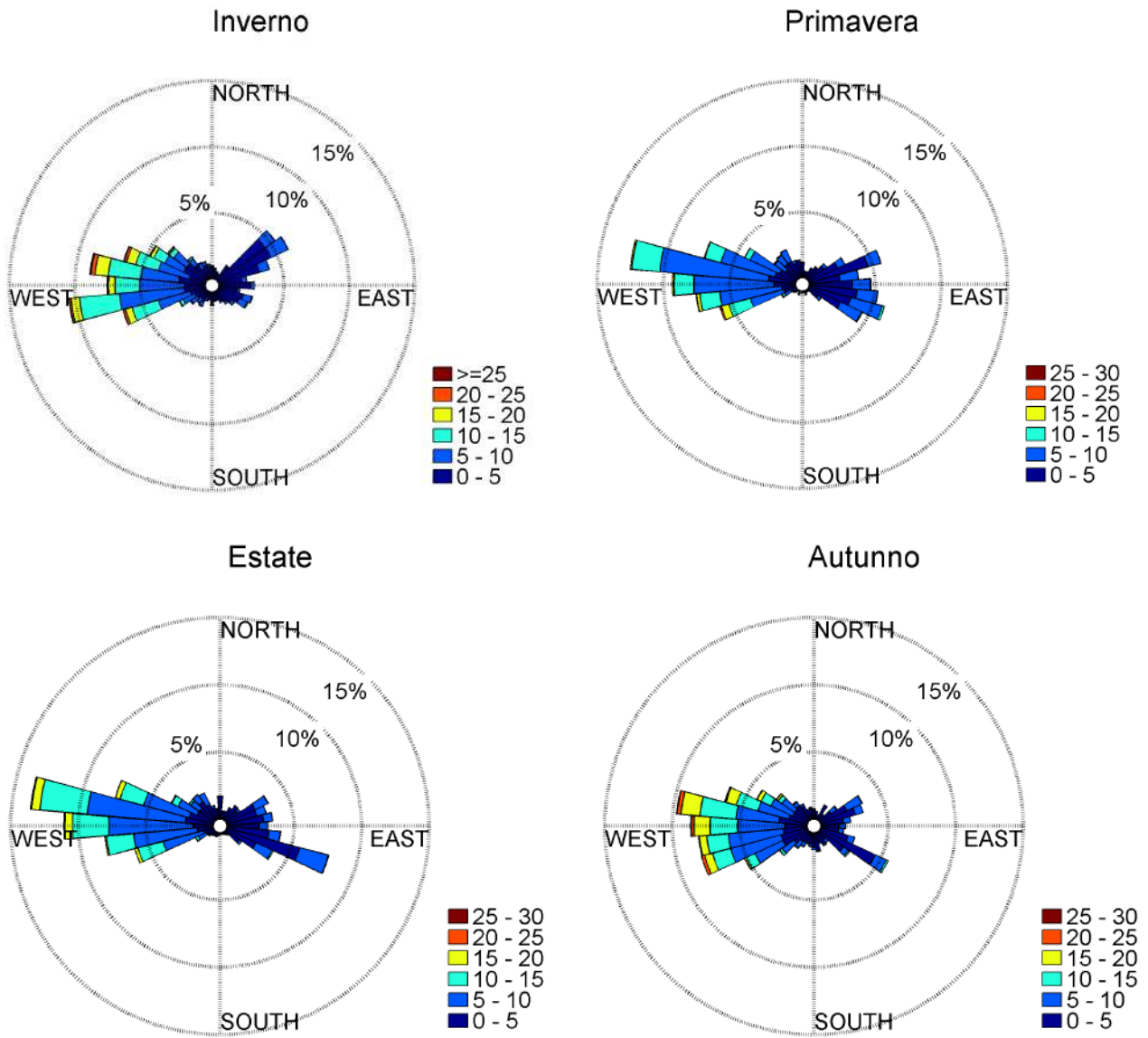


Fig. 45: Rosa dei venti stagionali a Guardia Vecchia, in m/s / La rose des vents saisonnière dans la Guardia Vecchia, en m/s





Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

La série chronologique des paramètres météorologiques mesurés à Guardia Vecchia du 01/01/2009 au 26 / 03/2010 est présentée. Les histogrammes de fréquence rapportés donnent une indication des valeurs les plus représentatives. En résumé, pour toute la période, la pression atmosphérique avait une valeur moyenne de 1008 mbar (min = 975, max = 1026), le vent une vitesse moyenne de 6 m/s (min = 0, max = 36), la température valeurs moyennes dans l'air de 15.1 ° C (min = 2.5, max = 39) et taux d'humidité relative de 89,7% (min = 14.4%, max = 99.9%). Si, à ce stade du projet, une période > 1 an était disponible, il était possible d'estimer les plages et les valeurs moyennes des paramètres météorologiques sur une base saisonnière, comme indiqué dans le tableau 5. Comme on peut s'y attendre, les températures les plus élevées ont été enregistrées au cours de la période de référence. été, alors que la moindre variabilité de ce paramètre a été observée en hiver. En ce qui concerne la pression atmosphérique, elle est beaucoup plus stable en été et au printemps, alors que l'automne et l'hiver ont été caractérisés non seulement par une valeur moyenne inférieure, mais également par des oscillations plus larges autour de la moyenne saisonnière. La saison la plus humide s'est avérée être l'hiver, la plus sèche en été. Enfin, les vents expirent toujours avec des intensités assez importantes, comparables tout au long de l'année, avec des pics maximum atteints en hiver. Les saisons les plus variables ont été l'automne et l'hiver en termes d'intensité du vent.

La série chronologique complète de tous les paramètres mesurés pour toute la période considérée et les histogrammes de fréquence sont ensuite indiqués ci-dessous (Figure 39). De plus, afin de rendre plus visible la variabilité des paramètres individuels au cours des 4 saisons, les figures 40, 41, 42, 43 montrent les histogrammes de fréquence pour les saisons individuelles.

Le vent s'est levé tout au long de la période considérée (Figure 44), il est clair que les vents viennent principalement de l'ouest et de l'est et que les directions nord-sud sont très rares. De plus, les vents les plus intenses (vitesse > 10 m/s) viennent tous de l'ouest.

Si nous considérons plutôt les 4 saisons et que nous représentons les roses des vents respectives (Figure 45), nous pouvons remarquer quelques différences, à la fois dans la fréquence des directions et dans les intensités du vent. Les pics d'intensité > 25 m/s ne sont atteints qu'en hiver, et donc dans les vents venant de l'ouest. De plus, il y a un signe clair de vents relativement fréquents du nord-est, qui font défaut pendant les autres saisons. En été et en automne, les vents d'ouest sont accompagnés d'une certaine fréquence de ceux de l'est / sud-est. En automne, aucune classe directionnelle (les classes sont 10 °) n'atteint 10% de la fréquence, ce qui montre un spectre plus large de directions entre



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ouest / sud-ouest et ouest / nord-ouest. Comme cela a déjà été souligné dans l'analyse du tableau 5, les directions les plus stables se trouvent au printemps et surtout en été. Les vents les plus faibles soufflent au printemps.

Confronto dei dati osservati con i campi numerici di analisi (da Skiron) / Comparaison des données observées avec les champs d'analyse numérique (de Skiron)

I dati misurati a Guardia Vecchia sono utilizzati per un confronto con i campi di vento del modello numerico Skiron, relativi all'area rappresentata in figura 46. Si vede una chiara dominanza dei venti da ovest, che nel passaggio attraverso le Bocche di Bonifacio si intensificano notevolmente, divergendo all'uscita dalle stesse. La distribuzione di frequenza delle direzioni e le intensità dei venti provenienti dalle 36 classi direzionali (anche in questo caso, le classi hanno una dimensione di 10°) per tutto il periodo e mediando l'intero dominio geografico è rappresentata in figura 47. Come già discusso nell'analisi dei dati osservati, le intensità maggiori (> 25 m/s) si riscontrano solo nei venti provenienti da ovest (tra NNW e SSW). Anche in questa rosa dei venti si vede la presenza di un picco direzionale a sud/sudest. Se si osserva la distribuzione dei venti più deboli (< 5 m/s), questi sono abbastanza uniformemente distribuiti in tutte le direzioni, e con l'aumento dell'intensità, la classe dimensionale si restringe.

Come nell'analisi dei dati meteorologici misurati, anche il campo numerico di vento è stato suddiviso per stagione. In Figura 48 e 49 sono rappresentate le rose dei venti (a sinistra) e i campi orizzontali medi (a destra) per ciascuna stagione. A conferma di quanto già affermato in precedenza, i venti più intensi soffiano in inverno e le velocità massime (> 25 m/s) possono provenire da tutte le direzioni, con una netta preferenza per la direzione da ovest. I venti più deboli (<5 m/s) sono presenti con frequenza maggiore in estate ma con direzione variabile in tutte le stagioni. In autunno è assente il picco di frequenza da SSE, che si rileva invece più chiaramente nelle altre tre stagioni. Per quanto riguarda il campo orizzontale medio, questo è sempre molto simile a quello già mostrato per tutto il periodo, con la differenza che in estate il campo a ovest delle Bocche proviene di preferenza da nordovest. La divergenza nel campo di vento all'uscita dalle Bocche è evidente in tutte e quattro le stagioni, maggiormente in inverno.

Il confronto è stato effettuato estraendo dalla griglia del modello numerico il punto più prossimo alla stazione di Guardia Vecchia (41.22 °N, 9.40 °E), ossia a 41.2°N, 9.4°E. Il periodo utilizzato per il



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

confronto è 22/04/2009 – 26/03/2010.

In tabella 6, si mettono a confronto i range, le medie e le deviazioni standard dei venti osservati a Guardia Vecchia e dal modello numerico, annuali e stagionali. Quello che si osserva è che i venti Skiron generalmente sono sovrastimati rispetto a GV, fatto che può essere anche attribuito alla non ottimale posizione dell'anemometro nella stazione di misura. Le differenze maggiori si riscontrano in inverno con una differenza media delle velocità del vento di oltre 6 m/s. Anche la variabilità dell'intensità del vento è maggiore in Skiron che a Guardia Vecchia, dove le deviazioni standard risultano sempre quasi dimezzate rispetto a Skiron. Per quanto riguarda il range delle velocità annuali, queste sono in buon accordo essendo comprese tra 0 e 36 m/s a Guardia Vecchia e tra 0 e 38.9 m/s in Skiron.

Le due rose dei venti (Skiron nel punto griglia più vicino e Guardia Vecchia) relative all'intero periodo considerato sono poste a confronto in Figura 50. Anche da qui risulta evidente che le velocità in Skiron sono più elevate che nei dati di Guardia Vecchia, mentre la direzione di provenienza del vento sono meno variabili con una classe direzionale (275°) che supera il 20% in frequenza, una percentuale mai raggiunta da nessuna classe direzionale in Guardia Vecchia.

Analogamente, in Figura 51 si procede allo stesso tipo di confronto, basato sulle singole stagioni. Nella colonna destra sono riproposte le figure già mostrate in figura 45, per permettere un più agevole confronto. Si può notare immediatamente che la direzione 275° è rappresentata nell'oltre il 20% dei dati Skiron in tutte e 4 le stagioni. Questa classe è prioritaria a Guardia Vecchia solo in primavera e in estate, quando supera il 10% dei casi. In generale sono valide le considerazioni già fatte per tutto il periodo, ossia che la distribuzione delle direzioni è meno variabile in Skiron che nei dati osservati, è che in termini di intensità il modello numerico presenta dei venti più intensi. In entrambi i data set, in tutte le stagioni, i venti settentrionali e meridionali sono praticamente assenti.

Ad ulteriore confronto si rappresenta in figura 52 l'andamento temporale delle intensità dei venti da Skiron e a Guardia Vecchia, nonché la distribuzione delle intensità rispetto alle direzioni di provenienza dei venti. Dall'analisi della figura 52 si evince che il modello numerico è in ottimo accordo con i dati misurati a Guardia Vecchia, sia per quanto riguarda le intensità sia le direzioni dei venti durante il periodo considerato. Dal confronto delle due rose dei venti, risulta che i dati da modello sono più concentrati lungo poche direttrici, mentre i dati di Guardia Vecchia mostrano uno spettro di



direzioni più ampio. Inoltre le velocità massime a Guardia Vecchia si riscontrano in venti provenienti leggermente da O-SO (angoli $< 270^\circ$), mentre per quanto riguarda Skiron i venti più intensi soffiano prevalentemente da ovest (270°). Anche l'andamento temporale della velocità del vento è ben simulato dal modello numerico, e periodi di massima e di minima velocità corrispondono a quelli misurati a Guardia Vecchia. Dal grafico che mette in relazione la direzione con l'intensità del vento si può notare chiaramente che ci sono due direzioni prevalenti, intorno ai 270° (ovest) e ai 100° (est sud-est). Le velocità maggiori si trovano lungo queste due direttrici. Come si è già visto dal confronto delle rose dei venti, per quanto riguarda Skiron, i valori più elevati si distribuiscono intorno ai 270° - 275° , mentre a Guardia Vecchia questo angolo è leggermente inferiore. Inoltre è possibile anche qui notare un certo grado di sovrastima delle velocità prodotte dal modello numerico, che raggiungono valori anche di 39 m/s , mentre a Guardia Vecchia il massimo misurato durante il periodo considerato è stato di 36 m/s . La differenza media nel periodo considerato è di 4.2 m/s . Tale differenza può anche essere dovuta alla particolare posizione della stazione meteo, un po' coperta dai venti di grecale e levante, e non è necessariamente da imputarsi a una sovrastima del modello. In ogni caso, i due dataset sono in buon accordo, giustificando l'utilizzo di Skiron per forzare il modello idrodinamico.

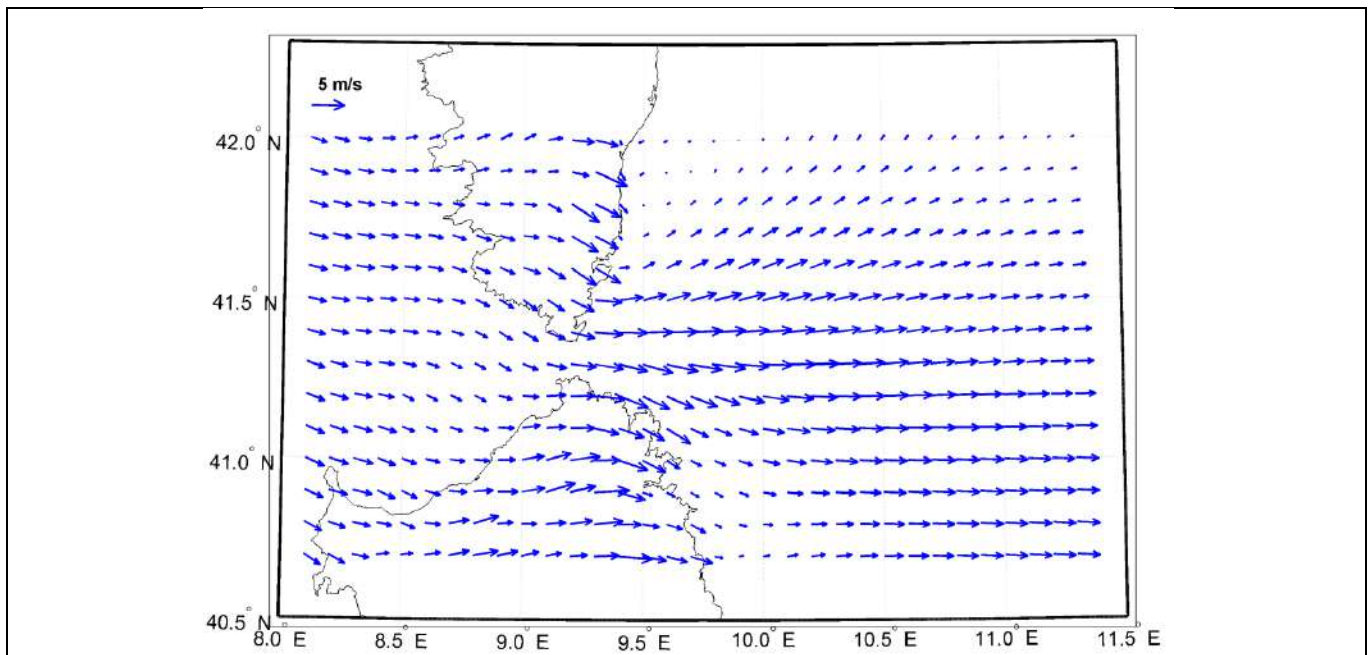




Fig. 46 Campo medio di vento da Skiron, nel dominio considerato / Champ de vent moyen de Skiron, dans le domaine considéré

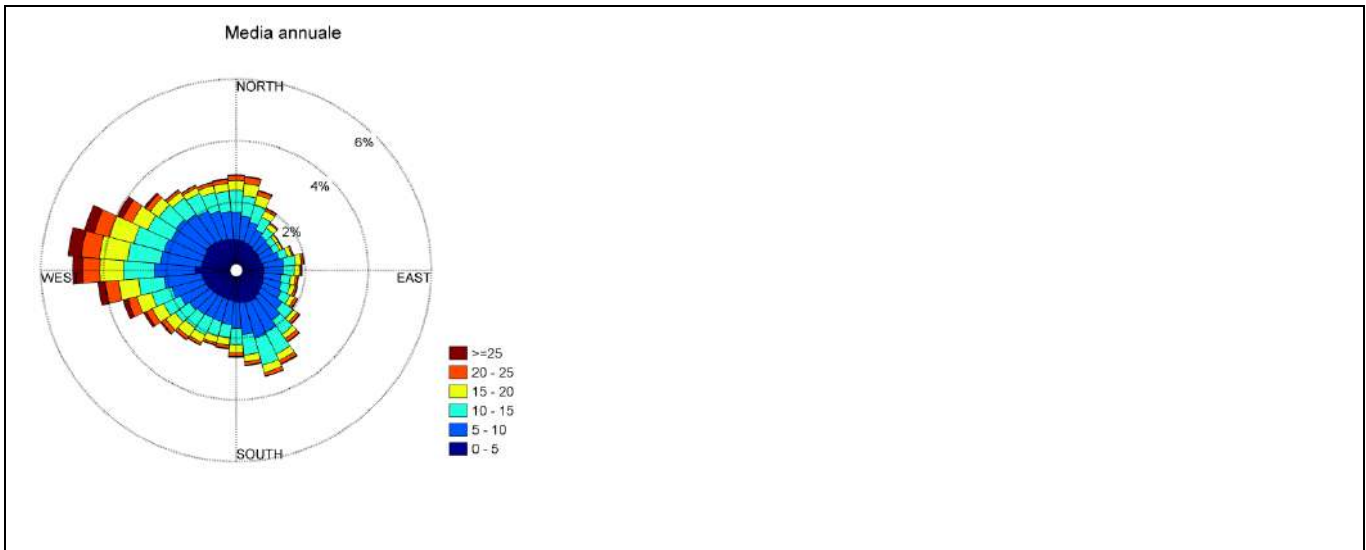
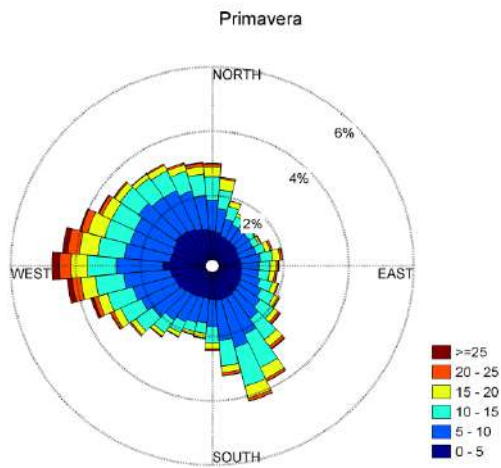
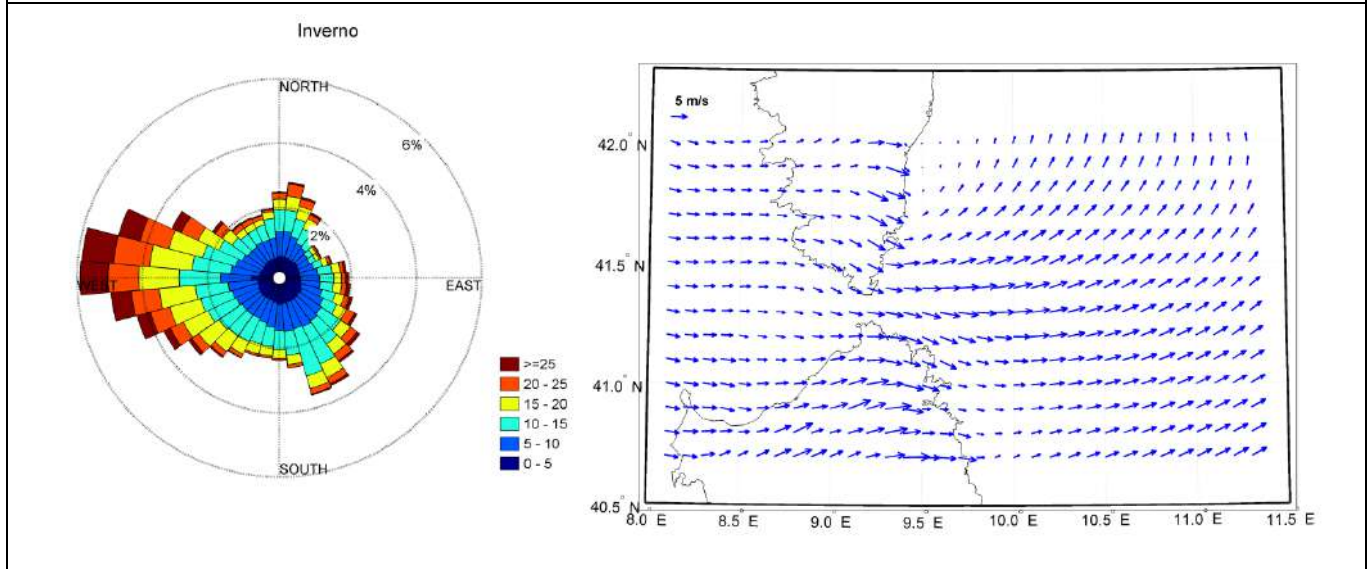




Fig. 47 Rosa dei venti media da Skiron, nel dominio considerato / Rose des vents moyen de Skiron, dans le domaine considéré



b.



Fig. 48 Rose dei venti (a sinistra) e campi medi di vento (a destra) da Skiron in (a) inverno e (b) primavera / Rose des vents (à gauche) et champs de vents moyens (à droite) de Skiron en (a) hiver et (b) printemps

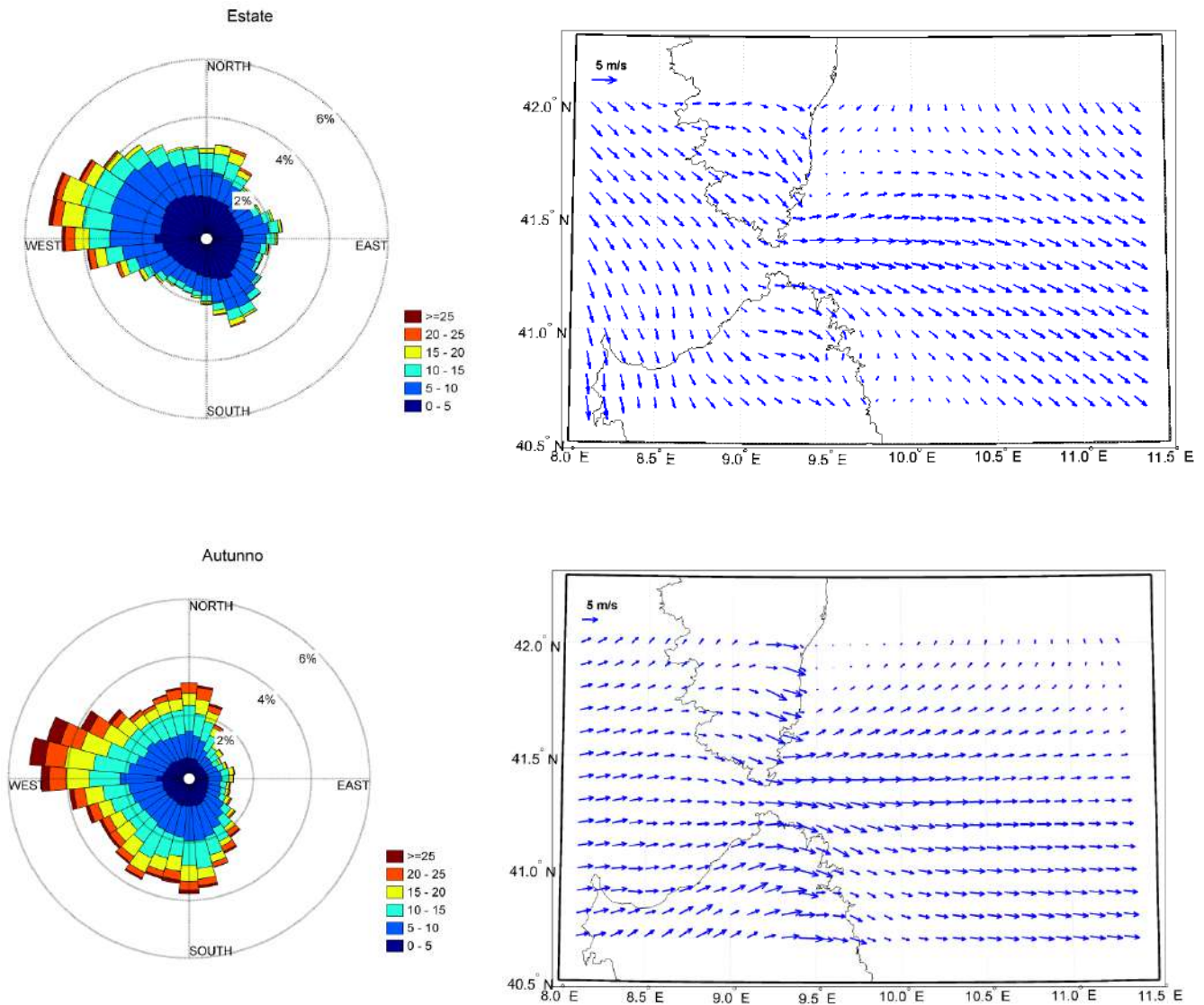


Fig. 49 Rose dei venti (a sinistra) e campi medi di vento (a destra) da Skiron in (a) estate e (b) autunno / Rose des vents (à gauche) et champs de vents moyens (à droite) de Skiron en (a) été et (b) en automne

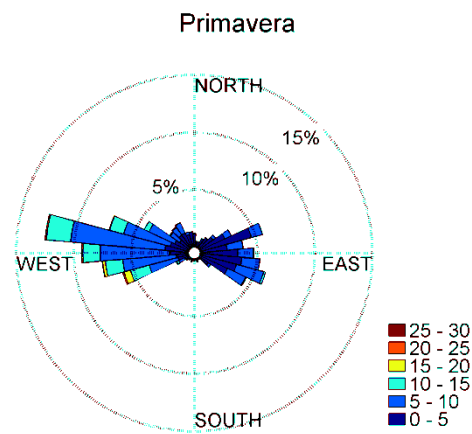
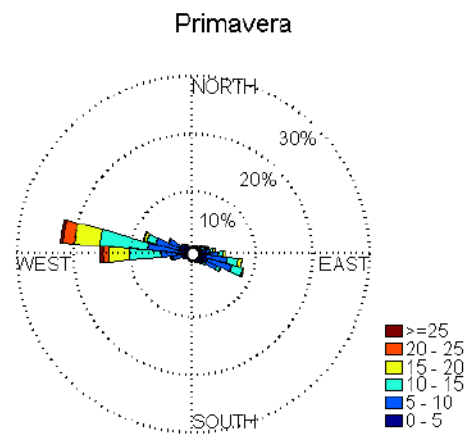
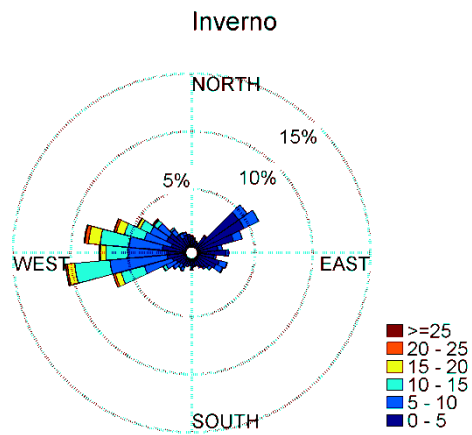
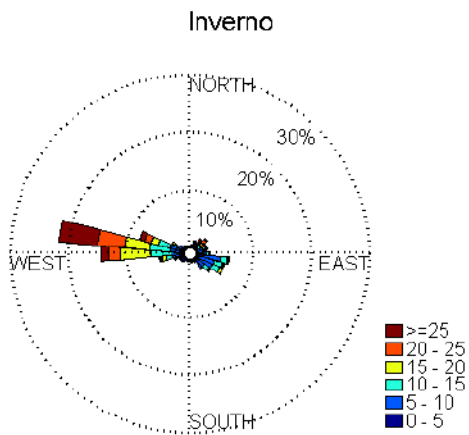


Tab. 6 Media e range annuale di vento (m/s) misurato a Guardia Vecchia e da Skiron nel punto griglia più vicino a Guardia Vecchia. Inoltre sono presentate le medie e le deviazioni standard degli stessi su base stagionale / *Moyenne et range du vent et annuelle (m/s) mesurée à Guardia Vecchia et à Skiron au point de grille le plus proche de Guardia Vecchia. De plus, leurs moyennes et écarts-types sont présentés sur une base saisonnière.*

	Media annuale		Medie stagionali			
	Media	Range	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
Vento (m/s) GV	6.0	0 – 36	6.2 ± 4.7	5.7 ± 3.4	5.9 ± 3.8	6.2 ± 4.7
Venti (m/s) SKIRON	10.5	0 – 38.9	13.0 ± 8.1	9.3 ± 5.6	8.9 ± 5.5	10.7 ± 7.2

SKIRON a 41.2°N, 9.4°E

Guardia Vecchia





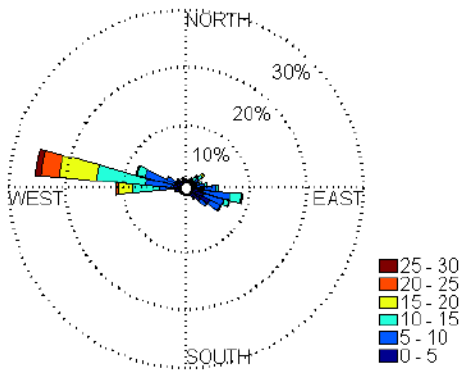
Interreg



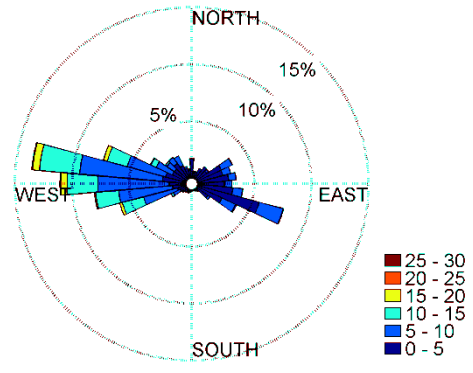
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

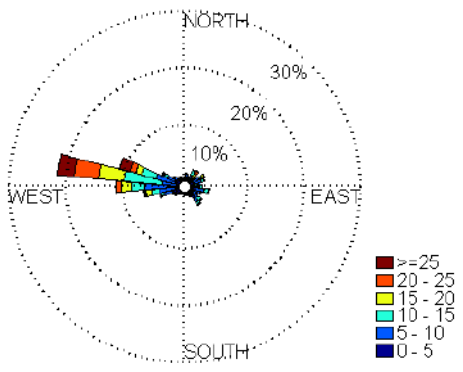
Estate



Estate



Autunno



Autunno

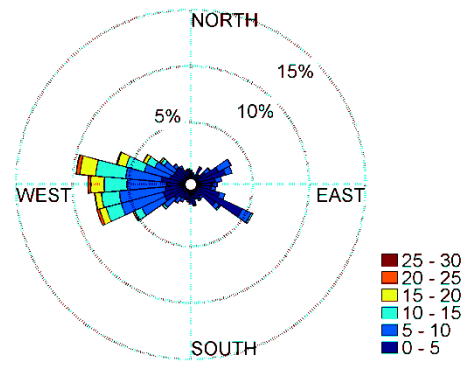




Fig. 51 Rosa dei venti da Skiron nel punto griglia 41.2 °N, 9.4 °E (a sinistra) e da Guardia Vecchia (a destra) per singole stagioni/ Rose des vents de Skiron au point de grille 41,2 ° N, 9,4 ° E (à gauche) et de Guardia Vecchia (à droite) pour les saisons individuelles

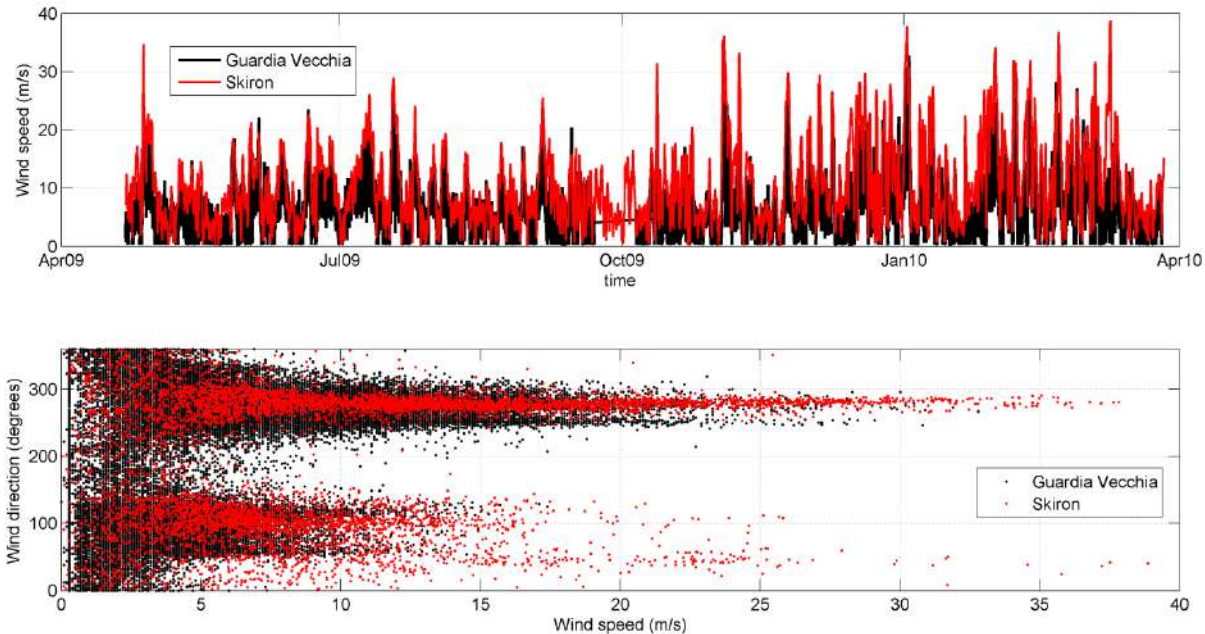


Fig. 52 Sopra serie temporale della velocità del vento a Guardia Vecchia (nero) e da Skiron (rosso), dal 22 aprile 2009 al 26 marzo 2010 (in alto); sotto velocità e direzione del vento a Guardia Vecchia (nero) e da Skiron (rosso) per lo stesso periodo / Ci-dessus, série chronologique de la vitesse du vent à Guardia Vecchia (en noir) et Skiron (en rouge), du 22 avril 2009 au 26 mars 2010 (en haut); ci-dessous, la vitesse et la direction du vent jusqu'à Old Guard (noir) et Skiron (rouge) pour la même période



Les données mesurées à Guardia Vecchia sont utilisées pour une comparaison avec les champs de vents du modèle numérique Skiron, relatifs à la zone représentée à la figure 46. Nous constatons une nette domination des vents d'ouest, qui s'intensifient à mesure qu'ils traversent le Bocche di Bonifacio. considérablement, divergeant à la sortie d'eux. La distribution de fréquence des directions et des



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

intensités des vents provenant des 36 classes directionnelles (également dans ce cas, les classes ont une taille de 10 °) pour toute la période et la médiation de l'ensemble du domaine géographique est représentée à la figure 47. Comme déjà discutées dans l'analyse des données observées, les intensités les plus élevées (> 25 m/s) ne se rencontrent que dans les vents venant de l'ouest (entre NNW et SSW). Aussi de cette rose des vents, nous voyons la présence d'un pic directionnel au sud / sud-est. Si nous observons la distribution des vents les plus faibles (<5 m/s), ceux-ci sont répartis de manière relativement uniforme dans toutes les directions et, à mesure que l'intensité augmente, la classe dimensionnelle se rétrécit de plus en plus.

Comme pour l'analyse des données météorologiques mesurées, une ventilation par saison a également été effectuée avec le champ de vent numérique. Les figures 48 et 49 montrent les rosiers éoliens (à gauche) et les champs horizontaux moyens (à droite) pour chaque saison. Pour confirmer ce qui a déjà été dit ci-dessus, les vents les plus intenses soufflent en hiver et les vitesses maximales (> 25 m/s) peuvent provenir de toutes les directions, avec une nette préférence pour la direction ouest. Les vents les plus faibles (<5 m/s) sont plus fréquents en été et en toutes saisons, ils peuvent venir de manière homogène dans toutes les directions. En automne, la fréquence de pointe de la SSE est absente, ce que l'on voit plus clairement au cours des trois autres saisons. En ce qui concerne le champ horizontal moyen, celui-ci est toujours très similaire à celui déjà montré pour toute la période, à la différence qu'en été le champ situé à l'ouest de la Bocche provient de préférence du nord-ouest. La divergence du champ de vent à la sortie de Bocche est évidente pour les quatre saisons, un peu plus clairement en hiver.

La comparaison a été faite en extrayant de la grille du modèle numérique le point de grille le plus proche de la station Old Guard (41,22 ° N, 9,40 ° E), soit le point situé à 41,2 ° N, 9,4 ° E. La période utilisée pour la comparaison est le 22/04/2009 - 26/03/2010.

Dans le tableau 6, les plages, les moyennes et les écarts-types des vents observés à Guardia Vecchia et du modèle numérique annuel et saisonnier sont comparés. On observe que les vents de Skiron sont généralement surestimés par rapport à GV, ce qui peut également être attribué à la position non optimale de l'anémomètre dans la station de mesure. Les plus grandes différences se rencontrent en hiver avec une différence moyenne de vitesse du vent supérieure à 6 m/s. De plus, la variabilité de l'intensité du vent est plus grande à Skiron qu'à Guardia Vecchia, où les écarts-types sont toujours presque divisés par deux par rapport à Skiron. En ce qui concerne la plage de vitesse annuelle, elles



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

sont en bon accord, se situant entre 0 et 36 m/s en Guardia Vecchia et entre 0 et 38,9 m/s en Skiron.

Les deux roses des vents (Skiron au point de grille le plus proche et Old Guard) pour toute la période considérée sont comparées à la figure 50. Il est également clair que les vitesses à Skiron sont plus élevées que dans les données de Guardia Vecchia, alors que la direction d'origine du vent est moins variable avec une classe directionnelle (275 °) dépassant 20% en fréquence, pourcentage jamais atteint par aucune classe directionnelle de Guardia Vecchia.

De même, à la figure 51, nous procédons au même type de comparaison, en fonction des saisons. Dans la colonne de droite, les figures déjà montrées à la figure 45 sont à nouveau proposées pour faciliter la comparaison. On peut immédiatement remarquer que la direction 275° est représentée dans plus de 20% des données de Skiron au cours des 4 saisons. Cette classe n'est une priorité pour Guardia Vecchia qu'au printemps et en été, lorsqu'elle dépasse 10% des cas. En général, les considérations déjà faites pour l'ensemble de la période sont valables, à savoir que la distribution des directions est moins variable dans Skiron que dans les données observées, c'est qu'en termes d'intensité, le modèle numérique présente des vents plus intenses. Dans les deux ensembles de données, toutes les saisons, les vents du nord et du sud sont pratiquement absents.

Une autre comparaison est illustrée à la figure 52 avec l'évolution temporelle des intensités des vents de Skiron et de Guardia Vecchia, ainsi que la distribution des intensités par rapport aux directions d'origine des vents. L'analyse de la figure 52 montre que le modèle numérique est en excellent accord avec les données mesurées à la vieille garde, à la fois en termes d'intensité et de direction du vent pendant la période considérée. Il ressort de la comparaison des deux roses des vents que les données du modèle sont plus concentrées sur quelques lignes, tandis que celles de la vieille garde indiquent un plus large spectre de directions. De plus, les vitesses maximales à Old Guard se retrouvent dans les vents venant d'O-SO (angles <270 °), tandis que pour Skiron, les vents les plus intenses soufflent principalement de l'ouest (270 °). De plus, la tendance temporelle de la vitesse du vent est bien simulée par le modèle numérique et les périodes de vitesse maximale et minimale correspondent à celles mesurées à Guardia Vecchia. Le graphique qui relie la direction à l'intensité du vent montre clairement qu'il existe deux directions principales, environ 270 ° (ouest) et 100 ° (est sud-est). Les vitesses les plus élevées se situent dans ces deux directions. Comme on l'a déjà vu lors de la comparaison des roses des vents, comme pour Skiron, les valeurs les plus élevées sont réparties autour de 270 ° -275 °, alors que dans Guardia Vecchia cet angle est légèrement inférieur. En outre, il est



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

également possible de noter un certain degré de surestimation des vitesses produites par le modèle numérique, qui atteignent même des valeurs de 39 m/s , alors que dans Guardia Vecchia, le maximum mesuré pendant la période considérée était de 36 m/s . La différence moyenne sur la période considérée est de 4,2 m/s . Cette différence peut également être due à la position particulière de la station météorologique, un peu couverte par les vents du nord-est et de l'est, et n'est pas nécessairement due à une surestimation du modèle. Dans tous les cas, les deux ensembles de données sont en bon accord, ce qui justifie l'utilisation de Skiron pour forcer le modèle hydrodynamique.

Misure mareografiche / Mesures mareographic

La conoscenza dei parametri mareografici fornisce le condizioni del livello marino al contorno del modello numerico di simulazione costiero e la validazione del modello stesso. Il 31 marzo e il 3 aprile 2009 sono stati posizionati due mareografi AANDERAA WLR7 rispettivamente a S. Stefano (Arcipelago di La Maddalena) e ad Olbia-Isola Bianca. Il 30 ottobre 2009 (Olbia) e il 2 novembre 2009 (S. Stefano) gli strumenti sono stati recuperati per scaricare i dati acquisiti e riposizionati *in situ* (fig.53). Le misure sono acquisite con una frequenza di 30 minuti ed immagazzinate all'interno di una memoria DSU tipo 2990 della AANDERAA. I dati di pressione acquisiti sono da correggersi con la pressione atmosferica (misurata a Guardia Vecchia).

I dati relativi ai due mareografi sono riassunti in tabella 7.





Fig. 53 - Il contenitore in legno (sopra a sinistra) all'interno del quale e' collocato il mareografo AANDERAA WLR7(sopra a destra), la localizzazione dei due mareografi sull'isola di Santo Stefano (sotto a sinistra) e nel Porto di Olbia – Isola Bianca (sotto a sinistra) / Le conteneur en bois (en haut à gauche) dans lequel se trouve le marégraphe AANDERAA WLR7 (en haut à droite), l'emplacement des deux marégraphes sur l'île de Santo Stefano (en bas à gauche) et dans le port d'Olbia - Isola Bianca (en bas à gauche)

Tab. 7: dati relativi ai due mareografi / données sur les deux marégraphes

Mareografo ID # 1169 – is. Santo Stefano		Frequenza di acquisizione 30 minuti	
Posizionamento			
Data 31/03/2009	Ora (UTC) 13:53	Profondità (m) 10	Luogo: molo cemento Isola di Santo Stefano
Latitudine: 41° 12' 18.95" N		Longitudine: 009° 25' 17.66" E	
Mareografo ID # 1124 - Olbia		Frequenza di acquisizione 30 minuti	
Posizionamento			
Data 13/03/2010	Ora (UTC) 10:40	Profondità (m) 5	Luogo: porticciolo turistico "Sa Marinedda di Olbia



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Latitudine: 40°54'58.04"N

Longitudine: 009°31'25.61"E

Nota: a marzo 2010 i due mareografi sono stati scambiati, spostando il #1169 a Olbia e il #1124 a Santo Stefano / *en mars 2010, les deux marégraphes ont été échangés, les numéros 1169 à Olbia et 1124 à Santo Stefano*



La connaissance des paramètres marographiques fournit les conditions du niveau de la mer autour du modèle numérique de simulation côtière et de la validation du modèle lui-même. Le 31 mars et le 3 avril 2009, deux marégraphes AANDERAA WLR7 ont été placés à S. Stefano (Archipel de La Maddalena) et à Olbia-Isola Bianca, respectivement. Les outils ont été récupérés pour télécharger les données collectées et repositionnées in situ le 30 octobre 2009 (Olbia) et le 2 novembre 2009 (S. Stefano) (fig.53). Les mesures sont acquises avec une fréquence d'acquisition de 30 minutes et stockées dans une mémoire DSU de type 2990 de l'AANDERAA. Les données de pression acquises doivent être corrigées avec la pression atmosphérique (mesurée à Guardia Vecchia).

Les données relatives aux deux marégraphes sont résumées dans le tableau 7.

Processamento dei dati / Traitement de données

I dati scaricati dai due mareografi sono stati sottoposti a post-processamento per la calibrazione dei dati grezzi, e la loro trasformazione in dati di pressione, secondo le linee guida fornite dalla AANDERAA e con l'ausilio del 5059 Data Reading Software Aanderaa. La conversione viene fatta utilizzando dei coefficienti polinomiali di calibrazione forniti dalla ditta. Questi sono fortemente dipendenti dalla temperatura e Aanderaa fornisce 3 set di coefficienti corrispondenti a tre diversi range di temperatura (0-10°C, 10-20°C e 20-30°C). I dati fisici di pressione sono quindi convertiti in livelli usando la ben nota equazione idrostatica

$$h = \frac{P - P_{atm}}{\rho g}$$

dove h è l'altezza dell'acqua sovrastante il sensore di pressione, P=p-patm è la differenza di pressione misurata dal mareografo (p) e dal barometro (patm), g è l'accelerazione di gravità e ρ è la densità



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

della colonna d'acqua sovrastante il sensore di pressione (si può assumere che sia costante per pochi metri d'acqua). Prima di utilizzare la pressione misurata a Guardia Vecchia per correggere la pressione misurata dal mareografo, è necessario una ulteriore correzione, in quanto la misura in atmosfera non avviene al livello del mare. Quindi si deve tenere in considerazione la differenza di pressione tra il punto di misura e il livello del mare. Tale correzione è fatta usando l'espressione per un'atmosfera standard dove le variazioni verticali di temperatura sono ipotizzate essere di 6.5°/km

$$p_{atm-corrected} = p_{atm-measured} + 1013.25 \left[1 - \left(\frac{288 - 0.0065z}{288} \right)^{5.256} \right]$$

dove z è l'altezza della misura rispetto al livello del mare. Pertanto per una altitudine di 140 ms.l.m. è necessaria una correzione di 16.71 hPa.

Per la determinazione delle componenti di marea presenti nel segnale di livello del mare, è stato utilizzato il pacchetto per MATLAB T-TIDE (Pawlowicz et al., 2002), che permette di separare la componente mareale da quella non mareale (o residua). Il segnale mareale è modellizzato come la somma di un set finito di sinusoidi a frequenze ben specifiche in relazione con parametri astronomici.

Infine, oltre ai dati dei due mareografi posizionati nell'ambito del presente progetto, sono stati utilizzati anche i dati per lo stesso periodo del mareografo che si trova a Porto Torres, gestito da ISPRA (Figura 54), e che fa parte della rete mareografica nazionale (www.mareografico.it). La posizione di questa stazione è 40° 50' 31.94"N 08° 24' 14.09"E. La stazione è situata presso il porto, è dotata di caposalda altimetrici. Ogni caposaldo è riferito al livello medio del mare misurato a Genova dall'antico mareografo Thompson. I caposalda sono contrassegni metallici che determinano la quota altimetrica mediante livellazione di alta precisione condotta a partire dalle linee principali stabilite dall'IGM.



Fig. 54 Localizzazione della stazione di Porto Torres (credits www.mareografico.it) / Localisation de la gare de Porto Torres (crédits www.mareografico.it)

Tab. 8: Valori minimi e massimi di livello (rispetto al valor medio di ciascuna serie) in cm nelle tre stazioni / Valeurs minimales et maximales (par rapport à la valeur moyenne de chaque série) en cm aux trois stations

Stazione	Minimo (cm)	Massimo (cm)	Ampiezza massima del segnale (cm)
Olbia	-37.40	52.83	90.23
Santo Stefano	-30.97	54.21	85.18
Porto Torres	-30.14	48.19	78.33



Les données téléchargées par les deux mareografi ont été soumises à un post-traitement pour l'étalonnage des données brutes et leur transformation en données de pression, conformément aux



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

directives de l'AANDERAA et à l'aide du logiciel de lecture de données 5059 Aanderaa. La conversion est effectuée à l'aide de coefficients d'étalonnage polynomiaux fournis par la société. Celles-ci dépendent fortement de la température et Aanderaa fournit trois jeux de coefficients correspondant à trois plages de température différentes (0-10 ° C, 10-20 ° C et 20-30 ° C). Les données de pression physique sont ensuite converties en niveaux à l'aide de la célèbre équation hydrostatique

$$h = \frac{P - P_{atm}}{\rho g}$$

où h est la hauteur de l'eau recouvrant le capteur de pression, $P = p - p_{atm}$ est la différence de pression mesurée par le mareographe (p) et par le baromètre (p_{atm}), g est l'accélération de la gravité et ρ est la densité de la colonne d'eau au-dessus du capteur de pression (on peut supposer qu'il est constant pour quelques mètres d'eau). Avant d'utiliser la pression mesurée à la vieille garde pour corriger la pression mesurée par le marégraphe, une autre correction est nécessaire, car la mesure dans l'atmosphère n'a pas lieu au niveau de la mer. Par conséquent, la différence de pression entre le point de mesure et le niveau de la mer doit être prise en compte. Cette correction est faite en utilisant l'expression pour une atmosphère standard où les variations verticales de température sont supposées être de 6.5 ° / km

$$P_{atm-corrected} = P_{atm-measured} + 1013.25 \left[1 - \left(\frac{288 - 0.0065z}{288} \right)^{5.256} \right]$$

où z est la hauteur de la mesure par rapport au niveau de la mer. Donc pour une altitude de 140 ms.l.m. une correction de 16,71 hPa est requise.

Pour déterminer les composantes des marées présentes dans le signal du niveau de la mer, le logiciel MATLAB T-TIDE a été utilisé (Pawlowicz et al., 2002), ce qui permet de séparer la composante des marées de la composante non liée aux marées (ou résiduelle). Le signal de marée est modélisé comme la somme d'un ensemble fini de sinusoides à des fréquences très spécifiques en relation avec des paramètres astronomiques.

Enfin, en plus des données des deux marégraphes positionnés dans le cadre du présent projet, les données pour la même période du marégraphe situé à Porto Torres, géré par ISPRA (Figure 54), et faisant partie du réseau de marégraphes ont également été utilisées. national (www.mareografico.it).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

L'emplacement de cette station est le suivant: 40 ° 50 '31 .94"N 08 ° 24 '14.09"E. La station est située près du port, elle est équipée de repères altimétriques. Chaque repère correspond au niveau moyen de la mer mesuré à Gênes par l'ancienne torpille Thompson. Les repères sont des marquages métalliques qui déterminent l'altitude par un nivellement de haute précision effectué à partir des lignes principales établies par l'IGM.

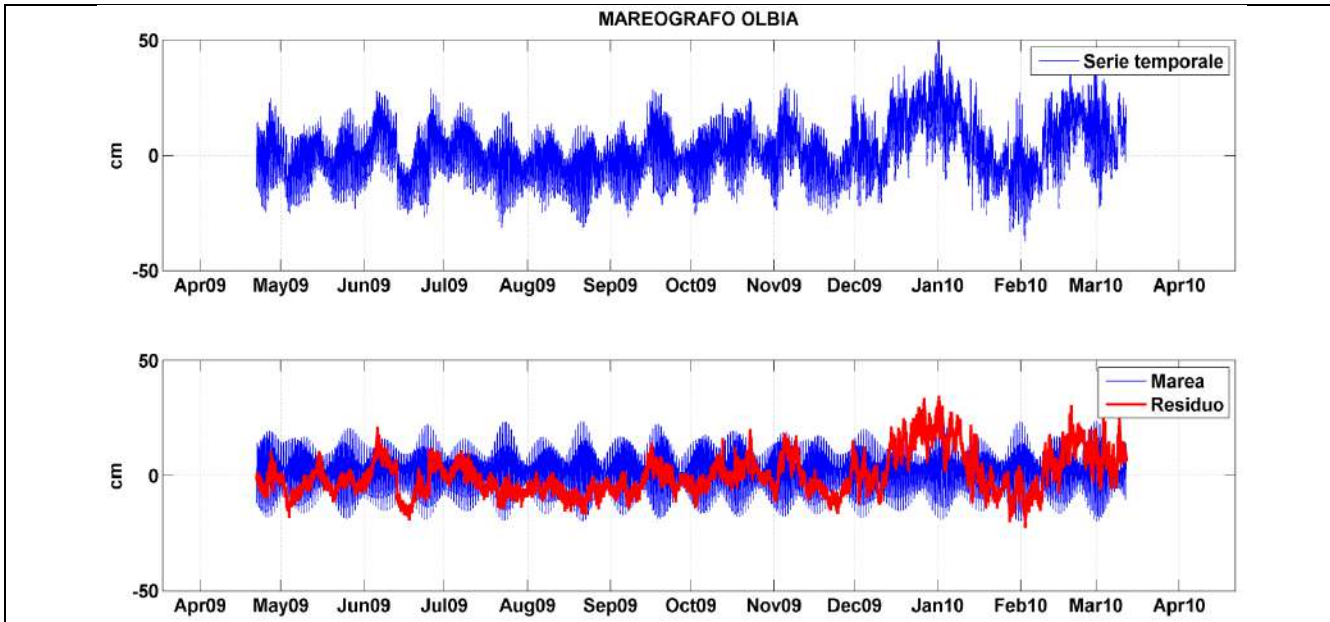
Risultati preliminari / Résultats préliminaires

In tabella 8 è presentato un riassunto dei range di oscillazione dei livelli del mare nelle tre stazioni, rispetto al valor medio di ciascuna serie. Il range diminuisce spostandosi da est (Olbia, Tirreno) passando dalle Bocche di Bonifacio (Santo Stefano) verso ovest (Porto Torres, Bacino Algero-Provenzale). Le serie temporali sono rappresentate come anomalie rispetto al valor medio (ossia oscillano intorno allo zero) e poi decomposte in componente mareale e componente residua.

Nelle figura 55, 56 e 57 sono riassunti i risultati di tale analisi per ogni singola stazione. La varianza spiegata dalla marea nelle tre serie è di 50.3% a Olbia, 42.3% a Santo Stefano e 35.2% a Porto Torres, evidenziando anche in questo caso un gradiente est – ovest. Per ciascuna stazione sono riassunti la fase e l'ampiezza delle principali componenti mareali nella tabella sottostante ciascuna figura.

Il calcolo della fase nelle componenti mareali, permette anche di verificare il ritardo di marea di ciascuna stazione rispetto alle altre. Se si considera solo la M2, che in tutte e tre le stazioni sembra prevalere (la sua ampiezza passa da 11.2 cm a Olbia, diminuendo gradualmente verso ovest, con 10.1 cm a S. Stefano e 7.1 cm a Porto Torres), le fasi risultano essere 235.77°, 226.31° e 240.54°, rispettivamente a Olbia, Santo Stefano e Porto Torres. Quindi il segnale della M2 a Santo Stefano precede quello di Olbia di 20 minuti e quello di Porto Torres di 30 minuti (usando la relazione tra fase e tempo: fase/[360° * frequenza]).

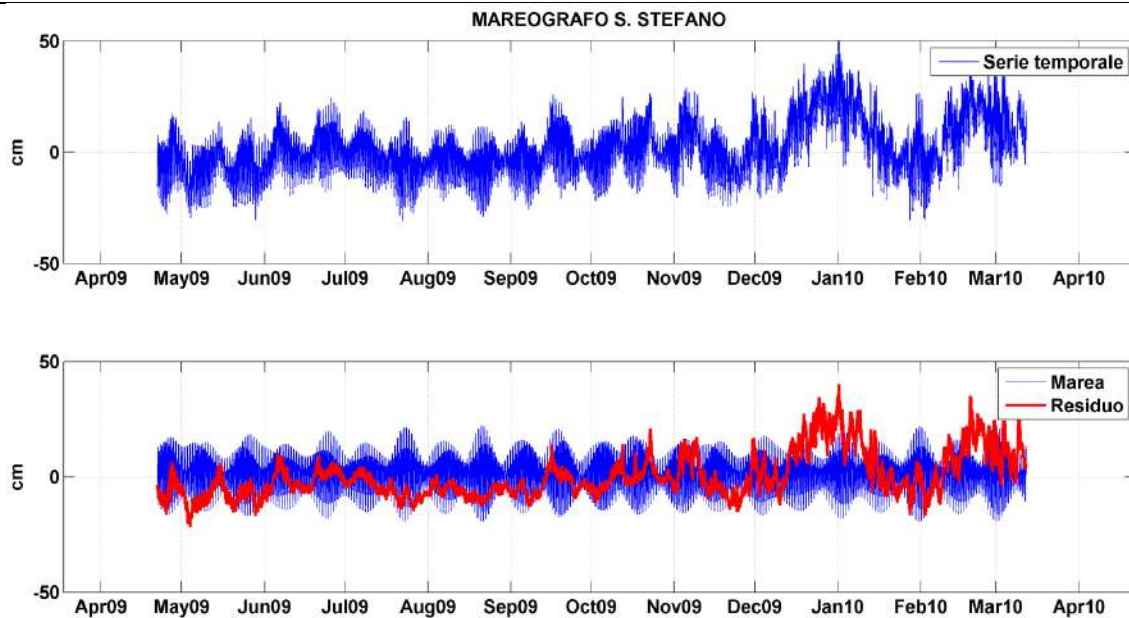
Infine in figura 58 sono stati messi a confronto i livelli residui dalle tre serie. Risulta chiaramente che quella parte della serie di livello che non è dovuta alla marea, ha una causa comune nelle tre serie in quanto i residui hanno un andamento quasi identico. Una delle possibili cause potrebbe essere il vento, più forte nei mesi invernali, quando il segnale residuo era più intenso e dominante sulla marea (vedi figura 58). I coefficienti di correlazione tra le tre serie dei residui sono 0.91 per S. Stefano-Olbia, 0.74 per S. Stefano-Porto Torres e 0.69 per Olbia-Porto Torres (vedi figura 59).



Nome	Frequenza (1/ora)	Ampiezza (cm)	Fase
M2	0.0805114	11.1714	235.77°
S2	0.0833333	4.3450	256.49°
N2	0.0789992	2.4134	220.40°
K2	0.0835615	1.2010	261.83°
K1	0.0417807	2.5633	187.37°
O1	0.0387307	1.4665	101.08°
P1	0.0415526	0.7064	184.36°



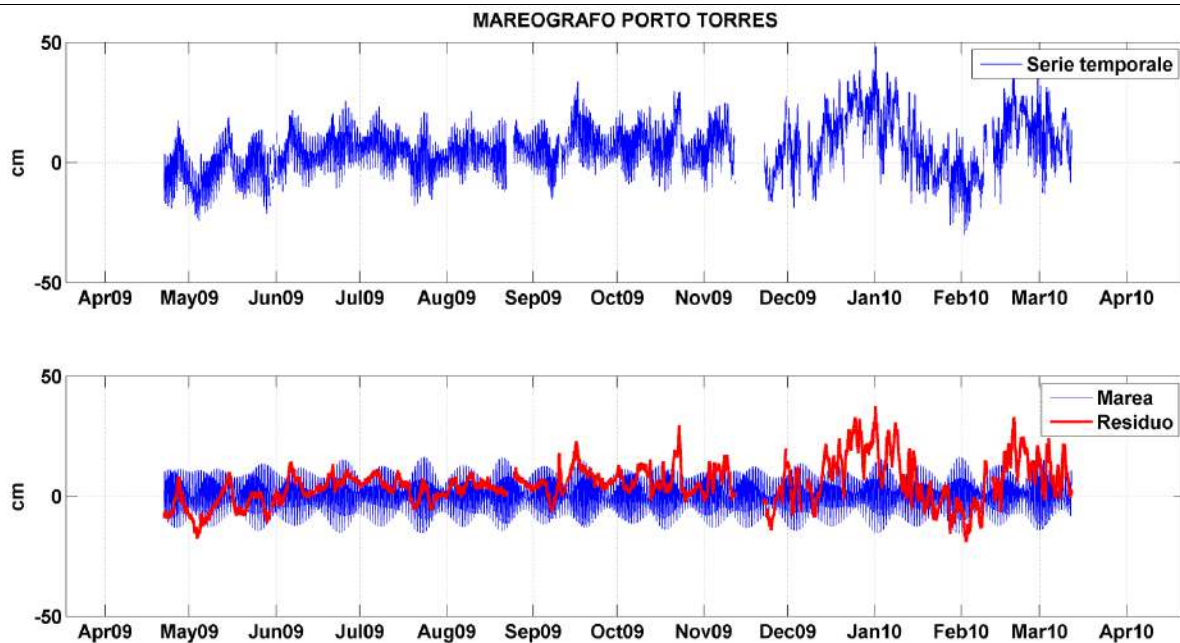
Fig. 55 Serie temporale delle variazioni di livello a Olbia (in alto) e decomposizione in componente mareale e residua (in basso). I valori indicati in tabella sono i nomi, le frequenze, le fasi e le ampiezze delle principali componenti di marea / Série chronologique des changements de niveau à Olbia (en haut) et de la décomposition en composantes marémotrices et résiduelles (en bas). Les valeurs indiquées dans le tableau sont les noms, fréquences, phases et amplitudes des principales composantes de la marée.



Nome	Frequenza (1/ora)	Ampiezza (cm)	Fase
M2	0.0805114	10.1169	226.31°
S2	0.0833333	4.0647	246.00°
N2	0.0789992	2.1435	211.44°
K2	0.0835615	1.1605	246.89°
K1	0.0417807	2.7576	189.72°
O1	0.0387307	1.3270	102.79°
P1	0.0415526	0.9335	186.91°



Fig. 56 Serie temporale delle variazioni di livello a Santo Stefano (in alto) e decomposizione in componente mareale e residua (in basso). I valori indicati in tabella sono: nomi, frequenze, fasi e ampiezze delle principali componenti di marea / Série chronologique des changements de niveau à Santo Stefano (en haut) et de la décomposition en composantes marémotrices et résiduelles (en bas). Les valeurs indiquées dans le tableau sont les noms, fréquences, phases et amplitudes des principales composantes de la marée.



Nome	Frequenza (1/ora)	Ampiezza (cm)	Fase
M2	0.0805114	7.0916	240.54°
S2	0.0833333	2.8528	258.85°
N2	0.0789992	1.4683	229.15°
K2	0.0835615	0.8578	251.48°
K1	0.0417807	3.4060	191.72°
O1	0.0387307	1.5197	115.35°
P1	0.0415526	1.0471	192.85°



Fig. 57 Serie temporale delle variazioni di livello a Porto Torres (in alto) e decomposizione in componente mareale e residua (in basso). I valori indicati in tabella sono i nomi, le frequenze, le fasi e le ampiezze delle principali componenti di marea / Série chronologique des changements de niveau à Porto Torres (en haut) et de la décomposition en composantes marémotrices et résiduelles (en bas). Les valeurs indiquées dans le tableau sont les noms, fréquences, phases et amplitudes des principales composantes de la marée.

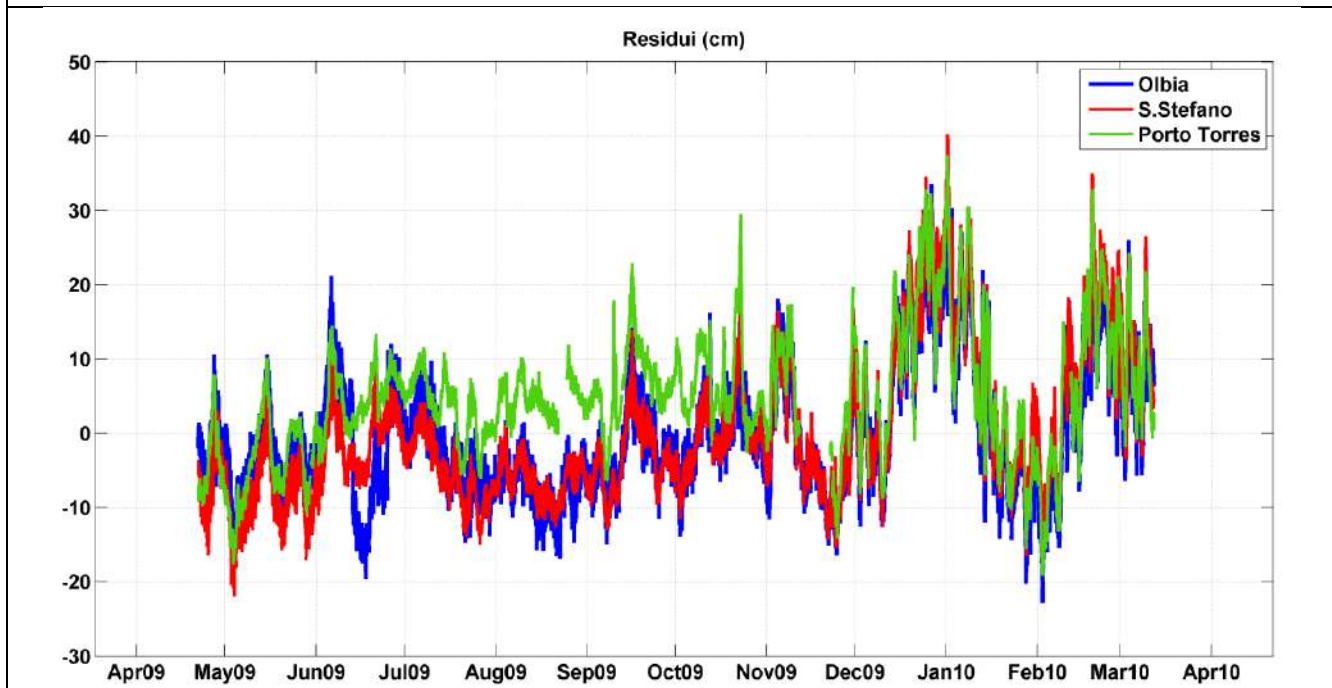




Fig. 58 Confronto tra le correnti residue nelle tre stazioni (Olbia blu, S. Stefano rosso, Porto Torres verde) / Comparaison des courants résiduels dans les trois stations (bleu Olbia, rouge S. Stefano, vert Porto Torres)

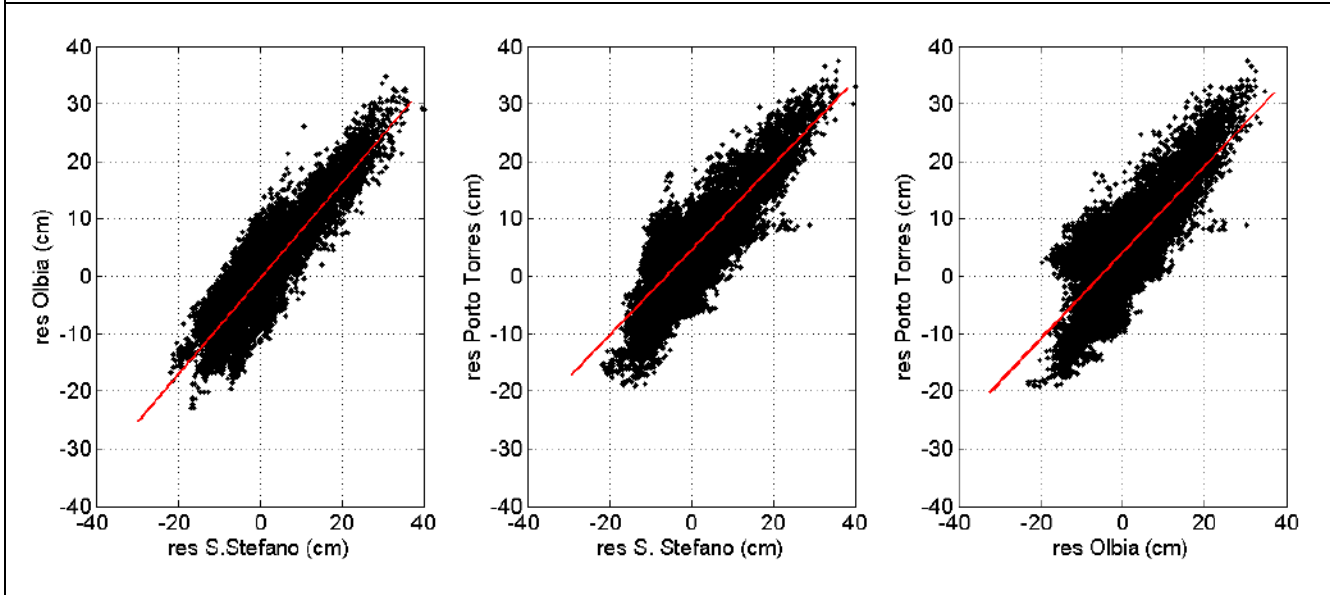


Fig. 59 Correlazioni tra le componenti residue delle tre serie di livello. I coefficienti di correlazione delle regressioni sono (da sinistra verso destra): 0.91, 0.74 e 0.69/ Corrélations entre les composantes résiduelles de la série à trois niveaux. Les coefficients de corrélation des régressions sont (de gauche à droite): 0,91, 0,74 et 0,69



Le tableau 8 présente un résumé des plages de fluctuation du niveau de la mer dans les trois stations, par rapport à la valeur moyenne de chaque série. La chaîne décroît en allant de l'est (Olbia, Tirreno) en passant de la Bocche di Bonifacio (Santo Stefano) à l'ouest (Porto Torres, le bassin algéro-provençal). Les séries temporelles sont représentées sous forme d'anomalies avec une valeur moyenne (c'est-à-dire qu'elles oscillent autour de zéro), puis sont décomposées en une composante de marée et une composante résiduelle.

Les figures 55, 56 et 57 résument les résultats de cette analyse pour chaque station. La variance expliquée par la marée dans les trois séries est de 50.3% à Olbia, 42.3% à Santo Stefano et 35.2% à



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Porto Torres, ce qui met en évidence un gradient est-ouest. Pour chaque station, la phase et la largeur des principales composantes de la marée dans le tableau sous chaque figure sont résumées.

*Le calcul de la phase dans les composantes de marée permet également de vérifier le retard de marée de chaque station par rapport aux autres. Si nous ne considérons que le M2 qui semble prévaloir dans les trois stations (son amplitude va de 11.2 cm à Olbia, diminuant progressivement vers l'ouest, avec 10.1 cm à S. Stefano et à 7.1 cm à Porto Torres), nous avons les phases sont 235.77 °, 226.31 ° et 240.54 °, respectivement à Olbia, Santo Stefano et Porto Torres. Ainsi, le signal M2 de Santo Stefano précède celui d'Olbia de 20 minutes et celui de Porto Torres de 30 minutes (en utilisant la relation phase-temps: $phase / [360^\circ * fréquence]$).*

Enfin, la figure 58 compare les niveaux résiduels des trois séries. Il est clair que la partie de la série de niveaux qui n'est pas due à la marée a une cause commune dans les trois séries, car les résidus ont un parcours presque identique. L'une des causes possibles pourrait être le vent, plus fort en hiver, lorsque le signal résiduel était plus intense et dominant à la marée (voir la figure 58). Les coefficients de corrélation entre les trois séries de résidus sont 0.91 pour S. Stefano-Olbia, 0.74 pour S. Stefano-Porto Torres et 0.69 pour Olbia-Porto Torres (voir figure 59).

Misure correntometriche / Mesures courantmétriques

Ulteriori misure della circolazione sono state effettuate durante un passaggio della N/O Urania nella zona di indagine (campagna MEDCO08, novembre 2008; Figura 60).

La N/O Urania è dotata di due profilatori acustici (ADCP, Acoustic Doppler Current Profiler, RDI Workhorse 300 KHz e RDI Ocean Surveyer 75 KHz), per la misura in continuo delle correnti negli strati superficiali e intermedi della colonna d'acqua. Questi strumenti stimano le componenti orizzontali e verticali della velocità nella colonna d'acqua in funzione della profondità basandosi sul principio fisico dell'effetto Doppler.

Nell'ambito del progetto sono stati utilizzati solo i dati raccolti con l'ADCP a 300 KHz, che raggiungono le profondità di interesse nella zona di studio. La misura è stata eseguita con una risoluzione verticale di 4 m, che ha permesso di raggiungere profondità intorno ai 50 m; le onde acustiche emesse dalle quattro sorgenti dello strumento vengono riflesse da particelle e zooplancton in sospensione a diverse profondità. Grazie al moto solidale con la corrente di tali particelle, la frequenza del segnale



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

riflesso subisce uno spostamento Doppler, con il quale può essere calcolata la velocità della corrente stessa. I valori di velocità inizialmente sono riferiti ad un sistema di coordinate solidale con lo strumento. Pertanto, per trasformarli in un sistema di coordinate geografico, devono essere noti il beccheggio ed il rollio (*pitch & roll*) della nave; questi valori, acquisiti ogni secondo, sono stati mediati su un intervallo temporale di 5 minuti. Per l'acquisizione dei dati ADCP è stato utilizzato il *Data Acquisition System* (VMDAS), messo a disposizione dalla RDI.

I dati acquisiti tramite ADCP sono processati usando il *Common Oceanographic Data Access System* (CODAS, versione 3, <http://currents.soest.hawaii.edu/docs/doc/>, Figura 61) sviluppato da un gruppo dell'Università delle Hawaii. Questo programma è composto da un set di subroutine indipendenti per la memorizzazione e il reperimento dei dati oceanografici o di altri tipi di dati scientifici. Consta di un database e un set di programmi scritti in linguaggio C e in MATLAB. Dopo una prima scansione dei dati grezzi, il programma permette di identificare gap di registrazione o altri problemi, di estrarre le informazioni necessarie a correggerli, di caricare i dati in un database, valutare la qualità del set di dati (calcolo di statistiche diagnostiche), estrarre, assegnare coordinate, editare e correggere i dati di velocità. I dati sono stati corretti per errori nel valore della velocità del suono in acqua, disallineamento dello strumento rispetto all'asse della nave e velocità della nave. Nei dati acquisiti con l'ADCP vi è un errore sistematico inferiore a 1 cm s^{-1} , che non può essere eliminato dal post-processamento.



Interreg



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

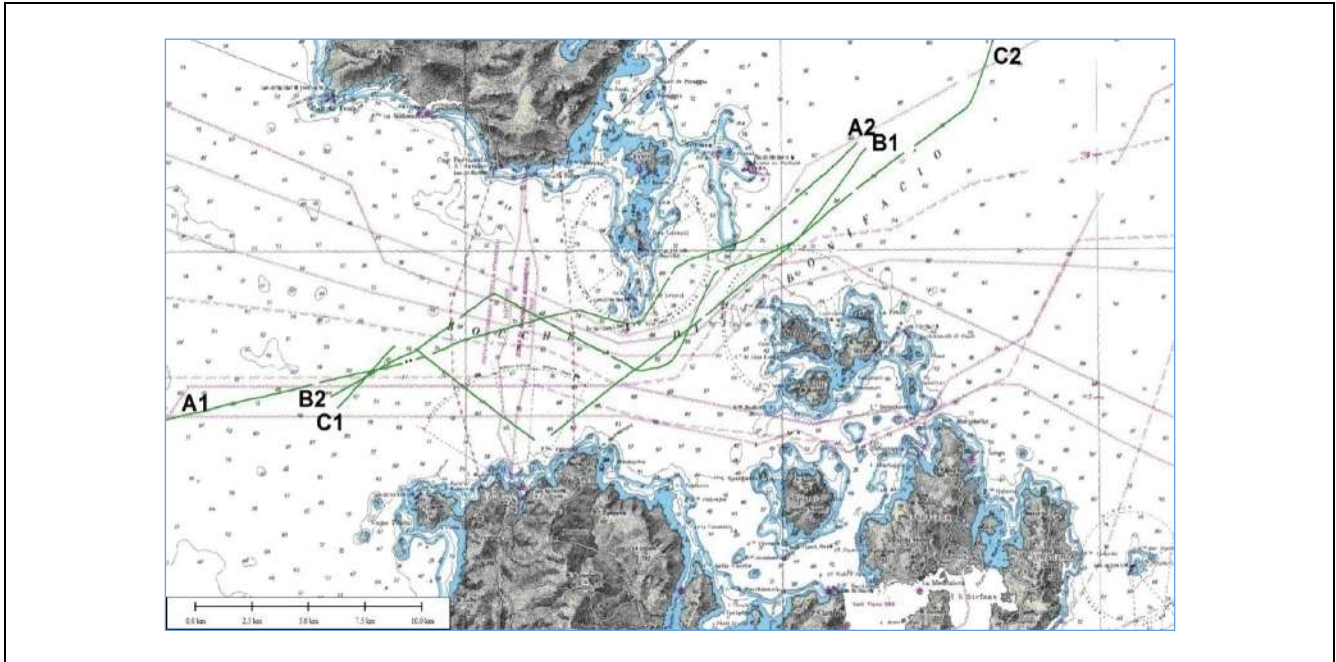




Fig. 60: I tre percorsi di acquisizione con l'ADCP a scafo, denominati A B e C, effettuati con la NO Urania durante la campagna oceanografica MEDCO08 (novembre 2008). La direzione della nave lungo i tre percorsi era da 1 a 2 / Les trois chemins d'acquisition avec la coque ADCP, nommés A B et C, ont été réalisés avec le NO Urania lors de la campagne océanographique MEDCO08 (novembre 2008). La direction du navire sur les trois routes était comprise entre 1 et 2

ADCP DATA PROCESSING SYSTEM Using CODAS

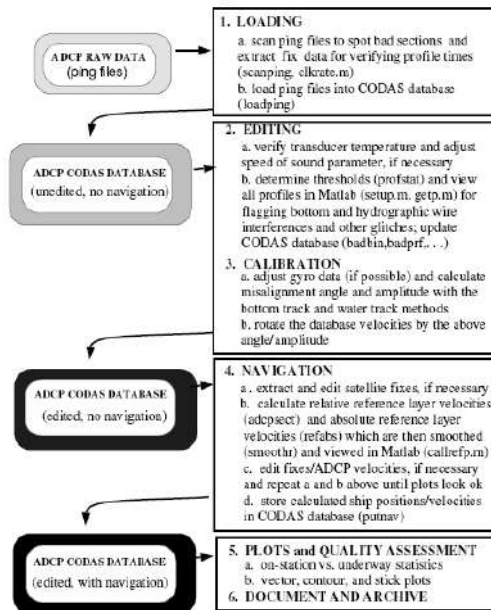


Fig. 61 ADCP data processing flowchart



D'autres mesures de la circulation ont été effectuées lors du passage du N/O Urania dans la zone d'enquête (campagne MEDCO 2008, novembre 2008; figure 60).

Le N/O Urania est équipé de deux profileurs acoustiques (ADCP, profileur de courant acoustique Doppler, RDI Workhorse 300 KHz et RDI Ocean Surveyer 75 KHz) pour la mesure en continu des courants dans les couches superficielles et intermédiaires de la colonne d'eau. Ces instruments évaluent les composantes horizontale et verticale de la vitesse dans la colonne d'eau en fonction de la



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

profondeur, sur la base du principe physique de l'effet Doppler.

Dans le cadre du projet, seules les données collectées avec l'ADCP à 300 KHz ont été utilisées et atteignent les profondeurs d'intérêt de la zone d'étude. La mesure a été réalisée avec une résolution verticale de 4 m, ce qui nous a permis d'atteindre des profondeurs d'environ 50 m; les ondes acoustiques émises par les quatre sources de l'instrument sont réfléchies par les particules et le zooplancton en suspension à différentes profondeurs. Grâce au mouvement intégré au courant de ces particules, la fréquence du signal réfléchi subit un décalage Doppler, avec lequel la vitesse du courant lui-même peut être calculée.

Les valeurs de vitesse se rapportent initialement à un système de coordonnées intégré à l'instrument. Par conséquent, pour les transformer en un système de coordonnées géographiques, le tangage et le roulis du navire doivent être connus; ces valeurs, acquises chaque seconde, ont été moyennées sur un intervalle de temps de 5 minutes. Pour l'acquisition de données ADCP, le système d'acquisition de données (VMDAS) a été utilisé, mis à disposition par RDI.

Les données acquises via ADCP sont traitées à l'aide du système commun d'accès aux données océanographiques (CODAS, version 3, <http://currents.soest.hawaii.edu/docs/doc/>, figure 61) mis au point par un groupe de l'Université de Hawaïi. Ce programme consiste en un ensemble de sous-programmes indépendants permettant de stocker et de récupérer des données océanographiques ou d'autres types de données scientifiques. Il se compose d'une base de données et d'un ensemble de programmes écrits certains en langage C et d'autres en MATLAB. Après un premier balayage des données brutes, le programme permet d'identifier les lacunes d'enregistrement ou d'autres problèmes, d'extraire les informations nécessaires pour les corriger, de charger les données dans une base de données, d'évaluer la qualité du jeu de données (calcul de statistiques de diagnostic), extraire, assigner des coordonnées, éditer et corriger les données de vitesse. Les données ont été corrigées pour tenir compte des erreurs dans la valeur de la vitesse du son dans l'eau, du désalignement de l'instrument par rapport à l'axe du navire et de la vitesse du navire. Dans les données acquises avec ADCP, il existe une erreur systématique inférieure à 1 cm s⁻¹, qui ne peut être éliminée par un post-traitement.

Analisi / Analyse

Sono stati processati i dati raccolti dal WH 300 kHz e in Figura 62 è presentato il tracciato di



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

navigazione effettuato nell'area di studio.

In Figura 63 sono rappresentate le mappe di velocità orizzontale delle correnti, ponendo a confronto due profondità (23 m e 43 m) a tre livelli di ingrandimento. Esse sono state generate dalle routine CODAS *timegrid*, *adcpsect* e *vector*.

Le due profondità non presentano grandi differenze e la colonna d'acqua si muove in modo barotropico (ossia non ci sono variazioni verticali delle velocità orizzontali, nel range di profondità considerato). Tutta la regione (mappe a sinistra) mostra una circolazione ciclonica (antioraria) nell'alto Tirreno. Dagli ingrandimenti successivi è evidente che il flusso di acqua alle Bocche è diretto da ovest verso est, principalmente guidato dal vento che spira prevalentemente nella stessa direzione.

Per produrre le mappe della distribuzione verticale delle velocità orizzontali sono state considerate le due linee evidenziate in rosso in Figura 62. Qui dei seguito (figura 63b) le componenti U (est) e V (nord) dei vettori di velocità sono state ruotate, in modo da ottenere N e T, ossia le componenti ortogonali e parallele alle linee considerate: velocità N positive (negative) indicano un flusso in entrata (uscita) nel foglio, mentre velocità T positive (negative) indicano un flusso diretto verso est (ovest).

Quindi in figura 64 e 65 sono presentate le sezioni verticali di N e T lungo le linee 1 e 2.

In seguito due diversi approcci sono stati utilizzati per caratterizzare l'idrodinamica nelle Bocche di Bonifacio e Arcipelago di La Maddalena: nelle bocche di Bonifacio dove la profondità del fondo era di circa 50-60 m è stato utilizzato un correntometro acustico (ADCP) RDI Workhorse 300 kHz montato sullo scafo della N/O Urania del CNR; nel Canale Bucinara (La Maddalena) in acque poco profonde è stato utilizzato un correntometro acustico (ADCP) RDI Workhorse Sentinel 614 kHz montato su una motovedetta della Guardia Costiera di La Maddalena.

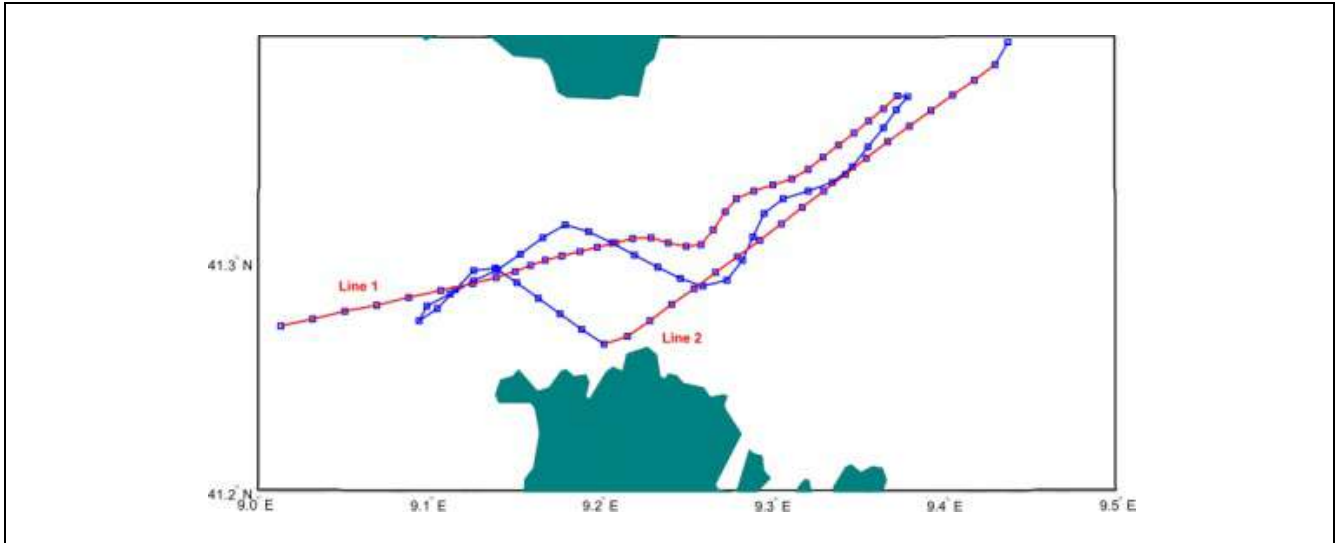


Fig 62: Tracciato della navigazione effettuata dalla N/O Urania il 19 novembre 2008/ Route de navigation réalisée par N/O Urania le 19 novembre 2008

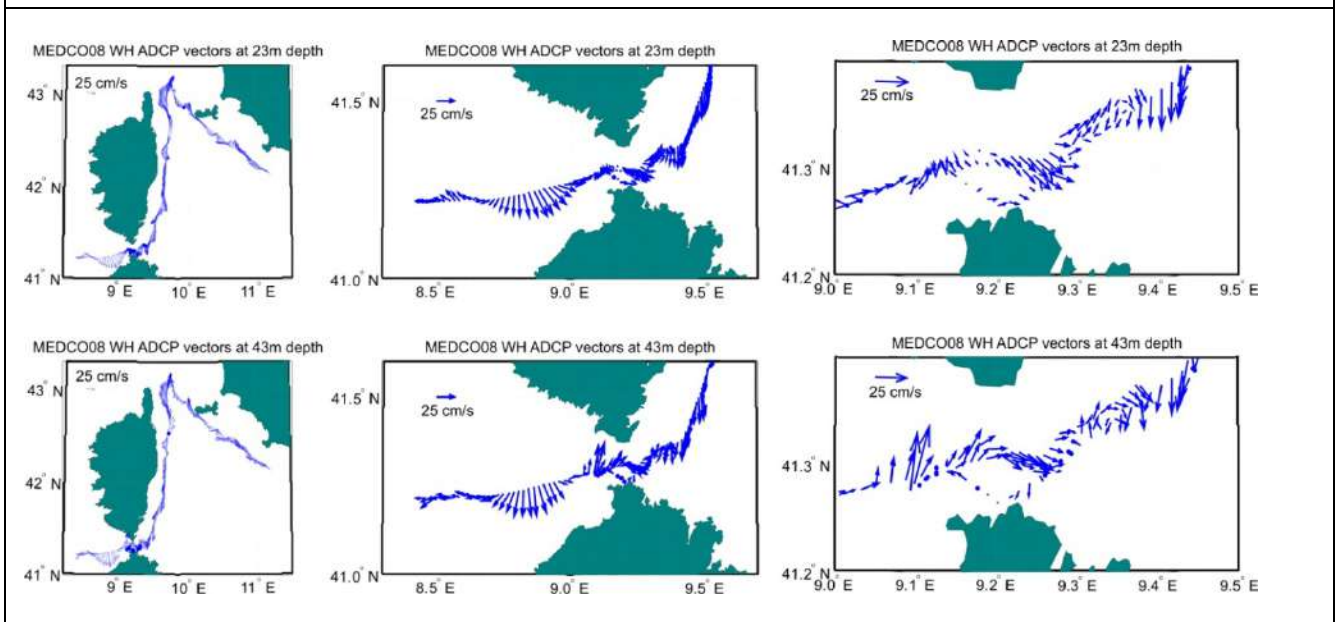




Fig 63 Mappe di circolazione a 23 m e a 43 m, a tre livelli di ingrandimento / Cartes de circulation à 23 et 43 m, à trois niveaux de grossissement

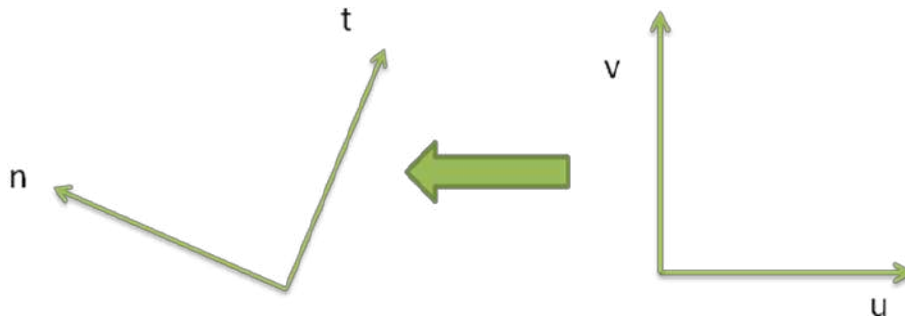


Fig 63b: Rotazione delle componenti U (est) e V (nord) dei vettori di velocità/ Rotation des composantes U (est) et V (nord) des vecteurs de vitesse

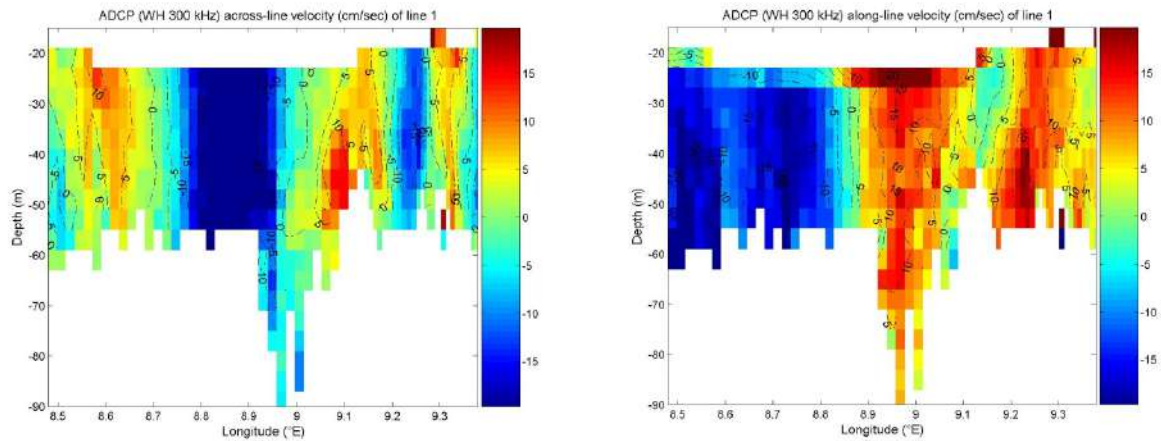


Fig 64 Componenti n (sinistra) e t (destra) lungo la linea 1 / Composants n (à gauche) et t (à droite) le long de la ligne 1

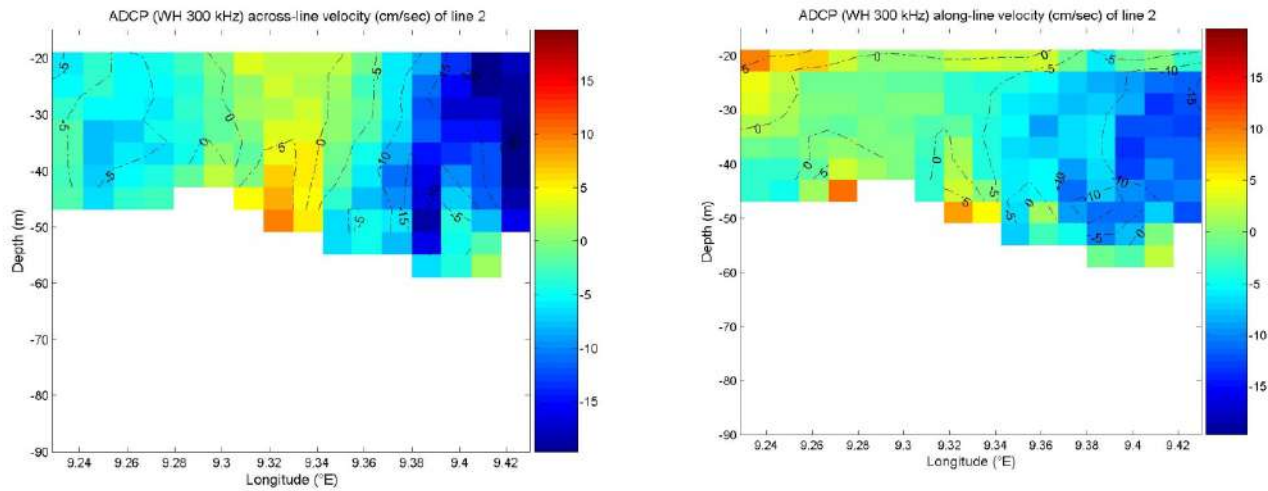


Fig 65 Componenti n (sinistra) e t (destra) lungo la linea 2/ Composants n (à gauche) et t (à droite) le long de la ligne 2



Les données collectées par le WH 300 kHz ont été traitées et la figure 62 montre la configuration de la navigation effectuée dans la zone d'étude.

La figure 63 montre les cartes de vitesse horizontale des courants, comparant deux profondeurs (23 m et 43 m) à trois niveaux de grossissement. Ils ont été générés par les routines CODAS timegrid, adcpsect et vector.

Les deux profondeurs ne présentent pas de grandes différences et la colonne d'eau se déplace de manière barotrope (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de variations verticales des vitesses horizontales, dans la plage de profondeur considérée). La région entière (cartes à gauche) montre une circulation cyclonique (antihoraire) dans la partie supérieure de la mer Tyrrhénienne. Il ressort clairement des élargissements successifs que le flux d'eau vers les embouchures est dirigé d'ouest en est, principalement en raison du vent qui souffle principalement dans la même direction.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Afin de produire les cartes de la distribution verticale des vitesses horizontales, les deux lignes surlignées en rouge dans la figure 62 ont été prises en compte (voir ci-dessous (figure 63b), les composantes U (est) et V (nord) des vecteurs de manière à obtenir N et T , c'est-à-dire les composantes orthogonales et parallèles aux lignes considérées: les vitesses positives (négatives) de N indiquent un écoulement d'entrée (sortie) dans la feuille, tandis que les vitesses positives (négatives) de T indiquent un écoulement direct vers l'est (ouest).

Par conséquent, aux figures 64 et 65, les sections verticales de N et T sont présentées le long des lignes 1 et 2.

Deux approches différentes ont ensuite été utilisées pour caractériser l'hydrodynamique dans les archipels de Bocche di Bonifacio et de La Maddalena: la profondeur du fond était d'environ 50 à 60 m, comme dans l'embouchure de Bonifacio, un courantomètre acoustique a été utilisé (ADCP) Cheval de travail RDI 300 kHz monté sur la coque du N/O Urania du CNR; Dans les eaux peu profondes, comme dans le canal de Bucinara (La Maddalena), un compteur de courant acoustique (ADCP) RDI Workhorse Sentinel 614 kHz a été utilisé monté sur un bateau de surveillance des garde-côtes de La Maddalena.

Misure con ADCP a scafo / Mesures avec ADCP de la coque

Ulteriori misure della circolazione sono state effettuate durante un passaggio della N/O Urania nella zona di indagine (campagna SICILY09, ottobre-novembre 2009; Figura 66).

La N/O Urania è dotata di due profilatori acustici (ADCP, Acoustic Doppler Current Profiler, RDI Workhorse 300 KHz e RDI Ocean Surveyer 75 KHz), per la misura in continuo delle correnti negli strati superficiali e intermedi della colonna d'acqua. Questi strumenti stimano le componenti orizzontali e verticali della velocità nella colonna d'acqua in funzione della profondità basandosi sul principio fisico dell'effetto Doppler. Nell'ambito del progetto sono stati utilizzati solo i dati raccolti con l'ADCP a 300 KHz, che raggiungono le profondità di interesse nella zona di studio.

La misura è stata eseguita con una risoluzione verticale di 4 m, che ha permesso di raggiungere profondità intorno ai 50 m. I dati acquisiti, delle stesse caratteristiche di quelli ottenuti nella campagna dell'anno precedente, sono stati processati utilizzando le stesse procedure, cioè il Common Oceanographic Data Access System (CODAS, versione 3, <http://currents.soest.hawaii.edu/docs/doc/>) descritto in precedenza.

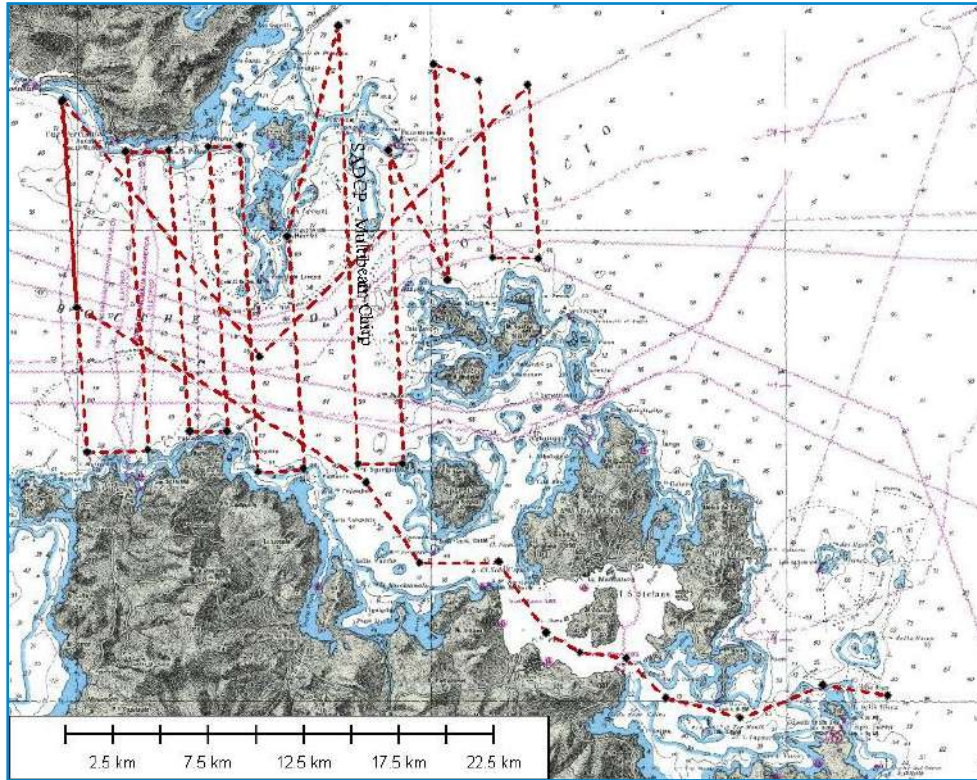


Fig 66 Il percorso di acquisizione con l'ADCP a scafo effettuati con la NO Urania durante la campagna oceanografica SICILY09 (ottobre-novembre 2009). La direzione della nave lungo il percorso era da sud Corsica verso ovest attraverso le Bocche e proseguendo attraverso il canale di Bucinara / La route d'acquisition avec l'ADCP décortiqué réalisé avec le NO Urania lors de la campagne océanographique SICILY09 (octobre-novembre 2009). La direction du navire le long de la route était du sud de la Corse vers l'ouest en passant par le Bocche et en continuant par le canal de Bucinara



D'autres mesures de la circulation ont été effectuées lors du passage du N/O Urania dans la zone d'étude (campagne SICILY09, octobre-novembre 2009; Figure 66).

Le N / O Urania est équipé de deux profileurs acoustiques (ADCP, profileur de courant acoustique Doppler, RDI Workhorse 300 KHz et RDI Ocean Surveyer 75 KHz) pour la mesure en continu des



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

courants dans les couches superficielles et intermédiaires de la colonne d'eau. Ces instruments évaluent les composantes horizontale et verticale de la vitesse dans la colonne d'eau en fonction de la profondeur sur la base du principe physique de l'effet Doppler. Dans le cadre du projet, seules les données collectées avec l'ADCP à 300 KHz ont été utilisées. Les profondeurs d'intérêt dans la zone d'étude.

La mesure a été réalisée avec une résolution verticale de 4 m, ce qui nous a permis d'atteindre des profondeurs d'environ 50 m. Les données acquises, présentant les mêmes caractéristiques que celles obtenues lors de la campagne de l'année précédente, ont été traitées selon les mêmes procédures, à savoir Système commun d'accès aux données océanographiques (CODAS, version 3, <http://currents.soest.hawaii.edu/docs/doc/>) décrit ci-dessus.

Analisi / Analyse

Sono stati processati i dati raccolti dal WH 300 kHz e in Figura 67 è presentato il tracciato di navigazione effettuato nell'area di studio.

In Figura 68 sono rappresentate le mappe di velocità orizzontale delle correnti, ponendo a confronto due profondità (23 m e 43 m) a tre livelli di ingrandimento. Esse sono state generate dalle routine CODAS *timegrid*, *adcpsect* e *vector*.

Le due profondità non presentano grandi differenze e la colonna d'acqua si muove in modo barotropico (ossia non ci sono variazioni verticali delle velocità orizzontali, nel range di profondità considerato). Tutta la regione (mappe a sinistra) mostra una circolazione ciclonica (antioraria) nell'alto Tirreno. Dagli ingrandimenti successivi è evidente che il flusso di acqua alle Bocche è diretto da est verso ovest, principalmente guidato dal vento che spira prevalentemente nella stessa direzione. Durante la campagna MEDCO08 effettuata a novembre 2008, e presente nel precedente paragrafo, era diretta in senso opposto.

Per produrre le mappe della distribuzione verticale delle velocità orizzontali sono state considerate le due linee evidenziate in rosso in Figura 67. Anche qui di seguito le componenti U (est) e V (nord) dei vettori di velocità sono state ruotate come da figura 63b, in modo da ottenere N e T, ossia le componenti ortogonali e parallele alle linee considerate: velocità N positive (negative) indicano un flusso in entrata (uscita) nel foglio, mentre velocità T positive (negative) indicano un flusso diretto



verso est (ovest).

Quindi in figura 69 e 70 sono presentate le sezioni verticali di N e T lungo le linee 1 e 2.

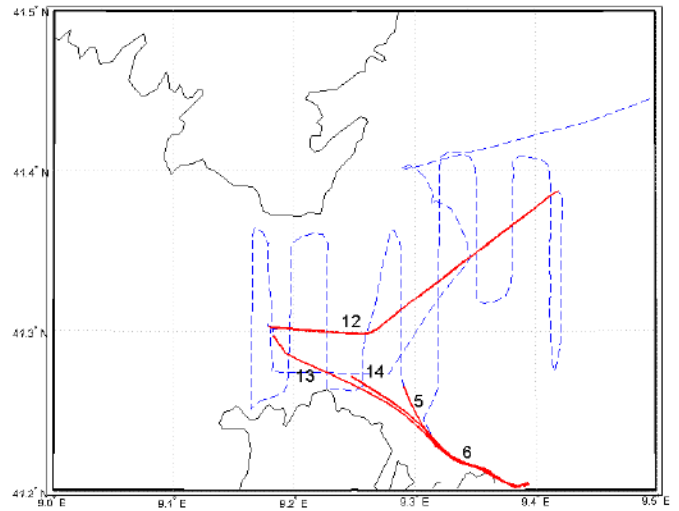
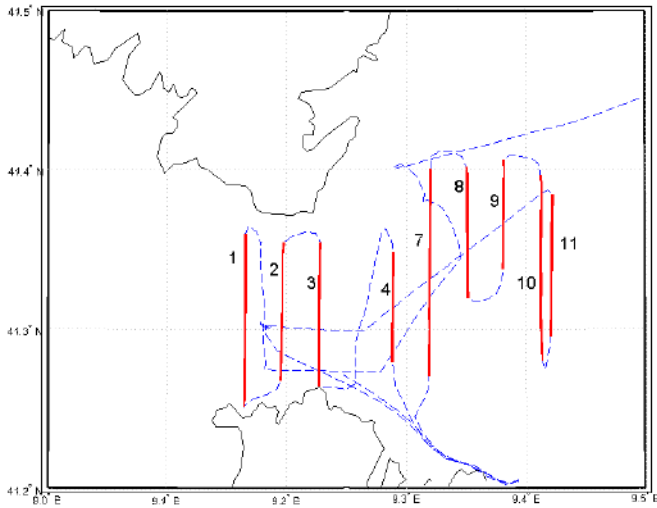
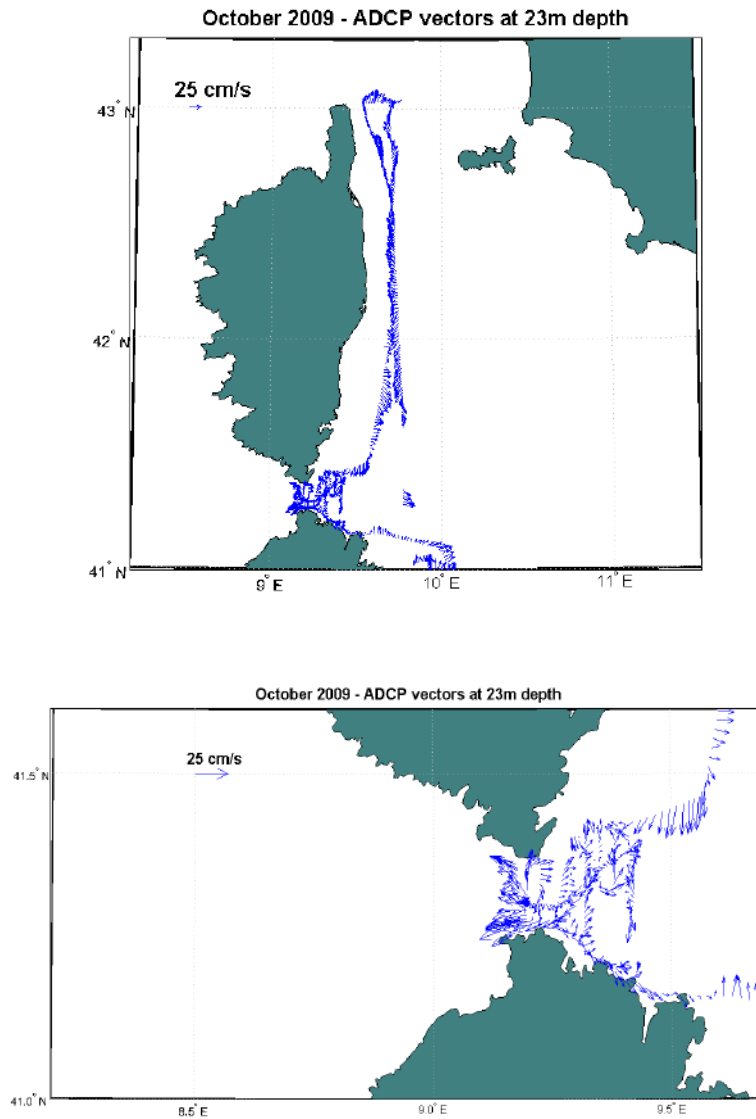


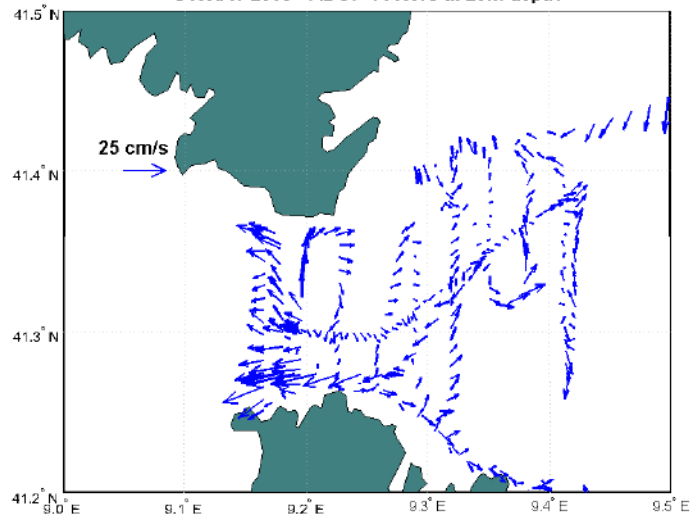


Fig 67 Tracciato di navigazione effettuato dalla N/O Urania il 31 ottobre-2 novembre 2009/ Route de navigation réalisée par N/O Urania du 31 octobre au 2 novembre 2009

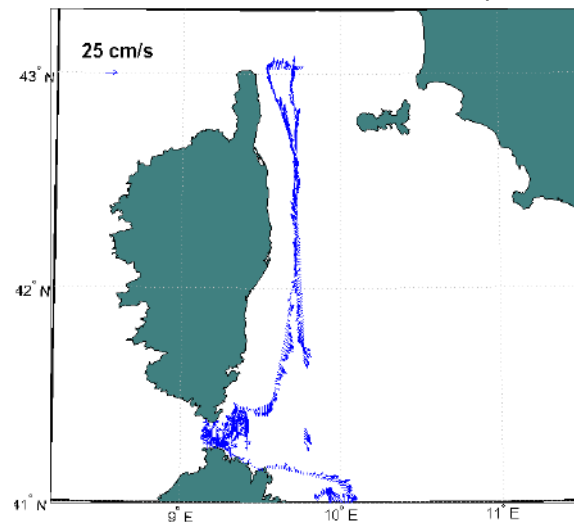




October 2009 - ADCP vectors at 23m depth

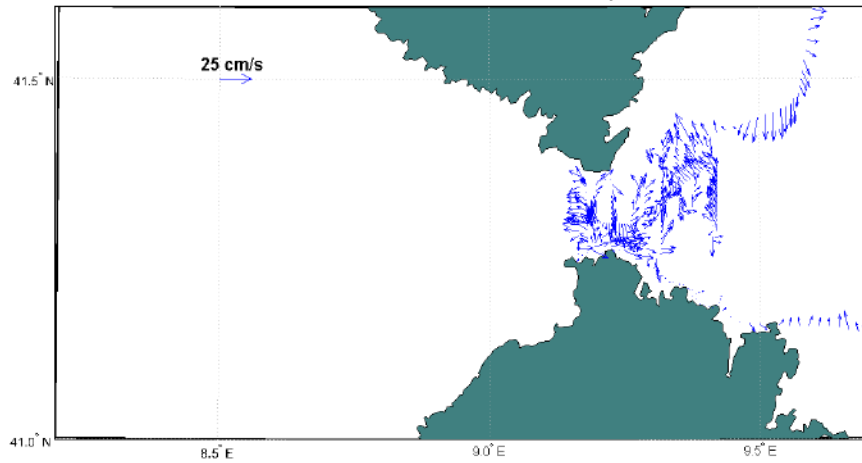


October 2009 - ADCP vectors at 39m depth





October 2009 - ADCP vectors at 39m depth



October 2009 - ADCP vectors at 39m depth

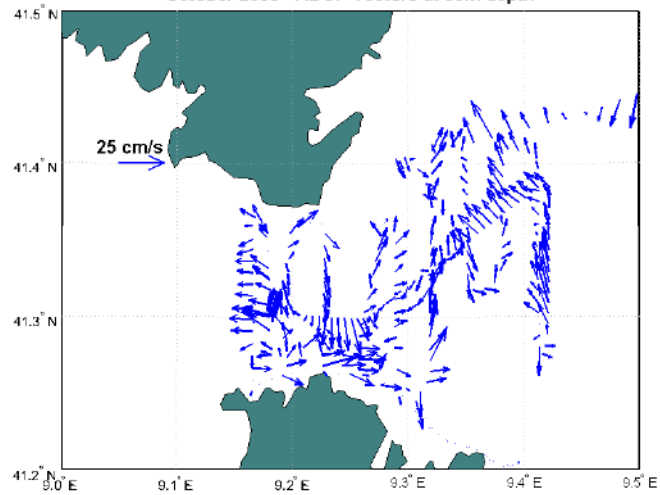




Fig 68 Mappe di circolazione a 23 m e a 43 m, a tre livelli di ingrandimento il 31 ottobre 2009 / Cartes de circulation à 23 et 43 m, à trois grossissements au 31 octobre 2009

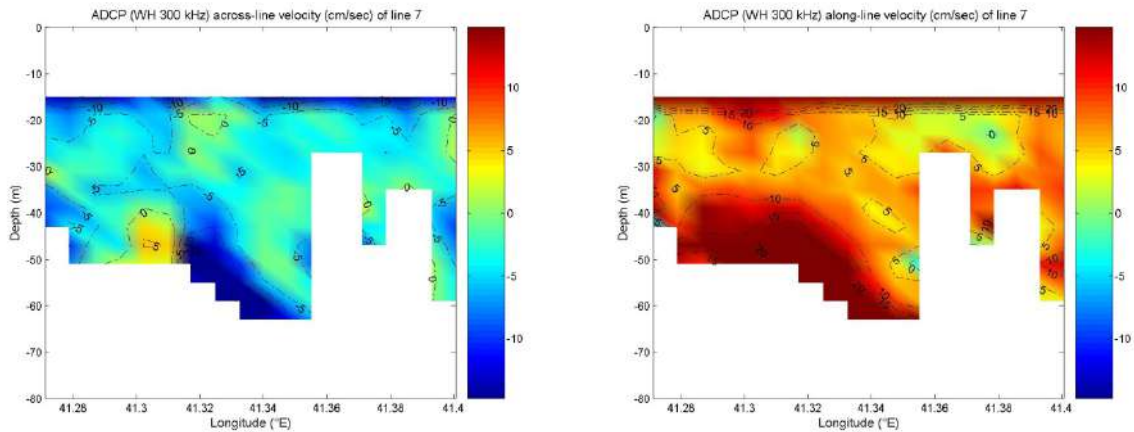


Fig 69 Componenti n (sinistra) e t (destra) lungo la linea 7 / Composants n (à gauche) et t (à droite) le long de la ligne 7

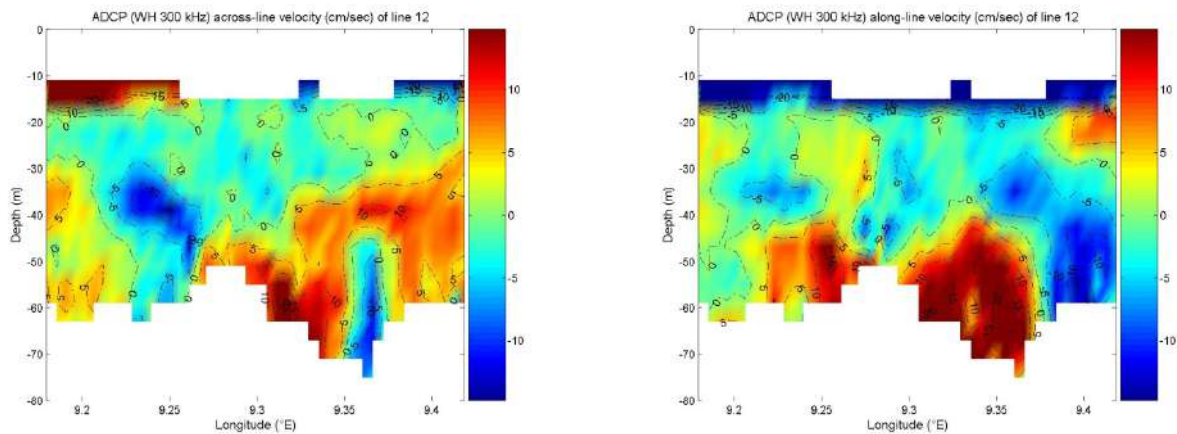


Fig 70 Componenti n (sinistra) e t (destra) lungo la linea 12 / Composants n (à gauche) et t (à droite) le long de la ligne 12

Tab. 9 – Configurazione dell'ADCP utilizzato / Configuration de l'ADCP utilisée



Firmware	16.28
Modello	Sentinel
Frequenza (kHz)	Broadband 614.4
Angolo di ciascun trasduttore (4)	20°
Tipologia	Convesso
Sistema	Nave
Dimensioni del 1° Bin (m)	1.63
Dimensione di ogni cella (m)	1.00
Numero di celle	50
Cella vuota dallo strumento (m)	0.5
Numero di ping in acqua per Ensemble	10
Numero di ping per bottom tracking	1
Tempo del /Ping	00:00.23
Intervallo di ciascun Ensemble (s)	10.00



Les données collectées par le WH 300 kHz ont été traitées et la figure 67 montre la configuration de la navigation effectuée dans la zone d'étude.

La figure 68 montre les cartes de vitesse horizontale des courants, comparant deux profondeurs (23 m et 43 m) à trois niveaux de grossissement. Ils ont été générés par les routines CODAS timegrid, adcpsect et vector.

Les deux profondeurs ne présentent pas de grandes différences et la colonne d'eau se déplace de manière barotrope (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de variations verticales des vitesses horizontales, dans la plage de profondeur considérée). La région entière (cartes à gauche) montre une circulation cyclonique (antihoraire) dans la partie supérieure de la mer Tyrrhénienne. Des élargissements successifs, il est évident que le flux d'eau vers les Bouches est dirigé d'est en ouest, principalement par le vent qui souffle principalement dans la même direction. Lors de la campagne MEDCO08 menée en novembre 2008 et présentée section, il avait été dirigé dans le sens opposé.

Pour produire les cartes de la distribution verticale des vitesses horizontales, les deux lignes surlignées en rouge dans la Figure 67 ont également été prises en compte, ainsi que ci-dessous les composantes des vecteurs de vitesse U (est) et V (nord), comme indiqué dans la Figure 63b. de manière à obtenir N et T, c'est-à-dire les composantes orthogonales et parallèles aux lignes considérées: les vitesses



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

positives (négatives) de N indiquent un écoulement entrant (sortie) dans la feuille, tandis que les vitesses positives (négatives) indiquent un écoulement direct vers l'est (ouest).

Ainsi, sur les figures 69 et 70, les sections verticales de N et T sont présentées le long des lignes 1 et 2.

Misure con ADCP su motovedetta / Mesures avec ADCP sur un bateau de patrouille

L'acquisizione di dati correntometrici viene effettuato dal CNR di Oristano, coordinatore del progetto SOS-Bocche di Bonifacio descritto sopra, in stretta collaborazione con la Capitaneria di Porto – Guardia Costiera italiana di La Maddalena, preposta al controllo dell'area a mare e ente a cui è indirizzato il sistema di previsione per la gestione dell'inquinamento da idrocarburi realizzato. La motovedetta utilizzata per questo primo esperimento è un'unità inaffondabile in vetroresina della Classe 500 (vedi figura 71 sinistra) e della lunghezza fuori tutto di 10.4 metri, con una larghezza di 3.75 metri, un pescaggio di 0.65 metri ed un dislocamento di circa 8.0 tonnellate. La struttura esterna portante lo strumento di acquisizione e' costituita da un palo di alluminio di 3 metri fissato con cime e stecche di alluminio ai candelieri della motovedetta. Alla sua estremità inferiore, mediante flange, viene fissato l'ADCP orientato verso il basso e posto a circa 1 metro sotto il livello del mare. L'ADCP è un Workhorse Sentinel da 614.4 kHz della Teledyne RD Instruments di Pasadena (CA, USA) utilizzato in modalità Broadband. In tabella 9 le caratteristiche dell'acquisizione.

L'ADCP misura le correnti in un range che va da 2 metri a oltre 52 metri di profondità'. Durante il primo esperimento le condizioni del mare sono state da mare quasi calmo a poco mosso e vento debole. All'esterno della motovedetta è stato fissato un *Global Positioning System* (GPS) della Trimble che acquisisce la posizione con una frequenza di 3 secondi per trasmetterla in real-time al PC di acquisizione. Il GPS in dotazione all'imbarcazione non è utilizzabile in quanto non fornisce la stringa di dati di posizione nel formato richiesto dal sistema di acquisizione dell'ADCP.

All'interno della motovedetta sono presenti un PC con installato il programma SeaSave di acquisizione della RDI collegato in tempo reale sia all'ADCP che al GPS (vedi figura 71 destra). L'energia e' a 220 Volt fornita dalla motovedetta o, all'occorrenza, da una batteria da 12 Volt e 25 Ampere/ora. Le acquisizioni sono avvenute lungo transetti perpendicolari alla costa che chiudono i passaggi piu' importanti fra le isole e con una velocità della motovedetta compresa fra 4-4.5 nodi per un totale di 15 miglia nautiche in circa 4 ore (figura 72). I dati sono stati successivamente elaborati per transetti



Interreg



UNIONE EUROPEA



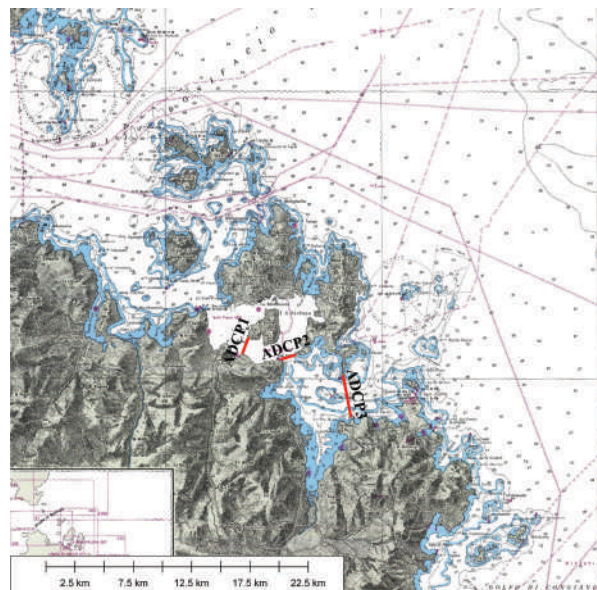
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

mediante il programma CODAS3 interfacciato con MATLAB per la parte grafica.



Fig. 71. Il palo di alluminio montato sulla motovedetta con l'ADCP (di colore blu) in acqua (a sinistra); l'interno della motovedetta con gli strumenti atti all'acquisizione dei dati di corrente e di posizione (a destra) / Le poteau en aluminium monté sur le bateau de patrouille avec l'ADCP (bleu) dans l'eau (à gauche); l'intérieur du bateau de surveillance avec des instruments pour l'acquisition des données de courant et de position (à droite)





Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Fig. 72. L'arcipelago di La Maddalena con i tre transetti ADCP effettuati/ L'archipel de La Maddalena avec les trois transects ADCP réalisés



L'acquisition des mesures actuelles est réalisée par le CNR d'Oristano, coordinateur du projet SOS-Bocche de Bonifacio décrit ci-dessus, en étroite collaboration avec la Capitainerie - les garde-côtes italiens de La Maddalena, chargée du contrôle de la zone en mer et de l'institution auquel le système de prévision pour la gestion de la pollution par les hydrocarbures a été mis en place. Le bateau de surveillance utilisé pour cette première expérience est une unité en fibre de verre insubmersible de la classe 500 (voir figure 71 à gauche) et d'une longueur totale de 10,4 mètres, d'une largeur de 3,75 mètres, d'un tirant d'eau de 0,65 mètre et d'un déplacement d'environ 8,0 tonnes. La structure externe portant l'instrument d'acquisition consiste en un poteau en aluminium de 3 mètres fixé avec des cordes et des nervures en aluminium aux chandeliers des patrouilleurs. À son extrémité inférieure, au moyen de brides, l'ADCP est fixé vers le bas et placé à environ 1 mètre au-dessous du niveau de la mer. L'ADCP est une Workhorse Sentinel de 614,4 kHz de Teledyne RD Instruments de Pasadena (Californie, États-Unis) utilisée en mode large bande. Dans le tableau 9, les caractéristiques de l'acquisition.

L'ADCP mesure les courants dans une plage allant de 2 mètres à plus de 52 mètres de profondeur. Au cours de la première expérience, les conditions de la mer étaient d'une mer presque calme à un vent très léger et faible. Un système GPS (Trimble Global Positioning System) a été installé à l'extérieur du bateau de surveillance. La position a été acquise à une fréquence de 3 secondes pour être transmise en temps réel au PC d'acquisition. Le GPS fourni avec le bateau ne peut pas être utilisé car il ne fournit pas la chaîne de données de position au format requis par le système d'acquisition ADCP.

À l'intérieur du bateau de surveillance se trouve un PC avec le programme d'acquisition SeaSave RDI connecté en temps réel à l'ADCP et au GPS (voir figure 71 à droite). L'énergie est à 220 volts fournie par le bateau de patrouille ou, si nécessaire, par une batterie de 12 volts et 25 ampères/heure. Les acquisitions ont eu lieu le long de transects perpendiculaires à la côte fermant les passages les plus importants entre les îles et avec une vitesse du bateau de patrouille comprise entre 4 et 4.5 nœuds, pour un total de 15 milles marins en environ 4 heures (figure 72). Les données ont ensuite été traitées



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

pour les transects à l'aide du programme CODAS3 interfacé avec MATLAB pour la partie graphique.

Analisi / Analyse

Di seguito viene mostrata l'analisi del transetto ADCP1 (figura 72), che ha dato i risultati migliori.

I dati ADCP raccolti nel Canale Bucinara sul tratto tra Punta Fico e Capo d'Orso, eseguito in una giornata di vento medio costante nord-orientale, mostrano in figura 73 una velocità relativamente alta lungo la sezione con un aumento nei pressi di Capo d'Orso (lato occidentale della sezione) e nella parte più profonda, mentre velocità più basse al centro. Questo è anche visibile nella figura successiva (fig. 74) con la direzione della corrente costante per tutta la colonna d'acqua, ma passando gradualmente da circa 180 ° in prossimità di Punta Fico a circa 140 ° nei pressi di Capo d'Orso.

Gli esperimenti con drifter e le acquisizioni effettuate con gli ADCP tra novembre 2008 e novembre 2009 per lo studio della circolazione all'interno delle Bocche di Bonifacio e nell'Arcipelago di La Maddalena ha sostanzialmente verificato quanto descritto da diversi autori tra gli anni '60 e primi anni '80 (Canò e Stocchino, 1966; CNR-CNEN, 1978-2; Bruschi et al., 1980 e 1981; Astraldi et al., 1983; Manzella et al., 1983; Esposito et al., 1983). All'interno delle Bocche la colonna d'acqua si muove barotropicamente con un flusso d'acqua trainato soprattutto dal vento. Quando il vento manca, il forzante principale è la marea. Nel suo strato superficiale, tuttavia, le correnti che entrano nell'Arcipelago talvolta hanno una direzione opposta a quella del vento. All'interno del canale di Bucinara il flusso è continuo per tutta la sezione descritta e guidata principalmente dal vento, come osservato anche da Bruschi et al. (1981).

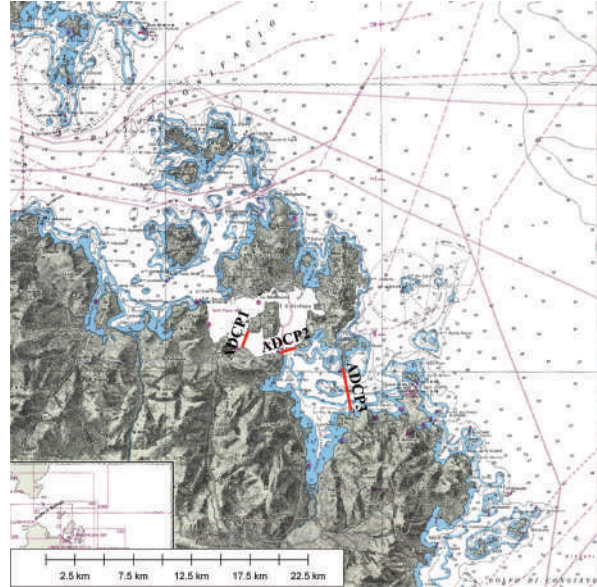


Fig. 72. L'arcipelago di La Maddalena con i tre transetti ADCP effettuati/ L'archipel de La Maddalena avec les trois transects ADCP réalisés

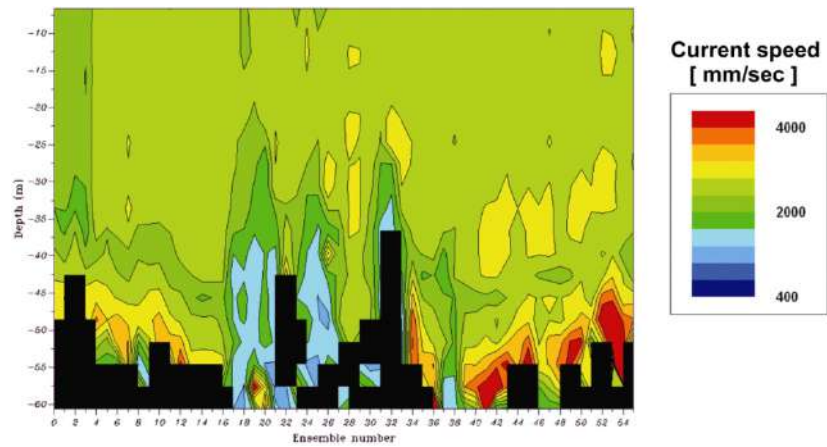


Fig. 73. La velocità della corrente lungo il transetto ADCP1 tra Punta Fico e Capo d'Orso/ La vitesse du courant le long du transept ADCP1 entre Punta Fico et Capo d'Orso



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ci-dessous, l'analyse du transept ADCP1 (Figure 72), qui a donné les meilleurs résultats.

Les données ADCP recueillies dans le canal de Bucinara sur le tronçon entre Punta Fico et Capo d'Orso, effectuées par vent du nord-est constant en mi-journée, indiquent une vitesse relativement élevée à la figure 73, le long du tronçon en augmentation près du cap d 'Bear (côté ouest de la section) et dans la partie la plus profonde, tout en réduisant la vitesse au centre. Ceci est également visible sur la figure suivante (fig. 74), avec la direction du courant constante dans toute la colonne d'eau, mais passant progressivement d'environ 180 ° près de Punta Fico à environ 140 ° près de Capo d ' Ours.

Des expériences avec des drifter et des acquisitions menées avec des ADCP entre novembre 2008 et novembre 2009 pour l'étude de la circulation dans le Bocche di Bonifacio et dans l'archipel de La Maddalena ont permis de confirmer de manière substantielle ce qui avait été décrit par divers auteurs dans les années 1960 début des années 1980 (Canò et Stocchino, 1966; CNR-CNEN, 1978-1982; Bruschi et al., 1980 et 1981; Astraldi et al., 1983; Manzella et al., 1983; Esposito et al., 1983). À l'intérieur des bouches, la colonne d'eau se déplace de façon barotrope avec un flux d'eau entraîné principalement par le vent. Quand le vent manque, le principal forçage est la marée. Cependant, dans sa couche superficielle, les courants entrant dans l'Archipel ont parfois une direction opposée à celle du vent. Dans le canal de Bucinara, l'écoulement est continu sur toute la section décrite et guidé principalement par le vent, comme observé également par Bruschi et al. (1981).

Misure idrologiche / Mesures hydrologiques

Il CNR ha effettuato due campagne oceanografiche nell'area di studio con acquisizione di dati idrologici, una nel 2009 denominata SICILY09 ed una nel 2010 denominata BONIFACIO2010-COR. Nel 2009 durante la campagna oceanografica SICILY09 sono state effettuate 8 stazioni di misura dei principali parametri oceanografici fisici nelle Bocche di Bonifacio con sonda multiparametrica o CTD (figura 75 e tabella 10).

Questi dati sono stati utilizzati per caratterizzare le acque in passaggio attraverso le Bocche e per una verifica del modello idrologico costiero.

In tutte le 8 stazioni idrologiche, pressione, salinità, temperatura potenziale e concentrazione



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

dell'ossigeno disciolto sono stati infatti misurati con un sistema CTD a rosetta costituito da una sonda SBE 911 plus, una rosetta General Oceanics con 24 bottiglie Niskin da 12 l ciascuna. Le misure di temperatura sono state eseguite con un termometro SBE-3/F con una risoluzione di 10^{-3}°C , e le misure di conducibilità con un sensore SBE-4 con una risoluzione di 3×10^{-4} S/m. Inoltre, l'ossigeno disciolto è stato misurato con un sensore SBE-13 (risoluzione 4,3 μM) e i dati sono stati controllati contro un titolatore Winkler. I profili verticali di tutti i parametri sono stati ottenuti dal campionamento dei segnali a 24 Hz, con il sistema CTD/rosetta in discesa verso il fondo alla velocità di 1 m/s. I dati sono stati elaborati a bordo e gli errori grossolani sono stati corretti.

Le analisi dei dati di temperatura potenziale, salinità e ossigeno disciolto acquisiti, nelle tre sezioni B1-B4, B4-B6, B6-B8 (figure 76, 77, 78), mostrano:

- lungo la sezione nel mare di Sardegna (figura 76), valori massimi di temperatura in superficie (ma i valori rimangono relativamente alti fino a circa 20 metri di profondità) di circa 19.6°C al centro della sezione delle Bocche coincidente a valori più bassi di salinità e ossigeno disciolto. Sul lato sud (sardo) si misurano le salinità più basse con 37.9313 psu ma non in superficie, bensì a 47.6 metri di profondità, come una lingua di acqua meno salata e anche più ossigenata (5.48 ml/l) che intrude all'interno di una massa d'acqua di salinità superiore a 38 psu;

- lungo la sezione nel mare Tirreno (figura 77), valori massimi di temperatura nella parte superficiale di circa 19.08°C sul lato nord (corso) della sezione ed un livellamento generale al di sotto delle isoterme con un leggero approfondimento in corrispondenza della secca di B7. Lo stesso comportamento lo hanno le isoaline con valori massimi in corrispondenza del lato sud (sardo) con 38.1425 psu a circa 80 metri di profondità. Anche la quantità di ossigeno disciolto risulta essere leggermente più alto sul lato nord rispetto a quello sardo (rispettivamente 5.17 ml/l contro i 5.05 ml/l);

- acque tendenzialmente più calde (in superficie 18.86°C a est contro 19.14°C a ovest) e meno salate (a 68.5 metri di profondità 38.0249 psu a est contro 38.0742 psu a ovest) nel mare Tirreno rispetto che nel mare di Sardegna (bacino Algero-Provenzale) come in figura 78, con un livellamento delle isoterme al di sotto dei 35 metri. ed un contenuto di ossigeno mediamente più basso all'interno delle Bocche che ai due estremi;

Nel 2010, durante la campagna BONFACIO2010-COR sono state effettuate 16 stazioni di misura dei



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

principali parametri oceanografici fisici nelle Bocche di Bonifacio con sonda multiparametrica (figura 79 e tabella 11).

Questi dati sono stati utilizzati per caratterizzare le acque in passaggio attraverso le Bocche e per una verifica del modello idrologico costiero.

In tutte le 16 stazioni idrologiche, pressione, salinità, temperatura potenziale e concentrazione dell'ossigeno disciolto sono stati infatti misurati con un sistema CTD a rosetta costituito da una sonda SBE 911 plus, una rosetta General Oceanics con 2 bottiglie Niskin da 10 l ciascuna. Le misure di temperatura sono state eseguite con un termometro SBE-3/F con una risoluzione di 10^{-3}°C , e le misure di conducibilità con un sensore SBE-4 con una risoluzione di 3×10^{-4} S/m. Inoltre, l'ossigeno disciolto è stato misurato con un sensore SBE-13 (risoluzione 4,3 μM) e i dati sono stati controllati contro un titolatore Winkler. I profili verticali di tutti i parametri sono stati ottenuti dal campionamento dei segnali a 24 Hz, con il sistema CTD/rosetta in discesa verso il fondo alla velocità di 1 m/s. I dati sono stati elaborati a bordo e gli errori grossolani sono stati corretti.

Nel periodo 8-23 marzo 2010 il vento (Figura 80) ha avuto direzione prevalente dal terzo e quarto quadrante, cioè Libeccio e Maestrone, e forte intensità nei giorni precedenti la campagna, per poi girare da est-nord est immediatamente già nella giornata del 18 marzo.

I dati di temperatura potenziale, salinità e ossigeno disciolto acquisiti sono stati analizzati tramite plottaggio su mappe a tre diverse profondità, lungo le tre sezioni B9-B20 (Stretto di Bonifacio), B26-B28 (canale di Bucinara), B20-B15 (mar Tirreno) e lungo i profili delle stazioni rappresentative per ogni area.

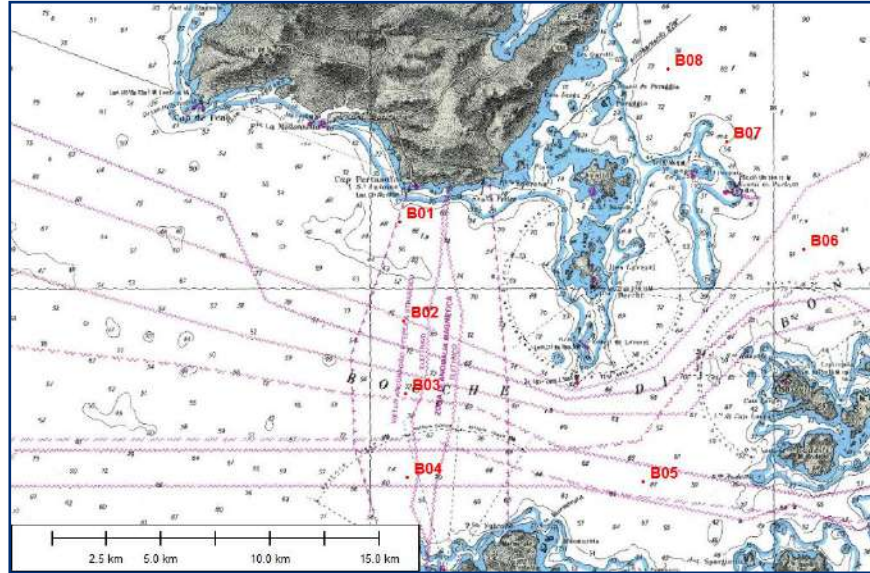


Fig. 75. Le stazioni CTD nelle Bocche di Bonifacio/ Les stations CTD dans le Bocche di Bonifacio

Tab. 10: Le stazioni CTD nelle Bocche di Bonifacio / Les stations CTD dans le Bocche di Bonifacio					
Data inizio calata	Stazione	Lat (°N)	Long (°E)	Fondale	Attività
01/11/2009	B01	41.354333	9.1785	72	E
01/11/2009	B02	41.324167	9.1805	72	E
01/11/2009	B03	41.301167	9.181	74	E
01/11/2009	B04	41.275333	9.181167	72	E
01/11/2009	B05	41.273667	9.279167	60	E
01/11/2009	B06	41.346167	9.345333	86	E
01/11/2009	B07	41.379167	9.313167	47	E
01/11/2009	B08	41.402	9.289333	85	E

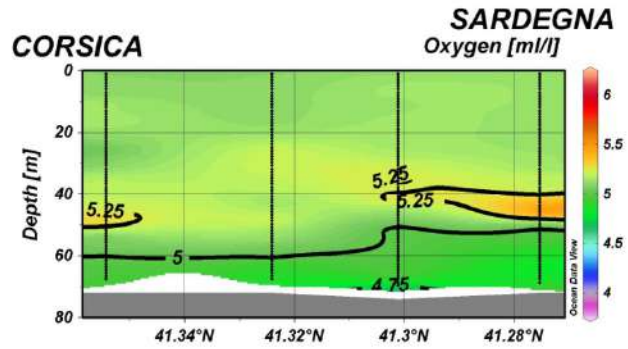
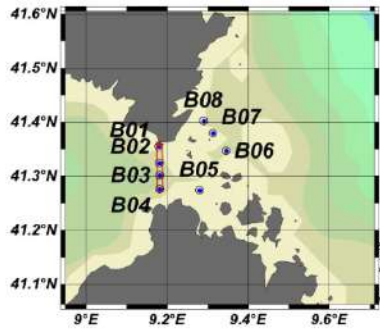
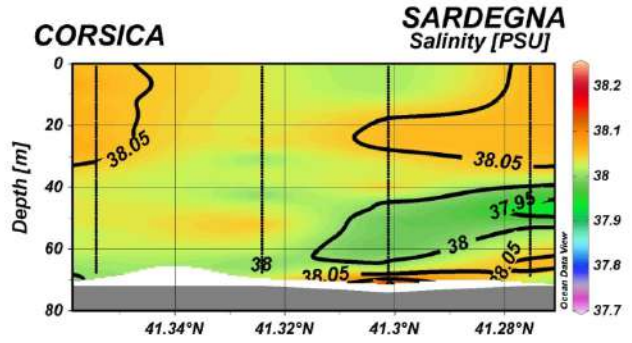
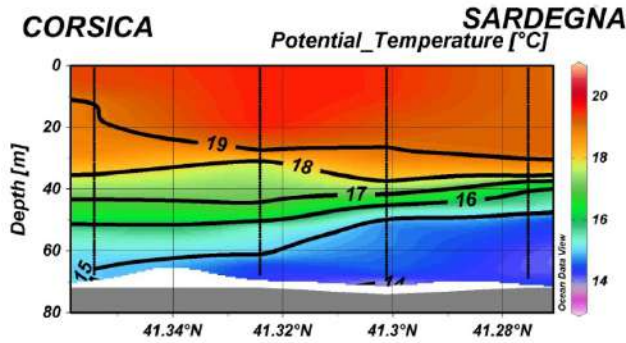




Fig. 76. Sezioni idrologiche lungo le stazioni CTD da B1 a B4 nelle Bocche di Bonifacio/ Coupes hydrologiques le long des stations CTD de B1 à B4 dans le Bocche di Bonifacio

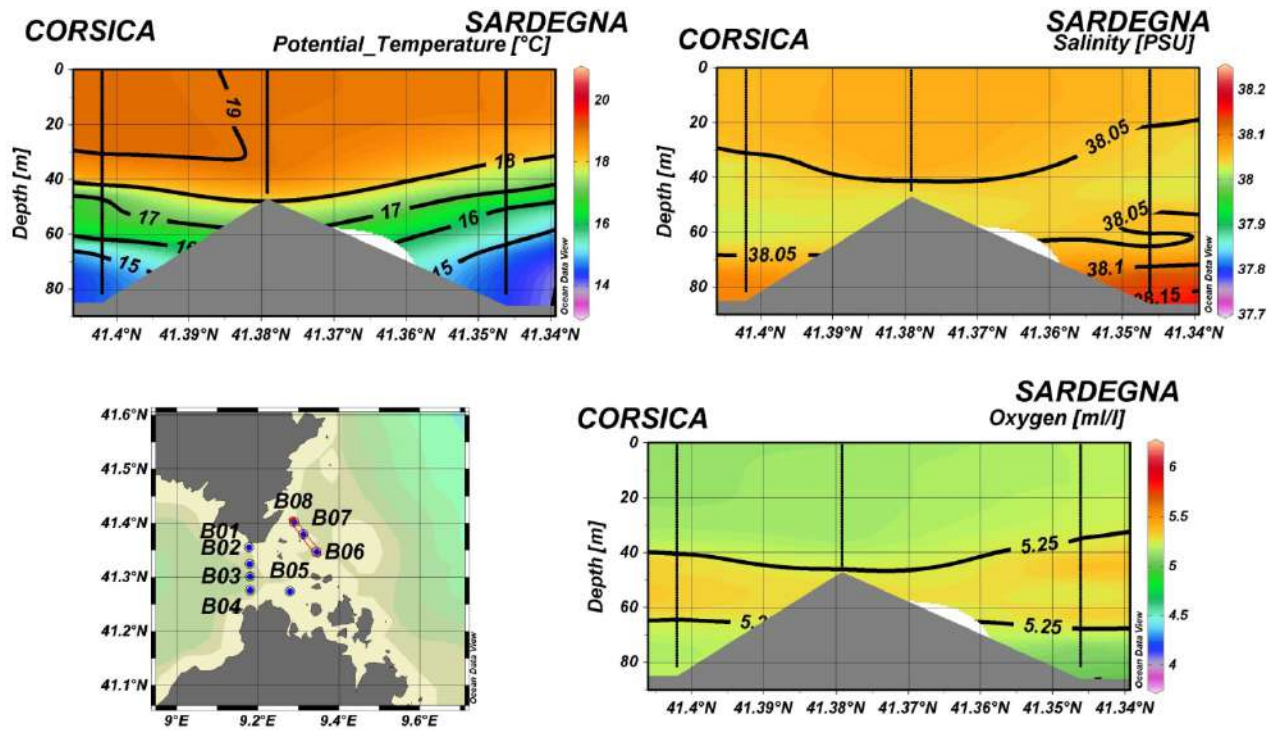




Fig. 77. Sezioni idrologiche lungo le stazioni CTD da B6 a B8 nelle Bocche di Bonifacio/ Coupes hydrologiques le long des stations CTD de B6 à B8 dans le Bocche di Bonifacio

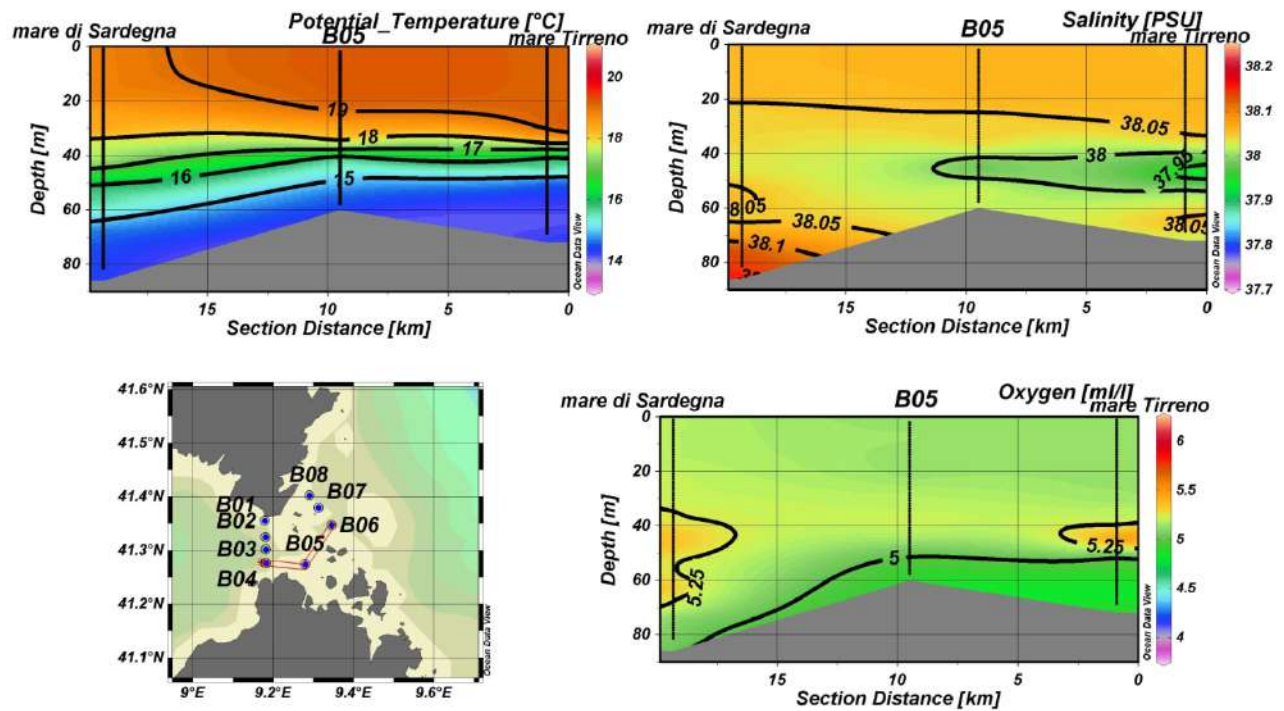




Fig. 78. Sezioni idrologiche lungo le stazioni CTD da B4 a B6 nelle Bocche di Bonifacio/ Coupes hydrologiques le long des stations CTD de B4 à B6 dans le Bocche di Bonifacio

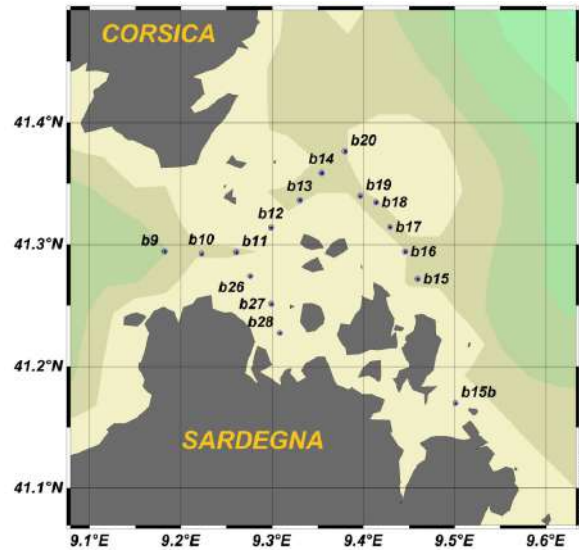


Fig. 79 Le 16 stazioni CTD effettuate / Les 16 stations CTD réalisées

Tab. 11: lista delle stazioni effettuate / liste des stations effectuées			
Data inizio calata	Stazione	Lat (°N)	Long (°E)
18/03/2010	B9	41.294	9.178
18/03/2010	B10	41.291	9.220
18/03/2010	B11	41.293	9.260
18/03/2010	B26	41.273	9.275
18/03/2010	B27	41.251	9.300
18/03/2010	B28	41.227	9.309
18/03/2010	B12	41.314	9.296
18/03/2010	B13	41.335	9.331
18/03/2010	B14	41.360	9.355
18/03/2010	B20	41.377	9.380
18/03/2010	B19	41.339	9.396
18/03/2010	B18	41.335	9.414



18/03/2010	B17	41.315	9.429
18/03/2010	B16	41.294	9.444
18/03/2010	B15	41.270	9.460
18/03/2010	B15b	41.171	9.502

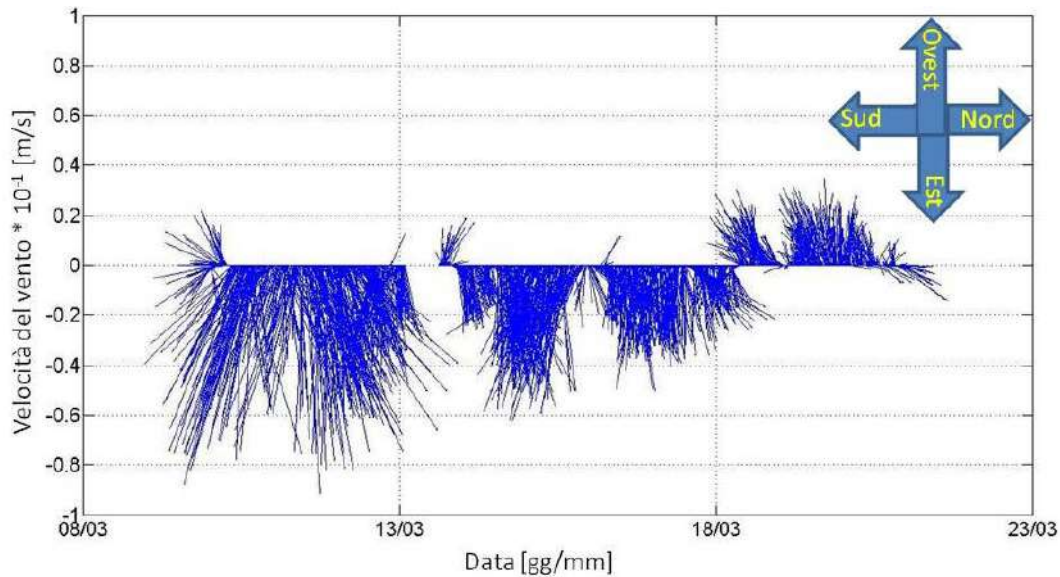


Fig. 80: Diagramma dei dati di vento misurati a Guardia Vecchia nel periodo 8-23/03. L'asse è stato girato per rendere visibili i venti che sono prevalentemente da NW e SW / Diagramme des données de vent mesurées à la vieille garde pendant la période du 8 au 23/03. L'axe a été tourné pour rendre visibles les vents principalement du NO et du SO.



Le CNR a réalisé deux campagnes océanographiques dans la zone d'étude avec l'acquisition de données hydrologiques, une en 2009 appelée SICILY09 et une en 2010 appelée BONIFACIO2010-COR.

En 2009, lors de la campagne océanographique SICILY09, 8 stations de mesure des principaux paramètres océanographiques physiques ont été réalisées dans le Bocche di Bonifacio avec une sonde multiparamétrique ou CTD (figure 75 et tableau 10).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Ces données ont été utilisées pour caractériser les eaux traversant les embouchures et vérifier le modèle hydrologique côtier.

Dans les 8 stations hydrologiques, la pression, la salinité, la température potentielle et la concentration en oxygène dissous ont en fait été mesurées avec un système de rosace CTD constitué d'un CTE SBE 911 plus, d'une rosette General Oceanics avec 24 bouteilles Niskin de 12 litres chacune. Les mesures de température ont été effectuées avec un thermomètre SBE-3 / F avec une résolution de 10^{-3} ° C et les mesures de conductivité avec un capteur SBE-4 avec une résolution de 3×10^{-4} S / m. En outre, l'oxygène dissous a été mesuré avec un capteur SBE-13 (résolution de 4,3 µM) et les données ont été vérifiées par rapport à un titreux de Winkler. Les profils verticaux de tous les paramètres ont été obtenus en échantillonnant les signaux à 24 Hz, avec le système CTD / rosette descendant vers le bas à une vitesse de 1 m/s . Les données ont été traitées à bord et les erreurs grossières ont été corrigées.

Les analyses des données de température potentielle, de salinité et d'oxygène dissous acquises, dans les trois sections B1-B4, B4-B6, B6-B8 (figures 76, 77, 78), montrent:

- le long de la section dans la mer Sarde (figure 76), les valeurs maximales de température de surface (mais les valeurs restent relativement élevées jusqu'à environ 20 mètres de profondeur) d'environ 19,6 ° C au centre de la section de l'embouchure coïncidant avec des valeurs plus basses de salinité et d'oxygène dissous. Du côté sud (sarde), les salinités les plus basses sont mesurées avec 37,9313 pi / s mais pas en surface, mais à 47,6 mètres de profondeur, comme une langue d'eau moins salée et encore plus oxygénée (5,48 ml / l) qui s'infonce à l'intérieur une masse d'eau de salinité supérieure à 38 psi;

- le long du tronçon de la mer Tyrrhénienne (figure 77), valeurs de température maximales dans la partie superficielle d'environ 19,08 ° C du côté nord de la section et nivellement général au-dessous des isothermes avec un léger approfondissement en correspondance du haut-fond B7. Le même comportement est illustré par les isoalines avec des valeurs maximales du côté sud (sarde) avec 38,1425 psu à une profondeur d'environ 80 mètres. De plus, la quantité d'oxygène dissous semble être légèrement supérieure du côté nord par rapport au côté sarde (respectivement 5,17 ml / l contre 5,05 ml / l);

- les eaux ont tendance à être plus chaudes (à la surface, 18,86 ° C à l'est contre 19,14 ° C à l'ouest) et



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

moins salées (à 68,5 mètres de profondeur) 38.0249 psu à l'est contre 38.0742 psu à l'ouest) Algérien-Provençal) comme dans la figure 78, avec un nivellement des isothermes inférieur à 35 mètres. et une teneur moyenne en oxygène dans la bouche inférieure aux deux extrêmes;

En 2010, lors de la campagne BONFACIO2010-COR, 16 stations de mesure des principaux paramètres océanographiques physiques ont été réalisées dans le Bocche di Bonifacio avec une sonde multiparamétrique (figure 79 et tableau 11).

Ces données ont été utilisées pour caractériser les eaux traversant les embouchures et vérifier le modèle hydrologique côtier.

Dans les 16 stations hydrologiques, la pression, la salinité, la température potentielle et la concentration en oxygène dissous ont en fait été mesurées avec un système de rosace CTD constitué d'une sonde SBE 911 plus, d'une rosette General Oceanics avec 2 bouteilles Niskin de 10 litres chacune. Les mesures de température ont été effectuées avec un thermomètre SBE-3 / F avec une résolution de 10^{-3} ° C et les mesures de conductivité avec un capteur SBE-4 avec une résolution de 3×10^{-4} S / m. En outre, l'oxygène dissous a été mesuré avec un capteur SBE-13 (résolution de $4,3 \mu\text{M}$) et les données ont été vérifiées par rapport à un titreur de Winkler. Les profils verticaux de tous les paramètres ont été obtenus en échantillonnant les signaux à 24 Hz, avec le système CTD / rosette descendant vers le bas à une vitesse de 1 m/s . Les données ont été traitées à bord et les erreurs grossières ont été corrigées.

Du 8 au 23 mars 2010, le vent (Figure 80) avait une direction prédominante des troisième et quatrième quadrant, à savoir Libeccio et Maestrale, et une forte intensité au cours des jours précédant la campagne, pour ensuite virer est-nord-est immédiatement dès le 18 mars.

Les données relatives à la température potentielle acquise, à la salinité et à l'oxygène dissous ont été analysées en traçant des cartes sur trois profondeurs différentes, le long des trois sections B9-B20 (Stretto di Bonifacio), B26-B28 (canal de Bucinara), B20-B15 (mardi). Tyrrhénienne), ainsi que sur les profils des stations représentatives de chaque région.

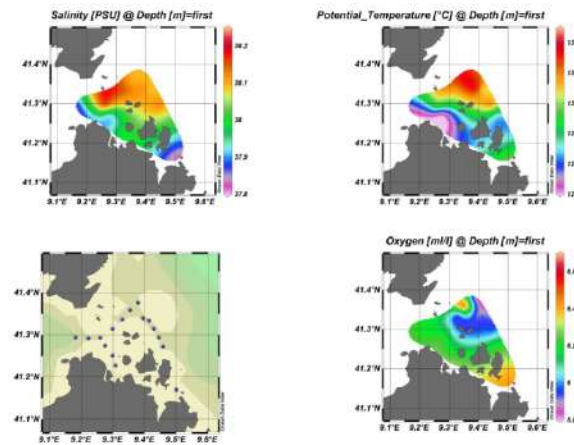
Mappe / Carte

Le profondità scelte per le mappe sono quelle in superficie (figura 81a), a 10 (figura 81b) ed a 20 metri (figura 81c) che permettono di avere dati in tutto l'area di studio vista la grande variabilità della

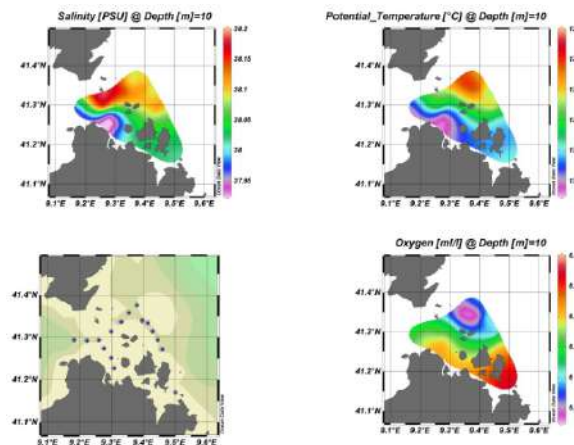


batimetria. I parametri graficati sono quelli di temperatura potenziale, salinità e ossigeno disciolto.

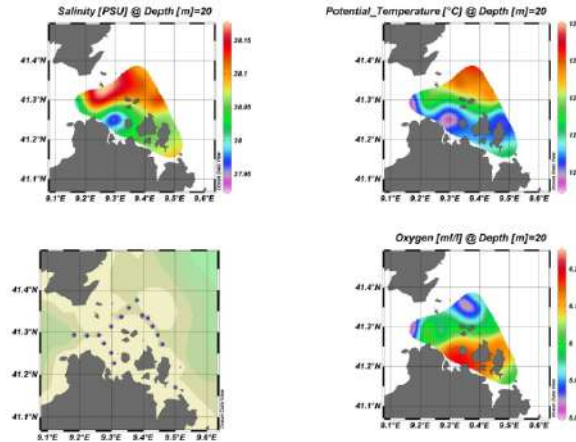
Quello che si nota è una chiara influenza del vento nel trasferimento di acqua per tutte le profondità dal bacino occidentale a quello orientale tirrenico interessando in particolare il canale di Bucinara, che separa la Sardegna dall'Arcipelago. Nello specifico la salinità mostra valori intorno ai 38 psu o di poco inferiori nella parte occidentale e all'interno del canale di Bucinara, mentre oltre i 38 psu nella zona tirrenica. Lo stessa tendenza ce l'hanno anche temperatura e ossigeno disciolto con rispettivamente valori inferiori a 13 °C e superiori a 6 ml/l all'interno dell'Arcipelago lungo tutto il profilo e superiori ai 13 °C e inferiori ai 6 ml/l nel Tirreno.



a)



b)



c)

Fig. 81: Mappe di salinità (psu), temperatura potenziale (°C) e contenuto d'ossigeno (ml/l) in superficie (a), ed a profondità di 10 m (b) e 20 m (c) / Cartes de salinité (psu), température potentielle (°C) et teneur en oxygène (ml / l) à la surface (a) et à des profondeurs de 10 m (b) et 20 m (c)



Les profondeurs choisies pour les cartes sont celles en surface (figure 81a), à 10 (figure 81b) et à 20 mètres (figure 81c), ce qui permet d'obtenir des données dans toute la zone d'étude étant donné la grande variabilité de la bathymétrie. Les paramètres graphiques sont ceux de la température potentielle, de la salinité et de l'oxygène dissous.

On remarque une nette influence du vent dans le transfert de l'eau à toutes les profondeurs du bassin occidental au bassin tyrrhénien oriental, affectant en particulier le canal de Bucinara, qui sépare la Sardaigne de l'archipel.

Plus précisément, la salinité indique des valeurs voisines de 38 psu ou légèrement inférieures dans la partie occidentale et à l'intérieur du canal de Bucinara, tandis que les plus de 38 psu se situent dans la région tyrrhénienne. La même tendance concerne également la température et l'oxygène dissous, avec des valeurs inférieures à 13 °C et supérieures à 6 ml/l dans l'ensemble de l'archipel sur tout le profil et supérieures à 13 °C et inférieures à 6 ml/l. dans la mer Tyrrhénienne.

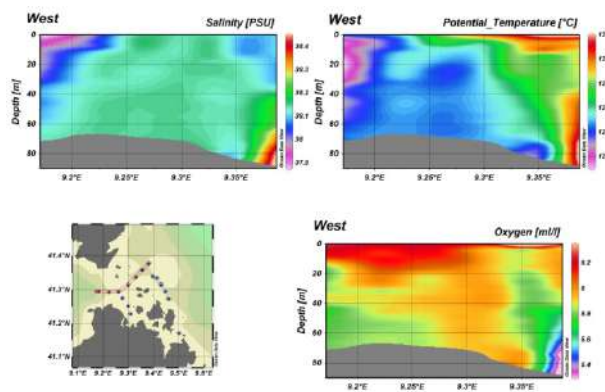
Sezioni / Sections



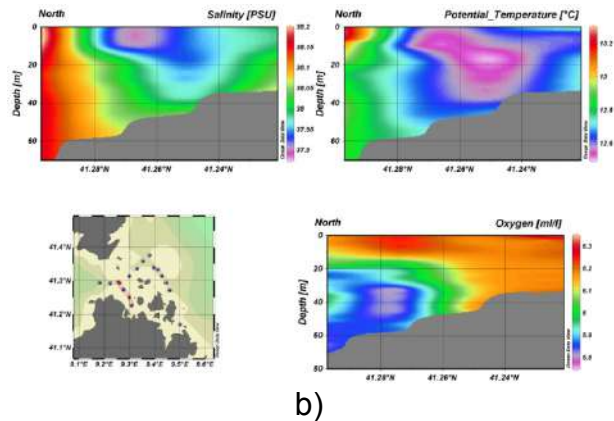
Sono tre le sezioni realizzate con i dati CTD della campagna, e cioè quella attraverso lo Stretto (figura 82a), quella attraverso il canale di Bucinara (figura 82b), e infine quella esterna all'Arcipelago, nella parte tirrenica (figura 82c).

Le stesse differenze nei tre parametri misurati evidenziate dalle mappe delle figure 6.68 vengono confermate anche dalle sezioni lungo la sezione attraverso lo Stretto di Bonifacio, a nord dell'Arcipelago di La Maddalena (figura 82a). Esistono un'area occidentale (mare di Sardegna-Corsica) e un mare Tirreno con, all'interno dello Stretto, una zona di mescolamento ma con caratteristiche molto più simili a quelle dell'area occidentale. Questo è probabilmente dovuto alla morfologia dello Stretto, parzialmente chiuso nella sua parte orientale dall'Arcipelago di La Maddalena e dalle isole e isolotti della Riserva Marina Francese, nonché dalla circolazione principali dei venti che, come visto in precedenza e dalla bibliografia, sono principalmente caratterizzati da venti provenienti dal IV quadrante (Maestrale e Ponente) e anche dal II (Scirocco).

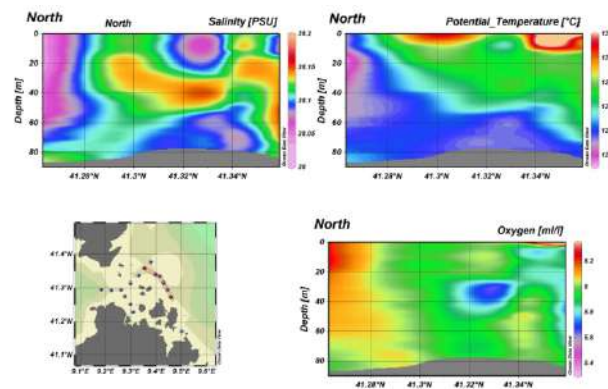
La sezione all'interno della parte settentrionale del Canale di Bucinara (figura 82b) mostra che, a causa del relativamente basso fondale, il rimescolamento dovuto al vento è intenso. Questo comporta una certa omogeneizzazione della colonna d'acqua per tutti e tre i parametri che si differenziano nei valori rispetto alla stazione CTD al centro dello Stretto. Al di fuori dello Stretto (figura 82c), nella parte tirrenica, nonostante le profondità siano anche qui relativamente basse l'influenza delle acque tirreniche è forte in particolare nella parte sotto-superficiale.



a)



b)



c)

Fig. 82: Sezioni di salinità (psu), temperatura potenziale (°C) e contenuto d'ossigeno (ml/l) in superficie (a), ed a profondità di 10 m (b) e 20 m (c) / Sections de salinité (psu), température potentielle (°C) et teneur en oxygène (ml / l) à la surface (a) et à des profondeurs de 10 m (b) et 20 m (c)



Les données CTD de la campagne comportent trois sections, à savoir celle du détroit (figure 82a), celle du canal de Bucinara (figure 82b) et enfin celle située en dehors de l'archipel, dans la partie tyrrhénienne (figure 82c).

Les mêmes différences entre les trois paramètres mesurés mis en évidence par les cartes de la figure



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

6.68 sont également confirmées par les sections le long de la section du détroit de Bonifacio, au nord de l'archipel de La Maddalena (figure 82a). Il existe une zone occidentale (mer Sardaigne-Corse) et une mer Tyrrhénienne avec, dans le détroit, une zone de mélange, mais avec des caractéristiques beaucoup plus similaires à celles de la zone occidentale. Cela est probablement dû à la morphologie du détroit, partiellement enclavé à l'est par l'archipel de La Maddalena et par les îles et îlots de la réserve marine française, ainsi que par la principale circulation des vents qui, comme on l'a vu auparavant et dans la bibliographie, sont principalement caractérisés par des vents venant du quadrant IV (Maestrale et Ponente) et aussi du II (Scirocco).

La section à l'intérieur de la partie nord du Canale di Bucinara (figure 82b) montre qu'en raison du fond marin relativement peu profond, l'agitation due au vent est intense. Cela implique une certaine homogénéisation de la colonne d'eau pour les trois paramètres, dont les valeurs diffèrent de celles de la station CTD située au centre du détroit. En dehors du détroit (figure 82c), dans la partie tyrrhénienne, bien que les profondeurs soient également relativement faibles ici, l'influence des eaux tyrrhéniennes est particulièrement forte dans la partie souterraine.

Profili verticali / Profils verticaux

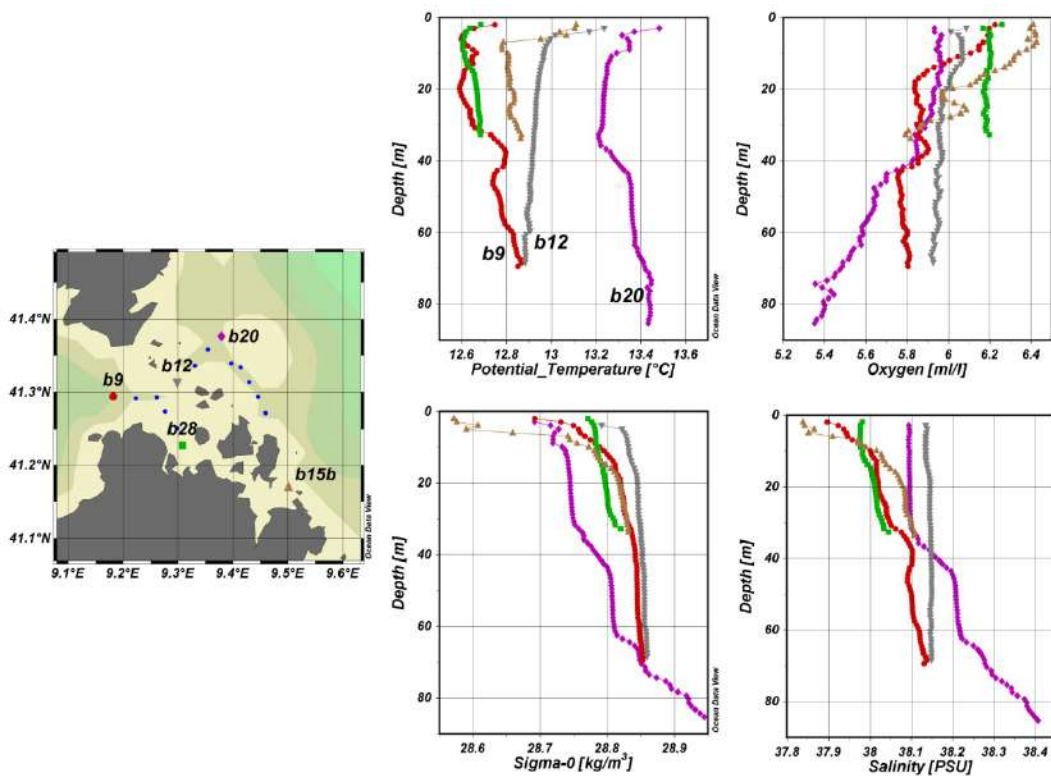
I profili verticali delle stazioni CTD numero b9, b12, b15b, b20 e b28 in figura 83 sono caratteristici rispettivamente dell'area occidentale dello Stretto, della parte centrale dello stesso, della zona tirrenica, del canale di Bucinara e della parte sud Bucinara-tirrenica. Mostrano acque molto diversificate a seconda della localizzazione della misura ma tutte caratterizzate dal forte rimescolamento superficiale e dal tipico profilo omogeneo invernale in particolare nei valori di temperatura potenziale.

I valori più bassi di temperatura potenziale li troviamo nelle stazioni occidentali e di Bucinara (b9 e b28) che hanno profili quasi coincidenti, come già evidenziato nelle mappe, mentre quelli più alti nel Tirreno (b20). b12, centro Stretto, ha valori intermedi di temperatura potenziale nella sua parte superficiale e assai simili alla b9 nella parte più profonda, cosa che si ripete anche con la salinità mentre è simile alla b20 nella parte superficiale. Mostra quindi caratteristiche simili alla b20 nella parte superficiale e intermedia, mentre risente delle acque del bacino occidentale nella sua parte profonda. Molto poco denso e salato ma ben ossigenato è il profilo della b15b nella parte meridionale ma costiero del canale di Bucinara, probabilmente fortemente influenzato dalla costa ma, comunque,



risentendo anche dell'influsso tirrenico.

Gli esperimenti con drifter e le acquisizioni effettuate con gli ADCP e CTD tra marzo e settembre 2010 per lo studio della circolazione all'interno delle Bocche di Bonifacio e La Maddalena ha sostanzialmente verificato quanto descritto nei paragrafi precedenti. All'interno delle Bocche la colonna d'acqua si muove barotropicamente con un flusso d'acqua trainato soprattutto dal vento. Quando il vento manca, il forzante principale è la marea o le correnti inerziali, ma queste soprattutto al di fuori dell'Arcipelago. Nel suo strato superficiale, tuttavia, le correnti che entrano nell'Arcipelago talvolta hanno una direzione opposta a quella del vento. All'interno del canale di Bucinara il flusso è continuo per tutta la sezione descritta e guidata principalmente dal vento, come evidenziato dai dati idrologici e dagli esperimenti coi i drifter ed i confronti con i modelli numerici.





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Fig. 83: Profili verticali di temperatura potenziale (alto a sinistra), ossigeno disciolto (alto a destra), densità potenziale (basso a sinistra) e salinità (basso a destra) / Profils verticaux de la température potentielle (en haut à gauche), de l'oxygène dissous (en haut à droite), de la densité potentielle (en bas à gauche) et de la salinité (en bas à droite)



Les profils verticaux des stations CTD numéros b9, b12, b15b, b20 et b28 de la figure 83 sont respectivement les caractéristiques de la zone ouest du détroit, de la partie centrale de celle-ci, de la zone tyrrhénienne, du canal de Bucinara et de la partie sud de Bucinara-Tyrrhénienne. Ils présentent des eaux très différentes selon l'emplacement de la mesure, mais ils sont tous caractérisés par le fort mélange de surface et le profil hivernal typique, notamment dans les valeurs de température potentielles.

Nous trouvons les valeurs les plus basses de la température potentielle dans les stations ouest et Bucinara (b9 et b28) qui ont des profils presque identiques, comme le montrent déjà les cartes, tandis que les plus élevées dans le Tyrrhénien (b20). b12, centre du détroit, a des valeurs intermédiaires de température potentielle dans sa partie superficielle et très similaires à b9 dans la partie la plus profonde, ce qui est également répété avec la salinité, alors qu'il est similaire à b20 dans la partie superficielle. Par conséquent, il présente des caractéristiques similaires au b20 dans les parties superficielle et intermédiaire, alors qu'il est affecté par les eaux du bvacino occidental dans sa partie profonde. Le profil du b15b dans la partie méridionale mais côtière du canal de Bucinara est très peu épais et salé mais bien oxygéné, probablement fortement influencé par la côte mais, dans tous les cas, également affecté par l'influence tyrrhénienne.

Les expériences avec les drifter et les acquisitions réalisées avec les ADCP et les CTD entre mars et septembre 2010 pour l'étude de la circulation dans les quartiers de Bocche di Bonifacio et de La Maddalena ont confirmé de manière substantielle ce qui avait été décrit dans les sections précédents. À l'intérieur des bouches, la colonne d'eau se déplace de façon barotropique avec un flux d'eau entraîné principalement par le vent. Lorsque le vent manque, le principal forçage est la marée ou les courants d'inertie, mais surtout ceux-ci en dehors de l'archipel. Cependant, dans sa couche superficielle, les courants entrant dans l'Archipel ont parfois une direction opposée à celle du vent. À



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

l'intérieur du canal de Bucinara, l'écoulement est continu sur toute la section décrite et principalement guidé par le vent, comme en témoignent les données hydrologiques et des expériences avec des drifter et des comparaisons avec des modèles numériques.

Bibliografia/ Bibliographie

Astraldi M., Buffoni G., Bruschi A., Esposito A., Gasparini G.P., Manzella G.M.R. e Meloni R. (1983), Sviluppo di modelli idrodinamici dell'arcipelago della Maddalena. In: Atti del 4° Congresso AIOL, Chiavari, 1980a

Astraldi M., Manzella G.M.R., Stocchino C. "Circolazione delle correnti nell'arcipelago di La Maddalena". CNEN, RT/FI (80) 8, 1980b, 1-48

Bruschi A., Buffoni G., Elliot A.J., Esposito A., Manzella G.M.R. "A numerical investigation of the wind-driven circulation in the Archipelago of La Maddalena". CNEN, RT/FI (80) 14, 1980, 1-33

Bruschi A., Buffoni G., Elliott A.J., Manzella G.M. (1981), A numerical investigation of the circulation in the Archipelago of La Maddalena. Oceanologica Acta, 4 (3): 289-295

Caiazzo L., Ribotti A. (2012), Mediterraneo un mare da salvaguardare. Suppl. al Notiziario della Guardia Costiera, Anno XIV, numero 4-5, agosto-ottobre 2012, Imago Ed., 24-33

Canò M. and Stocchino C. (1966), Sulle correnti nel Golfo dell'Asinara e nelle Bocche di Bonifacio, Atti Convegno dell'Associazione Geofisica Italiana, Roma, 31-36

CNR, S. Terenzo - CNEN, Fiascherino (1978a): "Risultati degli esperimenti con traccianti svolti nell'Arcipelago della Maddalena per la determinazione del coefficiente di diffusione turbolenta locale". CNEN, RT/FI (78) 13, 1-131

CNR, S. Terenzo - CNEN, Fiascherino (1978b): "Data report: current and temperature measurements in the Archipelago of La Maddalena". CNEN, RT/FI (78) 14, 1-311

CNR, S. Terenzo - CNEN, Fiascherino (1979): "Misure di temperatura e salinità con sonda automatica nell'Arcipelago della Maddalena". CNEN, RT/FI (79) 3, 1-16, figg. 8, tabb. 205

Cucco A., Ribotti A., Olita A., Fazioli L., Sorgente B., Perilli A., Sorgente R., Predicting the fate of oil-spill



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

at sea, the Bonifacio Strait study case, (2011), In: Marine research at CNR, Volume DTA/06 (E. Brugnoli, Cavarretta G., Mazzola S., Trincardi F., Ravaioli M., Santoleri R.), 2662 pages, Rome, 1654-1664, ISSN: 2239-5172

Cucco A., A. Ribotti*, A. Olita, L. Fazioli, B. Sorgente, M. Sinerchia, A. Satta, A. Perilli, M. Borghini, K. Schroeder, and R. Sorgente, (2012), Support to oil spill emergencies in the Bonifacio Strait, western Mediterranean, Ocean Science Special Issue, "The MyOcean project: scientific advances for operational ocean monitoring and forecasting", Eds. P. Brasseur, M. Bell, J. A. Johannessen, P.-Y. Le Traon, and A. Schiller, 8, 4, 443-454, (*corresponding author), doi:10.5194/os-8-443-2012

Cucco A., Sinerchia M., Ribotti A., Olita A., Fazioli L., Sorgente B., Perilli A., Borghini M., Schroeder K. Sorgente R., (2012), A high resolution real time forecasting system for predicting the fate of oil spills in the Strait of Bonifacio (western Mediterranean), Marine Pollution Bulletin, 64, 6, 1186 - 1200, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.019>

De Falco G., Batzella T., Cucco A., Ribotti A., Borghini M., De Muro S., Carbonate sedimentation and hydrodynamical pattern on a modern temperate shelf: the Bonifacio straits (western Mediterranean), (2011), In: Marine research at CNR, Volume DTA/06 (E. Brugnoli, Cavarretta G., Mazzola S., Trincardi F., Ravaioli M., Santoleri R.), 2662 pages, Rome, 599-608, ISSN: 2239-5172

Esposito A., Gasparini G.P., Meloni R. e Stocchino C. (1983), Circolazione nei Canali dell'Arcipelago della Maddalena. In: Atti del 4° Congresso AIOL, Chiavari, 1980

Manzella G.M.R., Bohm E. e Salusti E. (1983), Evidence of internal waves in the Archipelago of La Maddalena, Il Nuovo Cimento, Vol. 6C, N. 4, 381-400

Olita A., A. Cucco, S. Simeone, A. Ribotti, L. Fazioli, B. Sorgente, R. Sorgente, (2012), Oil spill hazard and risk assessment for the shorelines of a Mediterranean coastal archipelago, Ocean and Coastal Management, 57, 44-52, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.11.006>

Pawlowicz R., B. Beardsley, S. Lentz (2002), Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE, Computers and Geosciences, 28, 8, 929-937, [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00013-4)

Ribotti A., Borghini M., Sorgente R. (2010), ADCP Measurements in Protected Areas on Vessels of



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Opportunity, Sea Technology, 51, 3, 45-46

Ribotti A, M. Borghini, K. Schroeder, A. Satta, B. Sorgente, R. Sorgente, R. Gerin, A. Cucco, A. Olita, L. Fazioli, Current Measurements in the Bonifacio Mouths and La Maddalena Archipelago: first analyses, (2011), In: Marine research at CNR, Volume DTA/06 (E. Brugnoli, Cavarretta G., Mazzola S., Trincardi F., Ravaioli M., Santoleri R.), 2662 pages, Rome, 891-904, ISSN: 2239-5172

Ribotti A, Sinerchia M., Sorgente R., Graphical User Interface for Simulating and Analysing Oil Spills. Sea Technology, (2012), 53, 8, 37-40

Ribotti A., A. Cucco, A. Olita, M. Sinerchia, L. Fazioli, A. Satta, M. Borghini, K. Schroeder, A. Perilli, B. Sorgente, R. Sorgente (2014), An integrated operational system for the Coast Guard management of oil spill emergencies in the Strait of Bonifacio, In: Sustainable Operational Oceanography, Proceedings of the Sixth International Conference on EuroGOOS, 4–6 October 2011, Sopot, Poland, (H. Dahlin, N.C. Flemming, S.E. Petersson and Polska Akademia Nauk. Instytut Oceanologii Eds.; EuroGOOS AISBL), 308-320, ISBN 9197482897 - 9789197482899

Sorgente B., Olita A., Fazioli L., Cucco A., Sorgente R., Ribotti A. (2011), Le Bocche di Bonifacio, un paradiso da salvare. Suppl. al Notiziario della Guardia Costiera, Anno XIII, n. 45, agosto-ottobre 2011, Imago Ed., 11-16

Sorgente B., R. Sorgente, A. Olita, L. Fazioli, A. Cucco, A. Perilli, M. Sinerchia, A. Ribotti, (2012), Effects of protection rules and measures in an important international strait area: the Bonifacio Strait, Journal of Operational Oceanography, 5, 1, 35-44, <https://doi.org/10.1080/1755876X.2012.11020130>



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Contributo del Consorzio LaMMA

2 Piattaforma mobile del Consorzio LaMMA – il WAVE GLIDER/ Plateforme mobile du Consortium LaMMA - le WAVE GLIDER

In questa sezione vengono rapidamente descritte le caratteristiche tecniche del wave glider (WG) e la strumentazione scientifica di bordo. Un maggior numero di dettagli su questo strumento sono presenti nel report dedicato T2.2.1.

Successivamente vengono documentate alcune missioni effettuate fra il 2017 al 2019 dal LaMMA, anche in collaborazione con IFREMER, al largo del mar Ligure e lungo costa toscana, ligure e della Corsica. I grafici illustrati, rappresentano soltanto un campione dimostrativo dell'intero dataset acquisito nel corso di queste campagne oceanografiche. Un maggior numero di dati sarà presente nei successivi aggiornamenti di questo report.



Dans cette section, les caractéristiques techniques du planeur de vagues (WG) et de l'instrumentation scientifique embarquée sont rapidement décrites. Vous trouverez plus de détails sur cet outil dans le rapport T2.2.1 dédié. Par la suite, certaines missions effectuées entre 2017 et 2019 sont documentées, au large de la mer Ligure et le long de la côte de Toscana, de la Corse et de la Ligurie. Les graphiques illustrés ne représentent qu'un échantillon démonstratif de l'ensemble des données acquises au cours de ces campagnes océanographiques.

2.1 Descrizione/ Description

Il Wave Glider è un veicolo autonomo pilotato da remoto, con un sistema di propulsione che sfrutta la presenza di moto ondoso; le batterie e i pannelli solari forniscono alimentazione all'elettronica ed agli strumenti di bordo. Il veicolo è costituito da una parte flottante, lunga 3 metri e larga circa 70 cm, e una sommersa (a 4/5 metri di profondità) larga circa 140 cm, che si sposta alla massima velocità di circa 3 nodi, a seconda delle condizioni dello stato del mare (più calmo è il mare, più il WG si muove lentamente). Il WG è in grado di misurare: temperatura,



Interreg



UNIONE EUROPEA



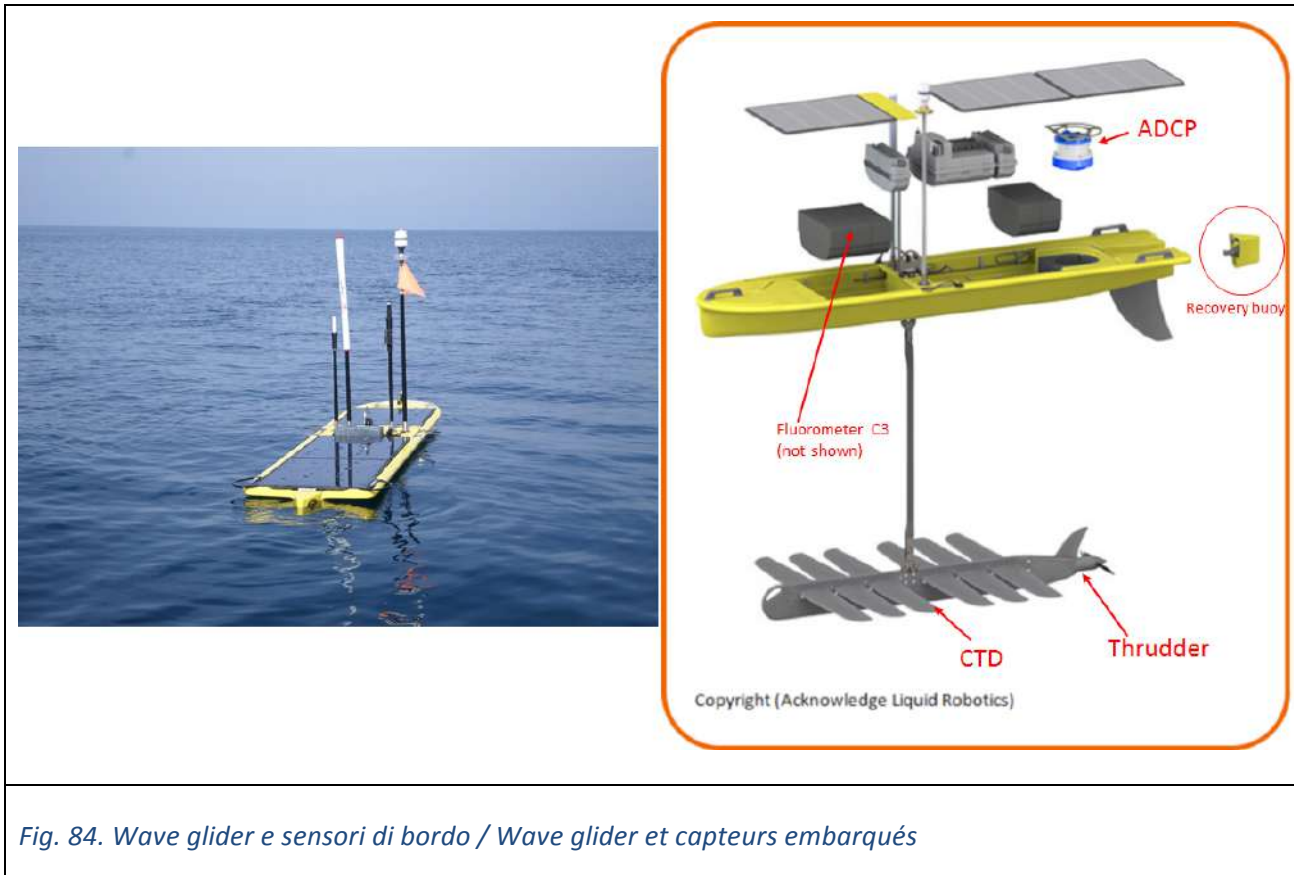
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

salinità (conducibilità) e ossigeno disciolto a circa 5 m di profondità; corrente marina (profilo di corrente nei primi 80-90 m); moto ondoso; vento, temperatura dell'aria e pressione atmosferica in superficie; concentrazione superficiale di clorofilla-a e idrocarburi (petrolio greggio e combustibili raffinati).



Le Wave Glider est un véhicule autonome piloté à distance, avec un système de propulsion qui exploite la présence du mouvement des vagues; les batteries et les panneaux solaires alimentent l'électronique et les instruments de bord. Le véhicule se compose d'une partie flottante, long 3 mètres de long et d'environ 70 cm de large, et d'une partie immergée (à 4/5 mètres de profondeur) d'environ 140 cm de large, qui se déplace à la vitesse maximale d'environ 3 nœuds, selon les conditions d'état de la mer (plus la mer est calme, plus le WG se déplace lentement). Le WG-LaMMA est capable de mesurer: la température, la salinité (conductivité) et l'oxygène dissous à environ 5 m de profondeur; courants (profil actuel dans les 80-90 mètres sous la surface marine); hauteur des vagues; vent, température de l'air et pression atmosphérique à la surface; concentration en surface de chlorophylle-a et d'hydrocarbures (pétrole brut et combustibles raffinés).



2.2 Sensori installati a bordo/ Capteurs installés à bord

I principali strumenti di misura, mostrati in Fig. 84 e descritti in dettaglio nel paragrafo successivo, sono ospitati sia internamente allo scafo galleggiante sia nella parte sommersa.

In particolare sono presenti:

- Sensore CTD e Ossigeno Disciolto (CTD-DO)
- Correntometro acustico ADCP
- Sensore di moto ondoso
- Stazione meteorologica
- Fluorimetro





Les principaux instruments de mesure, représentés sur la Fig. 84 et décrits en détail dans le paragraphe suivant, sont logés à l'intérieur de la coque flottante et aussi dans la partie immergée.

Il y a notamment:

- Capteur CTD et oxygène dissous (CTD-DO)
- Compteur de courant acoustique ADCP
- Capteur de mouvement des vagues
- Station météorologique
- Fluorimètre

Sensore CTD e Ossigeno Disciolto (CTD-DO)/ Capteur CTD et oxygène dissous

Il sensore CTD misura conduttività, temperatura e pressione. Il sensore include un modulo aggiuntivo per la misura di ossigeno disciolto (DO). Le caratteristiche di prestazione sono di seguito elencate:

Table 12. Specifiche sensore CTD-DO/ Spécifications du capteur CTD-DO

CTD-DO	Range di misura	Accuratezza minima	Risoluzione
Conduttività (S/m)	0 - 9	± 0.0030	0.00001
Temperatura (°C)	-5 - +42	± 0.002	± 0.001
Pressione (dbar)	0 - 1000	± 0.1% del range	0.002% del range
Ossigeno disciolto (%)	120% della saturazione superficiale	± 2% della saturazione	--

Le capteur CTD mesure la conductivité, la température et la pression. Le capteur comprend un module supplémentaire pour mesurer l'oxygène dissous (DO). Les caractéristiques de performance sont répertoriées ci-dessus.

Correntometro acustico ADCP/ Compteur de courant acoustique ADCP

A bordo del WG è montato un correntometro acustico (Acoustic Doppler Current Profiler o ADCP), per la misura del profilo di velocità lungo la colonna d'acqua. La velocità lungo la colonna d'acqua viene misurata sia in intensità che in direzione. Tale correntometro lavora alla frequenza di 300



kHz, idonea per la misura del profilo di corrente entro i primi 80-90 m della colonna d'acqua, e con risoluzione verticale fino a 1 m.

Table 13. Specifiche sensore ADCP/ Spécifications du capteur ADCP

ADCP	Range di misura	Accuratezza minima
Velocità della corrente	±5 m/s default	0.5% of water velocity relative to ADCP ±0.5cm/s

Sensore di moto ondoso/ Capteur de mouvement des vagues

Il sensore per la misura del moto ondoso è in grado di fornire i seguenti parametri.

Table 14. Specifiche sensore moto ondoso/ Spécifications du mouvement des vagues

Sensore di moto ondoso	Range di misura	Risoluzione
Spostamenti (m)	(-15 m – 15 m)	2 cm
Dati spettrali	0.025 Hz - 0.5 Hz (frequenza) 0° -360° (direzione)	0.01 Hz (risoluzione in frequenza) 2° (risoluzione angolare)

Il software installato sul WG permette, inoltre, l'estrazione di parametri sintetici del moto ondoso a partire dai dati di spostamento e di spettro, ovvero: altezza d'onda significativa, periodo medio d'onda, periodo di picco, direzione media d'onda e direzione di picco.



Le logiciel installé sur le WG utilise les données de déplacement pour l'extraction des paramètres de mouvement des vagues tels que: hauteur significative des vagues, période des vagues, direction



des vagues.

Stazione meteorologica/ Station météorologique

La stazione meteorologica di bordo misura i parametri indicati in tabella:

Table 15. Specifiche stazione meteo/ Spécifications de la station météo

Stazione meteorologica	Range di misura	Accuratezza minima	Risoluzione
Intensità del vento	0 – 41 m/s	5 % per vento elevato	0.5 m/s
Direzione media del vento	0 – 360 °	8 °	0.1 °
Temperatura dell'aria	-25 – 55 °C	± 1°C	0.2 °C
Pressione atmosferica	850 – 1150 mbar	± 2 mbar	0.1 mbar

Vengono, inoltre, prodotte misure di vento reale (intensità e direzione). Lo strumento è dotato di una bussola a stato solido triassiale a stabilizzazione dinamica.



La station météorologique embarquée mesure les paramètres indiqués dans le tableau. De plus, des mesures réelles du vent (intensité et direction) sont produites. L'instrument est équipé d'une boussole à semi-conducteurs triaxiale avec stabilisation dynamique.

Fluorimetro/ fluorimètre

Sul WG è, inoltre, montato un fluorimetro a tre canali, configurato in modo da ospitare tre sensori ottici. I sensori sono idonei al monitoraggio della clorofilla e di due tipologie di idrocarburi (petrolio greggio e combustibili raffinati). Le caratteristiche di range e precisione dei sensori sono le seguenti:

Table 16. Specifiche fluorimetro/ Spécifications du fluorimètre

Sensore ottico	Range di misura	Valore minimo di rilevamento
----------------	-----------------	------------------------------



Clorofilla <i>in vivo</i> (blue excitation)	0 – 500 ug/l	0.025 ug/l
Petrolio greggio (crude oil)	0-2700 ppb	0.2 ppb
Combustibili raffinati (fine oil)	> 100 ppm	2 ppm



Sur le WG est également monté un fluorimètre à trois canaux, configuré pour accueillir trois capteurs optiques. Les capteurs conviennent à la surveillance de la chlorophylle et de deux types d'hydrocarbures (pétrole brut et carburants raffinés). Les caractéristiques de portée et de précision des capteurs sont décrites ci-dessus.

Altri strumenti/ Autres outils

Oltre agli strumenti scientifici di cui sopra, il wave glider è dotato di numerosi dispositivi di sicurezza: un localizzatore GPS autonomo, una luce di segnalazione, una bandiera segnaletica, un riflettore radar amplificato ed un'antenna ricevente AIS che consente anche una correzione automatica del percorso in caso di pericolo di collisione.



En plus des instruments scientifiques mentionnés ci-dessus, le planeur de vagues est équipé de nombreux dispositifs de sécurité: un localisateur GPS autonome, un feu de signalisation, un drapeau de signal, un réflecteur radar amplifié et une antenne de réception AIS qui permet également une correction automatique de la trajectoire en cas de danger de collision.

2.3 Sistema di comunicazione/ Système de communication

Le comunicazioni a terra e la trasmissione dei dati WG avvengono mediante un collegamento satellitare bi-direzionale Iridium, che rende possibile la trasmissione sia di piccoli pacchetti di dati



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

in modalità short burst (Iridium short burst data modem), sia di pacchetti più grandi (Iridium RUDICS). Questi dispositivi consentono la comunicazione remota dei dati anche in alto mare. Nelle aree coperte dal segnale di telefonia mobile le comunicazioni avvengono tramite rete GSM. Un'interfaccia wi-fi consente, inoltre, l'interscambio dei dati con un PC in prossimità del WG (ovvero in laboratorio) o in casi eccezionali anche in mare.



Les communications au sol et la transmission des données du WG se font via une connexion satellite bidirectionnelle Iridium, ce qui permet de transmettre à la fois de petits paquets de données (modem de données Iridium short burst) et des paquets plus gros (Iridium RUDICS). Ces appareils permettent la communication de données à distance, même en haute mer. Dans les zones couvertes par le signal du téléphone mobile, les communications se font via le réseau GSM. Une interface wi-fi permet également d'échanger des données avec un PC à proximité du WG (ie en laboratoire) ou dans des cas exceptionnels même en mer.

2.4 Campagne oceanografiche/ Campagnes océanographiques

Missione 'Aretusa' / Mission 'Aretusa'

Questa missione è stata principalmente un test di navigazione in cui il pilotaggio era affidato interamente ai tecnici del LaMMA senza il controllo remoto dello staff della Liquid Robotics. La campagna è stata svolta a bordo della nave idro-oceanografica 'Aretusa' della Marina Militare (Fig. 85).

Nel corso della missione sono stati riscontrati alcuni problemi tecnici sia sul timone sia sulle acquisizioni dai sensori di bordo. In particolare, il problema sul timone ha comportato che il primo transetto è stato eseguito fuori dalla rotta programmata, mentre i problemi relativi ai sensori hanno causato la perdita o la ridotta acquisizione di alcuni parametri biogeochimici relativi al CTD e fluorimetro C3.

Il WG è stato trasportato dall'unità della marina a circa 8 miglia fuori dal porto di La Spezia (43.94 N 9.82 E) alle 11:36 del 25 settembre. La velocità media visibile dal grafico di figura 86 è stata di 0,75 nodi con un picco di 1,8 in condizioni di mare quasi calmo, con alcune raffiche di vento durante i primi giorni di navigazione. Il recupero del WG è avvenuto il 29 settembre alle 16:19



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

dopo circa 42 miglia nautiche. L'intera rotta è mostrata in Fig. 86. In questa figura è anche visibile la correzione di rotta che è stata possibile soltanto dopo alcune ore di navigazione ed attraverso una riprogrammazione dei way points.

Nel grafico dei dati di telemetria (Fig. 87) si può osservare l'ultimo picco alla velocità di circa 1 nodo, raggiunto con l'ausilio dell'azionamento del propulsore alla massima velocità per facilitare le fasi di recupero del WG. In Fig. 87 sono anche mostrati i dati altezza d'onda significativa e direzione media registrate dal sensore ondametrico a bordo del WG.



Cette mission était principalement un test de navigation dans lequel le pilotage était entièrement confié aux techniciens du LaMMA sans la télécommande de Liquid Robotics. La campagne s'est déroulée à bord du navire hydro-océanographique «Aretusa» de la marine italienne (Fig. 85).

Au cours de la mission, des problèmes techniques ont été rencontrés à la fois sur le gouvernail et sur les acquisitions des capteurs embarqués. En particulier, le problème sur le gouvernail a signifié que le premier transept a été réalisé en dehors de la route prévue, tandis que les problèmes liés aux capteurs ont provoqué la perte ou l'acquisition réduite de certains paramètres biogéochimiques mesuré par le fluorimètre, CTD et C3.

Le WG a été transporté par l'unité maritime à environ 8 milles à l'extérieur du port de La Spezia (43,94 N 9,82 E) à 11 h 36 le 25 septembre. La vitesse moyenne visible sur la carte de la figure 86 était de 0,75 nœud avec un pic de 1,8 nœud, dans des conditions de mer presque calmes, avec quelques rafales de vent pendant les premiers jours de navigation. Le WG a été récupéré le 29 septembre à 16 h 19 après environ 42 milles marins. L'itinéraire complet est illustré à la Fig. 86. Sur cette figure, la correction de cap qui n'était possible qu'après quelques heures de navigation et par une reprogrammation des points de cheminement est également visible.

Dans le graphique de données de télémétrie (Fig.87), il est possible d'observer le dernier pic à la vitesse d'environ 1 nœud, atteint avec l'aide de l'hélice pour faciliter les phases de récupération du WG. La figure 87 montre également la hauteur significative des vagues et les données de direction moyenne enregistrées par le capteur des vagues sur le WG.



Fig. 85. Missione WG a bordo dell'unità della marina 'ARETUSA', 25-29 Settembre / Mission du GT à bord de l'unité navale «ARETUSA», 25-29 septembre

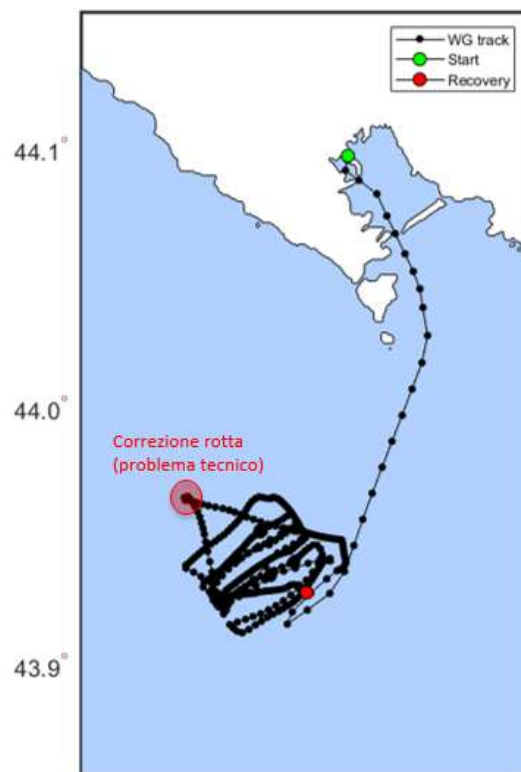


Fig. 86. Rotta del wave glider, 25-29 Settembre 2017 / Stage de vol à voile, 25-29 septembre 2017

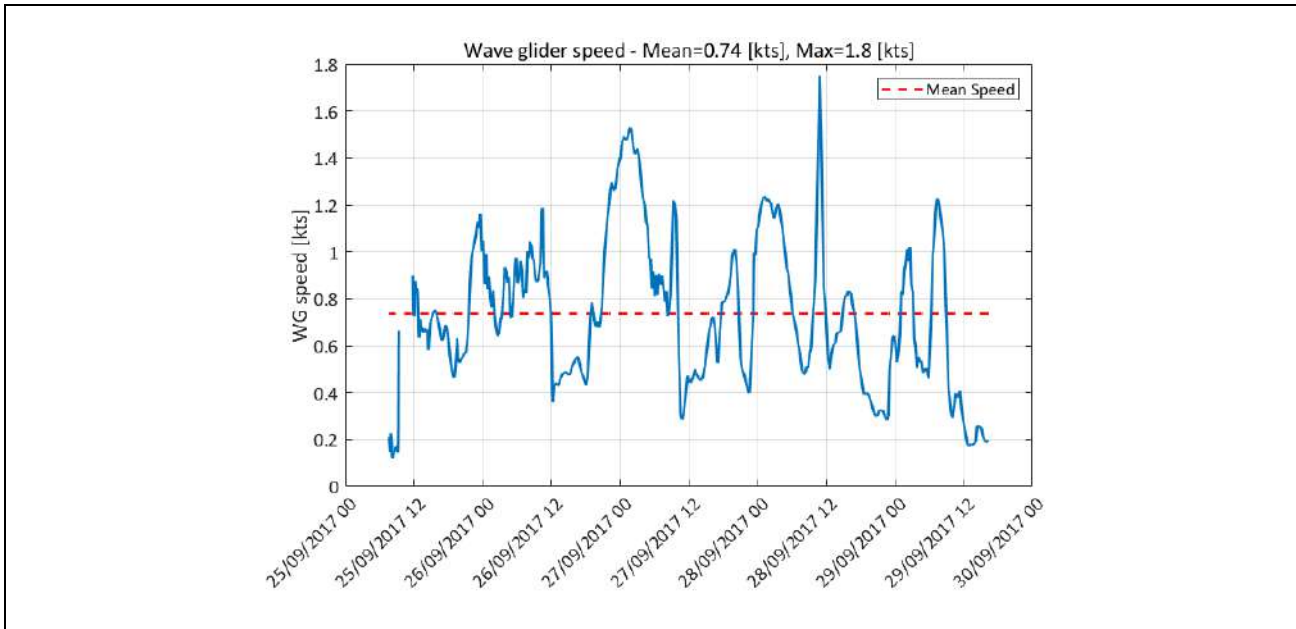
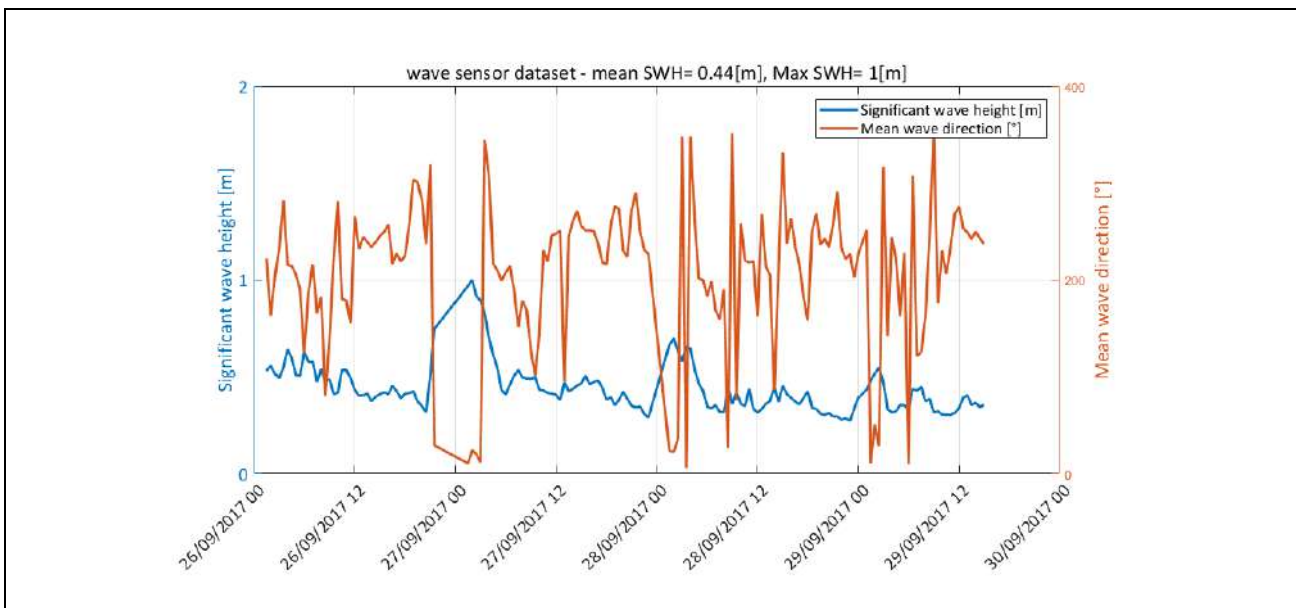


Fig. 87. Dati di telemetria, velocità lungo la rotta. L'ultimo picco si riferisce all'azionamento del propulsore. / Données de télémétrie, vitesse le long de l'itinéraire. Le dernier pic fait référence l'utilisation de l'hélice en bord





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Fig. 88. Altezza e periodo d'onda/ Hauteur et période des vagues

Missione '5 Terre'/ Mission '5 Terre'

Questa campagna è stata effettuata al largo e nell'area marina protetta delle "Cinque Terre", a bordo dell'imbarcazione dell'ENEA "Santa Teresa". Di seguito (Fig. 89) alcune immagini delle operazioni di messa in mare. La campagna si è svolta nei giorni 24-26 Ottobre 2017.



Fig. 89. Messa in mare del WG al largo delle 5 Terre con il personale dell'ENEA / Lancement du WG au large des 5 Terre avec le personnel de l'ENEA

Dopo un breve trasporto trainato, la messa in mare avviene fuori dalla diga di La Spezia (lato nord). In due giorni di navigazione, il WG percorre 20 miglia nautiche, attraversando le zone identificate come area C e B dell'area marina protetta. Nella fase iniziale la velocità media è di circa 0,6-0,7 nodi. Successivamente, a causa del mare piatto, il WG rallenta navigando a 0,2-0,3 nodi. In queste condizioni meteorologiche-marine, il WG non è stato in grado di completare gli ultimi transetti pianificati nella parte occidentale dell'MPA "5terre". Una descrizione completa della rotta percorsa e della velocità di navigazione è illustrata in Fig. 90 e Fig. 91.

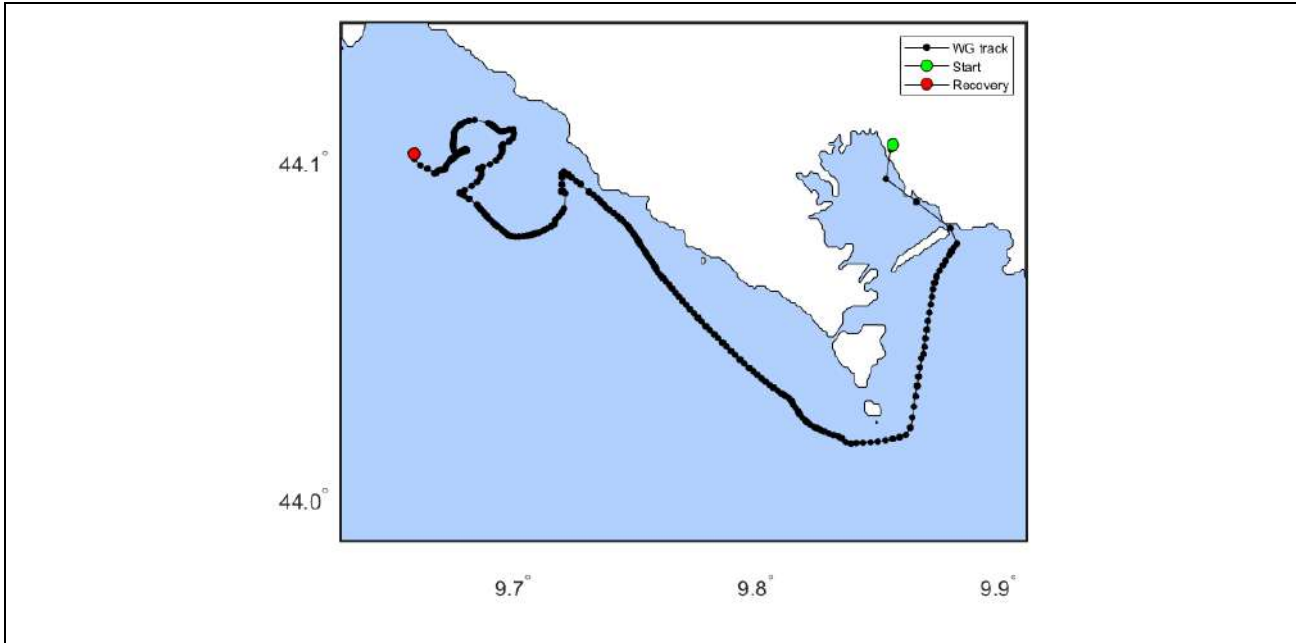


Fig. 90. Rotta del wave glider, 24-26 Ottobre 2017 / Route du planeur de vagues, 24-26 octobre 2017

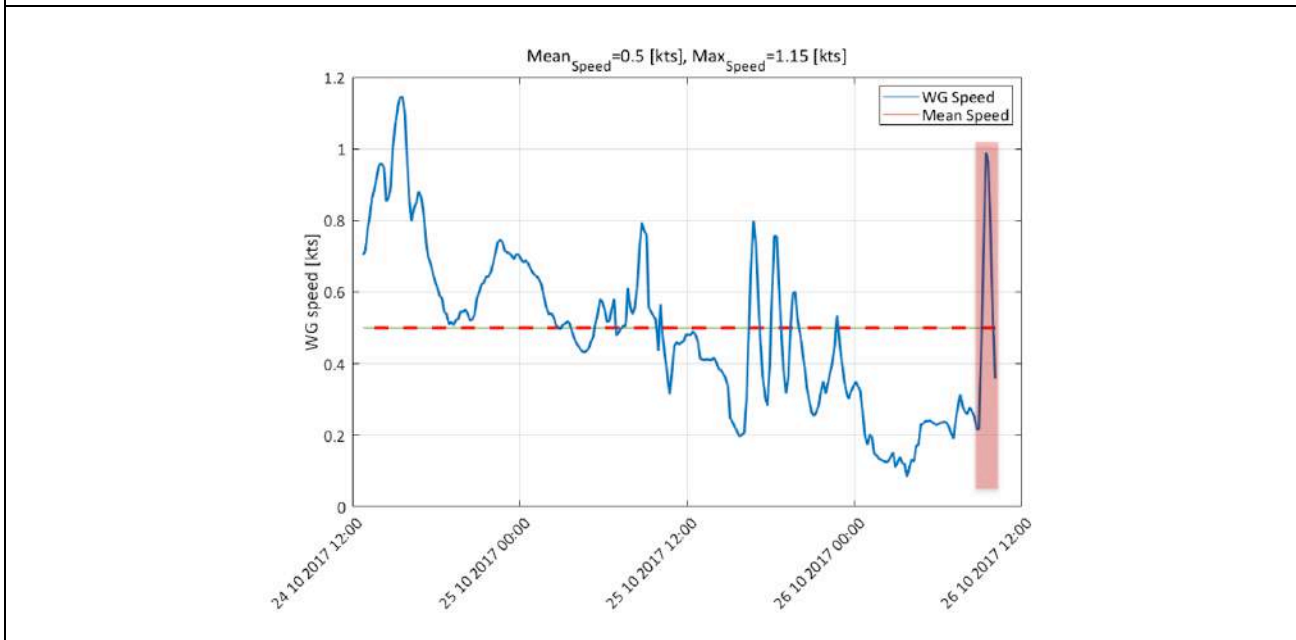


Fig. 91. Dati di telemetria, velocità lungo la rotta. L'area rossa si riferisce all'azionamento del propulsore. /



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Données de télémétrie, vitesse le long de l'itinéraire. La zone rouge fait référence à l'utilisation de l'hélice

L'ultimo picco (circa 1 nodo) è stato raggiunto con l'ausilio dell'azionamento del propulsore interno alla massima velocità. Questo è stato attivato per facilitare il recupero del WG. Tutti i dati sono stati trasmessi in telemetria utilizzando la connessione Iridium.

Di seguito sono illustrate alcune misure fatte da CTD-DO (Fig. 92), fluorimetro C3 (Fig. 93) e sensore d'onda (Fig. 94). Nel caso del C3 i dati sono stati anche mediati con finestra mobile data l'alta variabilità. A parte la diminuzione della concentrazione di clorofilla che è possibile osservare in uscita dal Golfo procedendo verso il largo, è interessante osservare la diminuzione della concentrazione degli idrocarburi più volatili mentre quelli grezzi hanno un trend in aumento lungo la stessa rotta.



Cette campagne s'est déroulée au large et dans l'aire marine protégée des "Cinque Terre", à bord du bateau ENEA "Santa Teresa". Ci-dessous (Fig. 89) quelques photos des opérations en mer. La campagne a eu lieu du 24 au 26 octobre 2017.

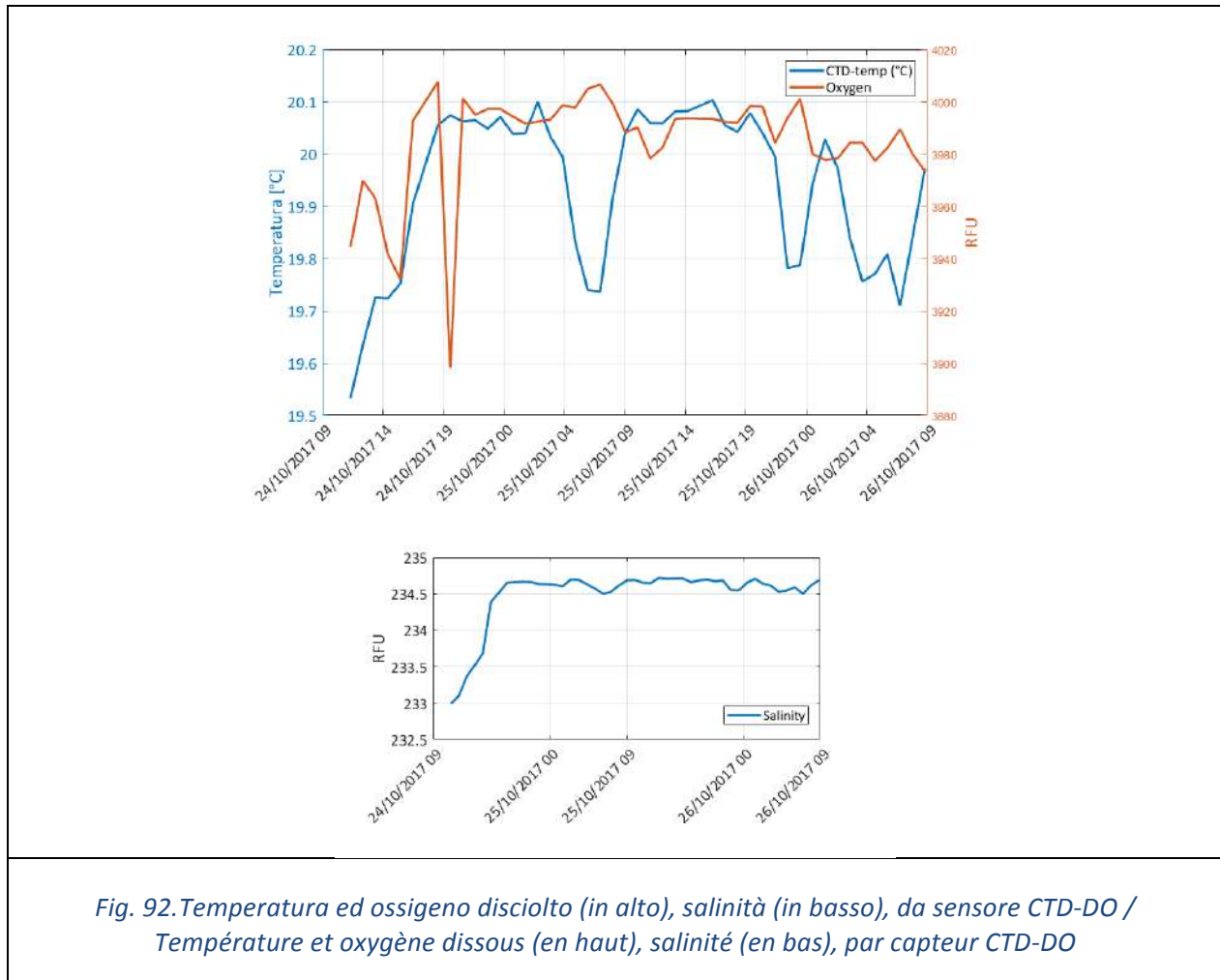
Après un court transport, le lancement en mer a eu lieu à l'extérieur du barrage de La Spezia (côté nord). En deux jours de navigation, le WG a voyagé pour 20 milles marins, les zones C et B de l'aire marine protégée. Dans la phase initiale, la vitesse moyenne est d'environ 0,6-0,7 nœuds. Par la suite, en raison de la mer calme, le WG ralentit la navigation à 0,2-0,3 nœuds. Dans ces conditions météorologiques et marines, le WG n'a pas pu achever les derniers transects prévus dans la partie ouest de l'AMP "5terre". Une description complète de l'itinéraire parcouru et de la vitesse de navigation est présentée dans les Fig. 90 et Fig. 91.

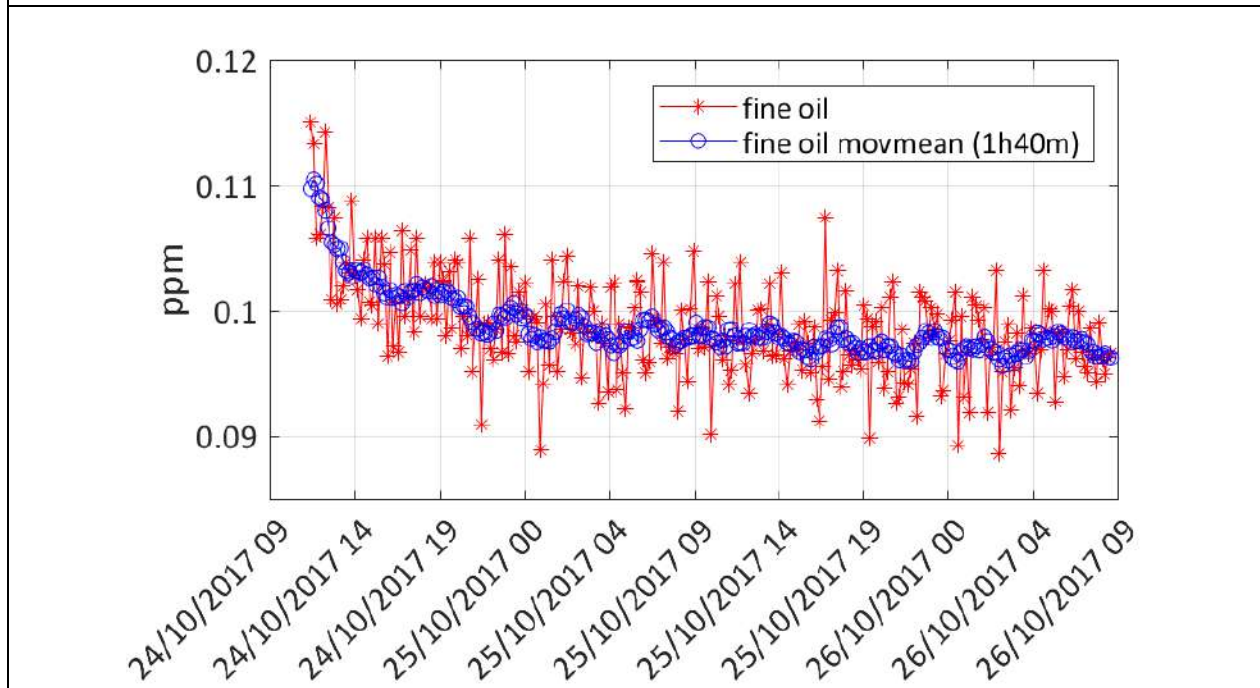
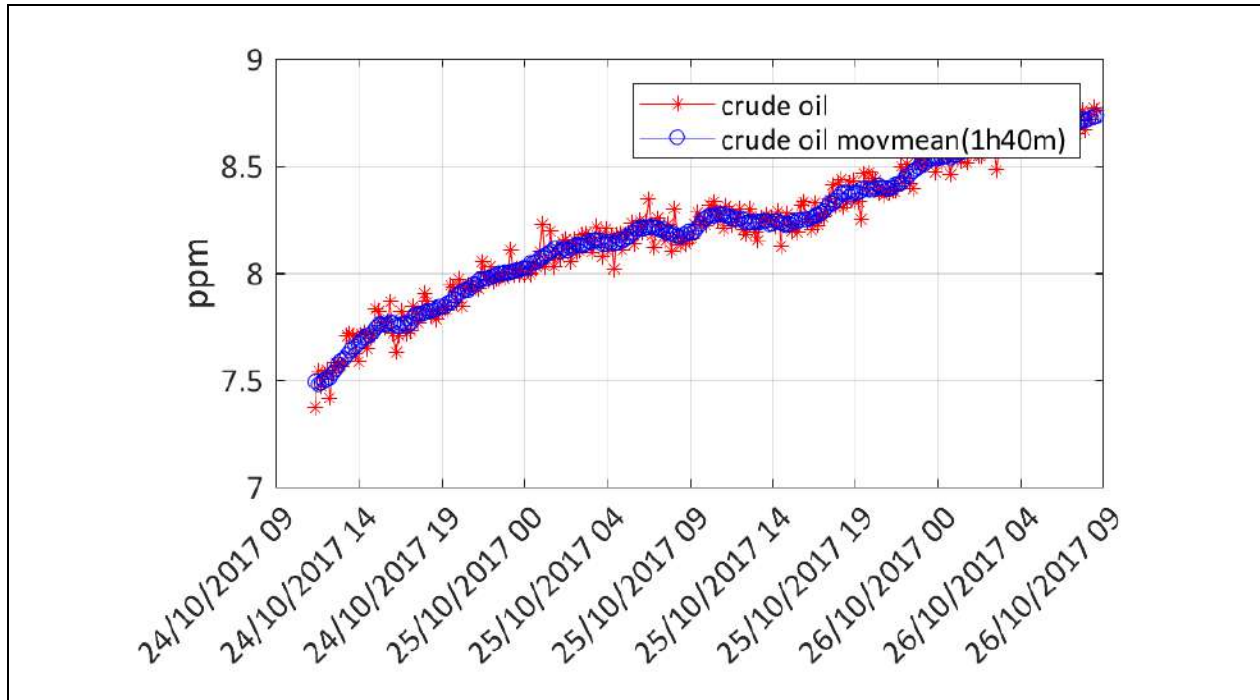
Le dernier pic (environ 1 nœud) a été atteint grâce à l'utilisation du moteur interne à vitesse maximale. Ceci a été activé pour faciliter la récupération du WG. Toutes les données ont été transmises par télémétrie à l'aide de la connexion Iridium.

Ci-dessous, quelques mesures effectuées par CTD-DO (Fig. 92), le fluorimètre C3 (Fig. 93) et le capteur d'onde (Fig. 94). Dans le cas de C3, les données ont également été moyennées avec une fenêtre flottante, compte tenu de la grande variabilité. À l'exception de la diminution de la concentration de chlorophylle que l'on peut observer en quittant le Golfe en direction du large, il est intéressant



d'observer la diminution de la concentration des hydrocarbures les plus volatils tandis que les bruts ont une tendance à la hausse sur la même route.





continua figura/ figure continue

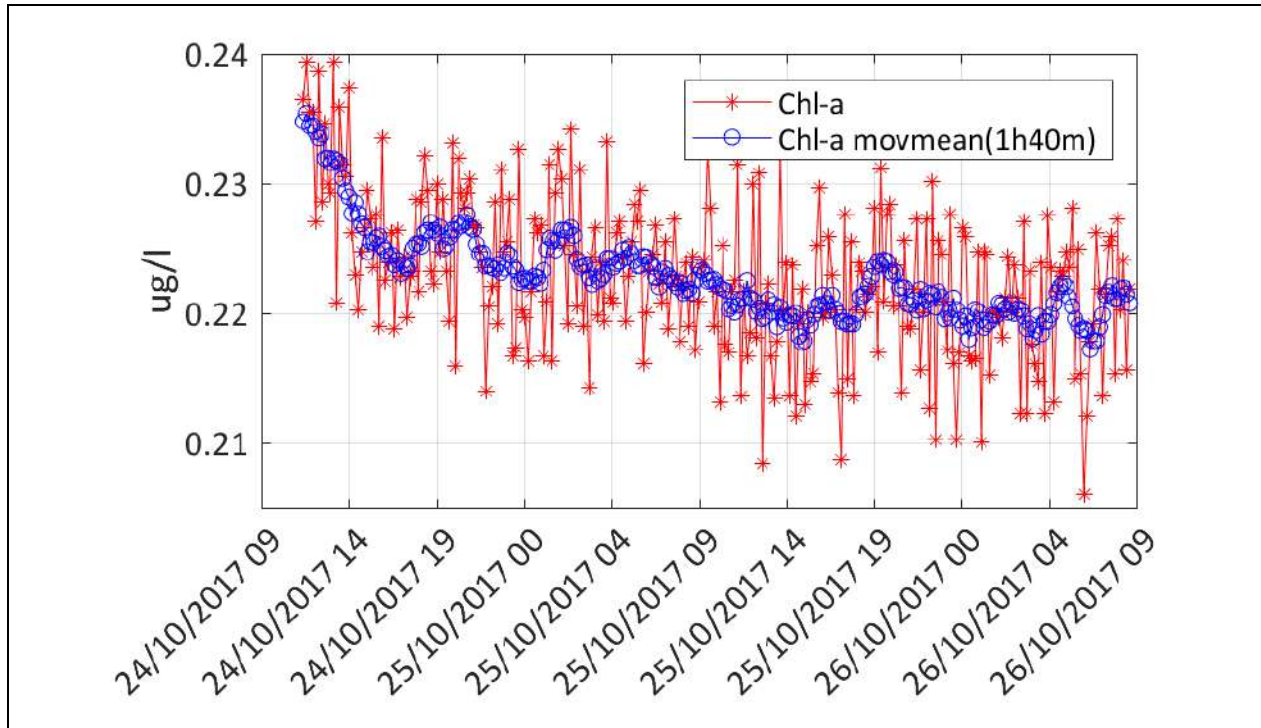
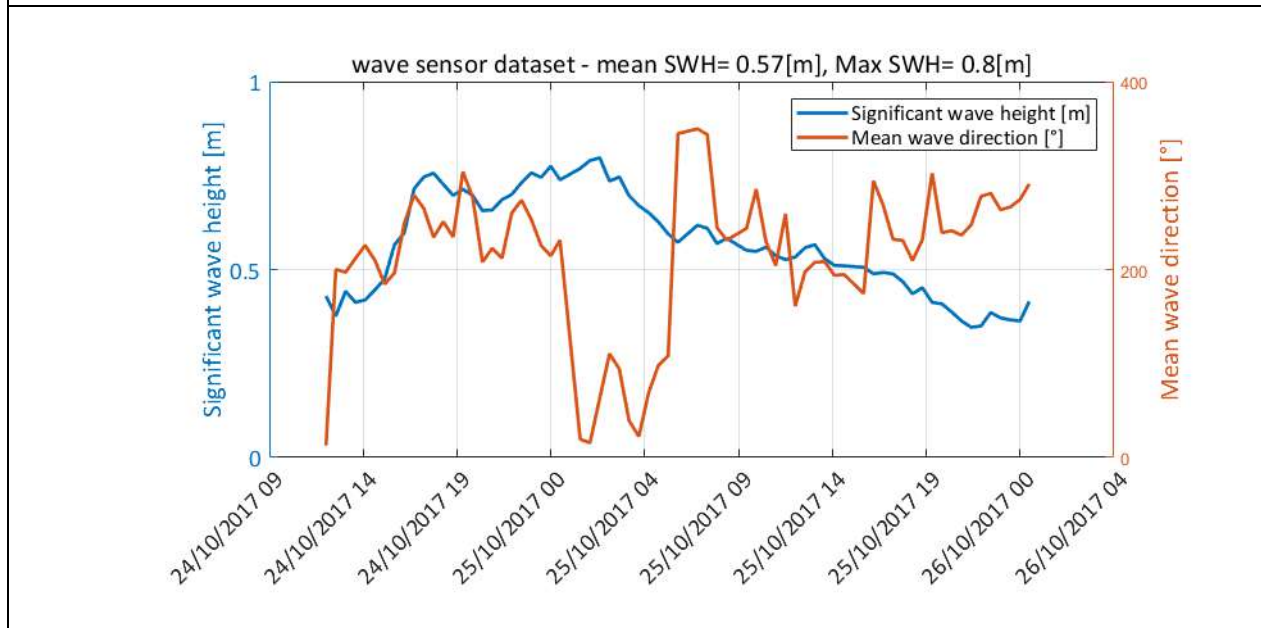


Fig. 93. Combustibile greggio (in alto), raffinato (al centro), clorofilla (in basso), da sensore C3/ Hydrocarbure brut (en haut), raffiné (au centre), chlorophylle (en bas), provenant du capteur C3





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Fig. 94. Altezza e periodo d'onda. / Hauteur et période des vagues

Missione 'Bonifacio' / Mission 'Bonifacio'

Questa missione è stata effettuata lungo la costa della Corsica a partire dalla Laguna di Diana, fino all'imboccatura delle 'Bocche di Bonifacio' in collaborazione con lo staff di Ifremer. Per la messa in mare è stata impiegata una piccola imbarcazione normalmente utilizzata per la coltura dei molluschi nella Laguna (Fig. 95). La missione è durata circa 12 giorni dal 19/07/2018 al 31/07/2018 con alcuni stazionamenti notturni in cui il WG non era in navigazione (Fig. 96). La navigazione è stata piuttosto sostenuta nella prima parte raggiungendo picchi prossimi a 2 nodi (Fig. 97), complici anche le correnti favorevoli e l'altezza d'onda con picchi prossimi ad 1.7 m (Fig. 98). Le principali criticità erano legate all'intenso traffico marittimo, tipico del periodo estivo in quell'area. L'area maggiormente trafficata è stata quella prossima alle Bocche di Bonifacio in cui sono state necessarie alcune manovre di virata ed in cui il sistema anticollisione del WG si è attivato più volte. Sono state eseguite misure con sensore CTD, C3, sensore d'onda ed ADCP per tutto il periodo della navigazione. Alcuni grafici delle misure effettuate sono illustrate in Fig. 99 ed in Fig. 100. In (Fig. 101), viene anche mostrato un piccolo tratto di alcune ore registrato dall'ADCP in formato raw. Nel grafico è possibile vedere la variabilità con la profondità di direzione ed intensità delle correnti. A parte le misure contenenti un po' di rumore in superficie ed in profondità, si osservano valori compresi fra 0.25 m/s fino a valori molto bassi, procedendo dall'alto verso il basso, ed una direzione di circa 180 ° allineata con la linea di costa.



Cette mission a été menée le long des côtes de la Corse à partir de la lagune de Diane jusqu'à l'embouchure des Bouches de Bonifacio en collaboration avec le personnel de l'Ifremer. Un petit bateau normalement utilisé pour la culture des mollusques dans la lagune a été utilisé pour le lancer (Fig. 95). La mission a duré environ 12 jours du 19/07/2018 au 31/07/2018 avec des arrêts nocturnes dans lesquels le WG n'était pas en navigation (Fig.96). La navigation a été plutôt soutenue dans la première partie atteignant des pics proches de 2 nœuds (Fig. 97), également en raison des courants favorables et de la hauteur des vagues avec des pics proches de 1,7 m (Fig. 98). Les principaux points critiques étaient liés à l'intense trafic maritime, typique



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

dans cette zone en été. La zone à plus forte densité de trafic maritime était celle à côté du Bocche di Bonifacio où des manœuvres de virage étaient nécessaires et dans laquelle le système anti-collision WG a été activé plusieurs fois. Des mesures ont été faites avec CTD, capteur C3, capteur de vague et ADCP pour toute la période de navigation. Certains graphiques des mesures effectuées sont illustrés à la Fig. 99 et à la Fig. 100. Dans (Fig. 101), une petite séquence de quelques heures enregistrée par l'ADCP au format brut est également représentée. Dans le graphique, il est possible de voir la variabilité avec la profondeur de direction et l'intensité des courants. À l'exception des mesures contenant un peu de bruit de surface et en profondeur, des valeurs comprises entre 0,25 m / s et des valeurs très faibles sont observées, en procédant de haut en bas, avec une direction d'environ 180 ° alignée avec la ligne de la côte.



Fig. 95. Messa in mare del WG in Corsica, missione 'BONIFACIO' / Lancement du WG en Corse, mission "BONIFACIO"

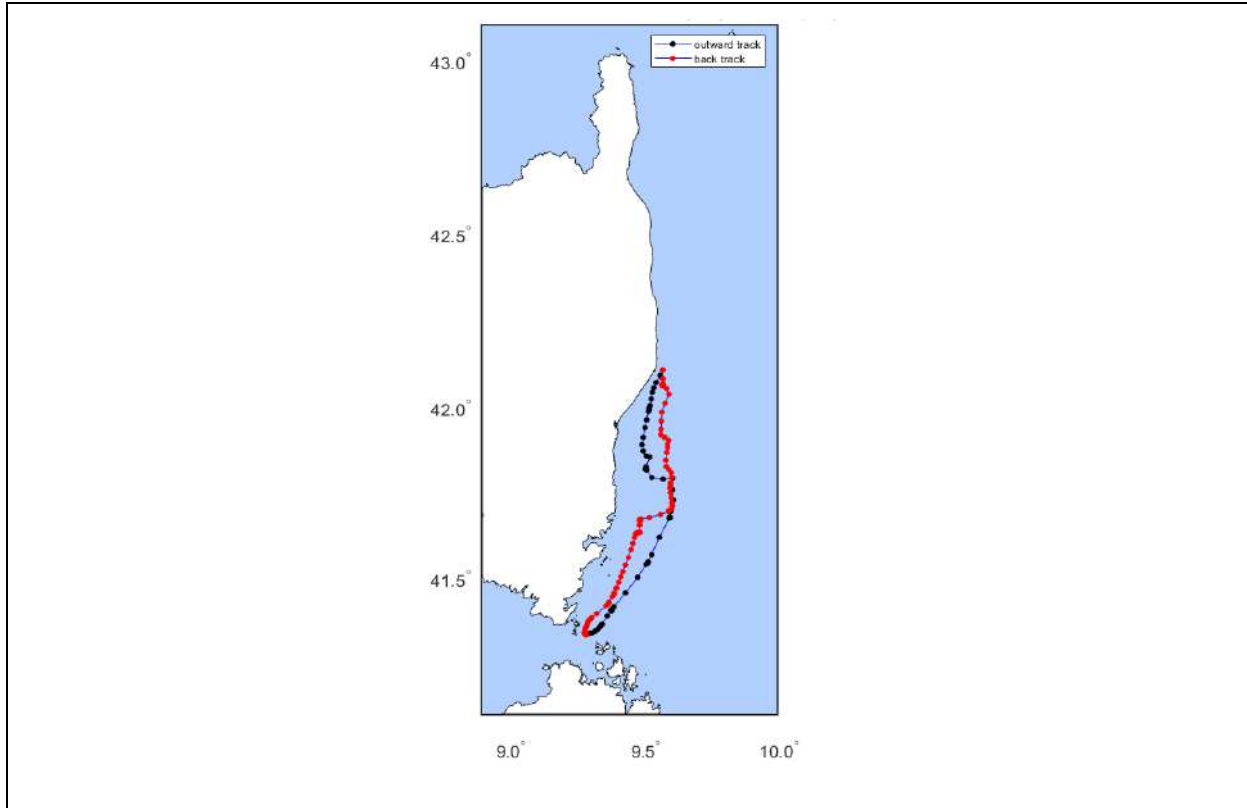


Fig. 96. Rotta del wave glider, 19/07/2018 - 31/07/2018 / Route de WG, 19/07/2018 - 31/07/2018

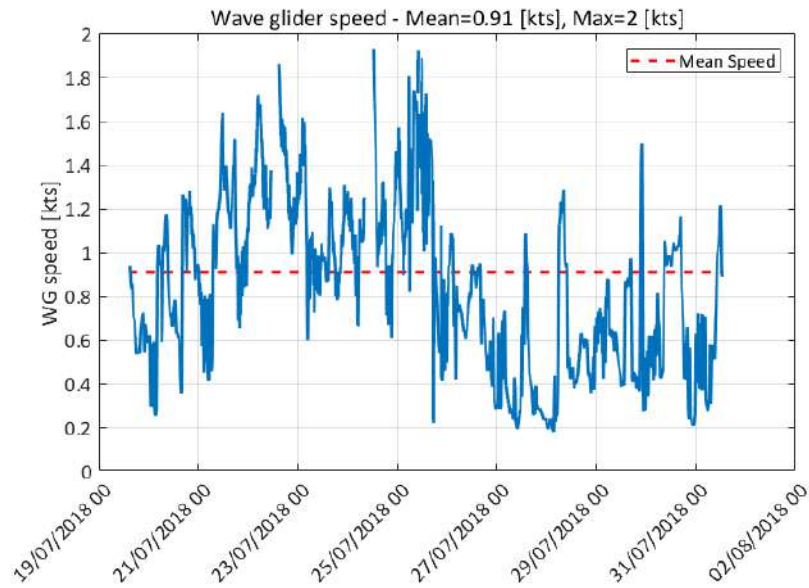


Fig. 97. Dati di telemetria, velocità lungo la rotta. / Données de télémétrie, vitesse le long de l'itinéraire

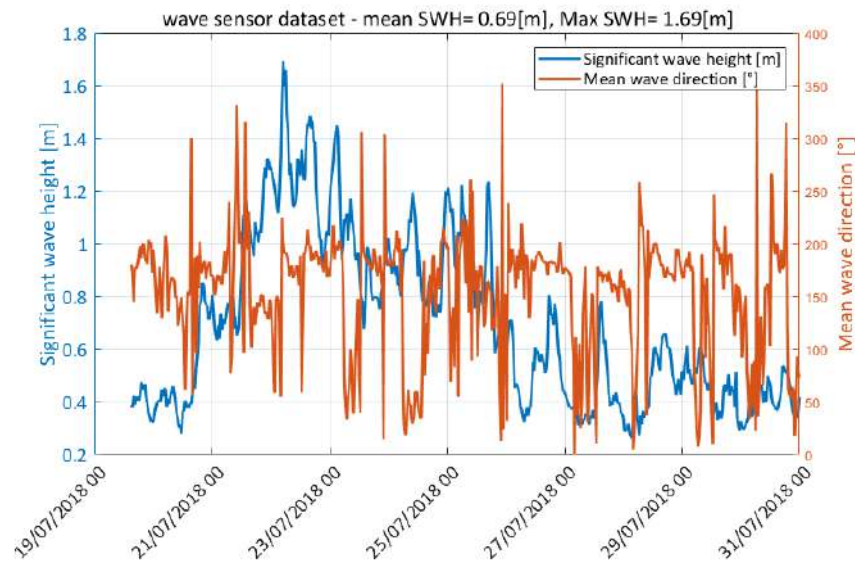




Fig. 98. Altezza e periodo d'onda./ Hauteur et période des vagues

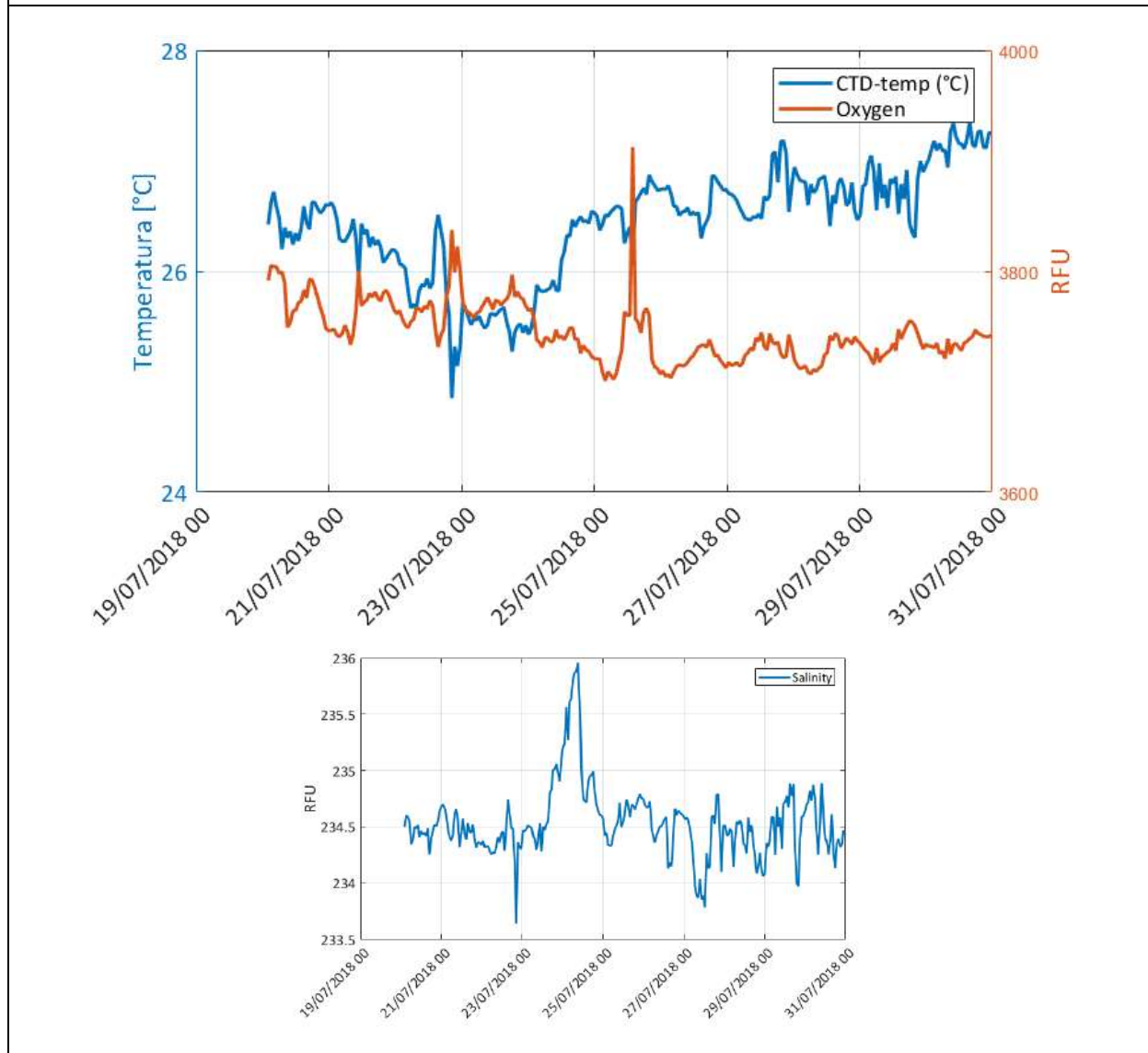


Fig. 99. Temperatura ed ossigeno disciolto (in alto), salinità (in basso), da sensore CTD-DO /
Température et oxygène dissous (en haut), salinité (en bas), par le capteur CTD-DO

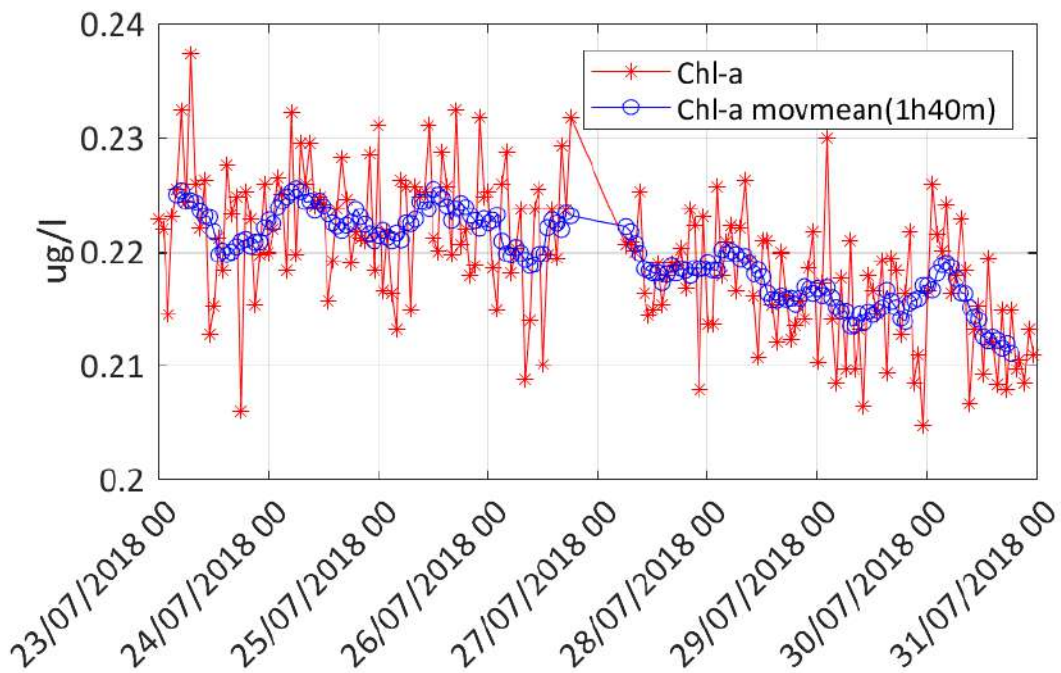
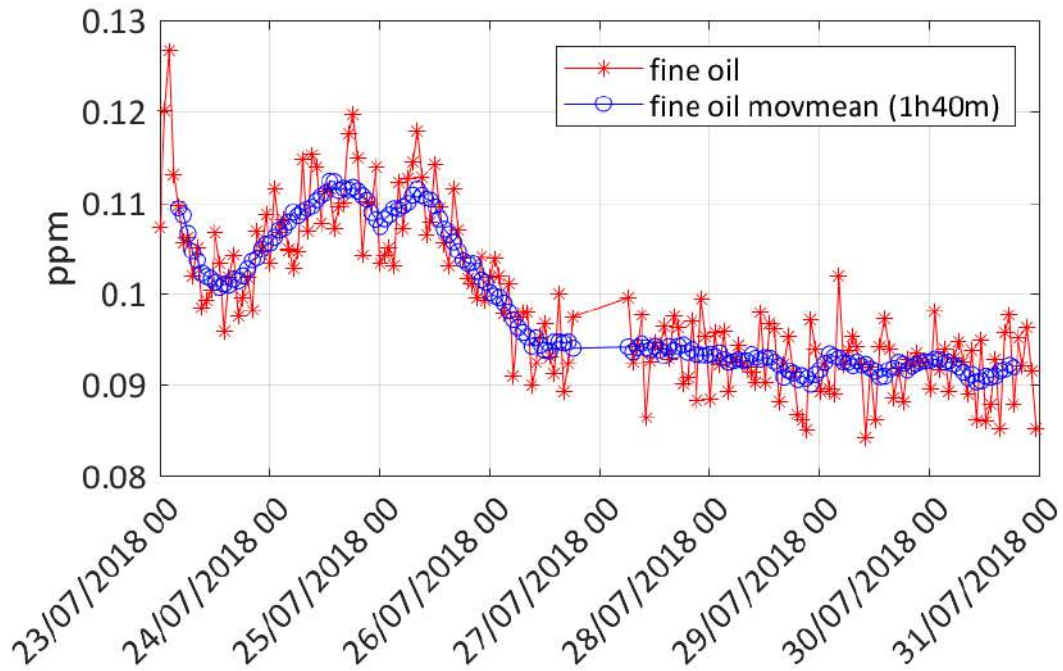




Fig. 100. Idrocarburo raffinato (in alto), clorofilla (in basso), da sensore C3/ Hydrocarbure raffiné (en haut), chlorophylle (en bas), provenant du capteur C3

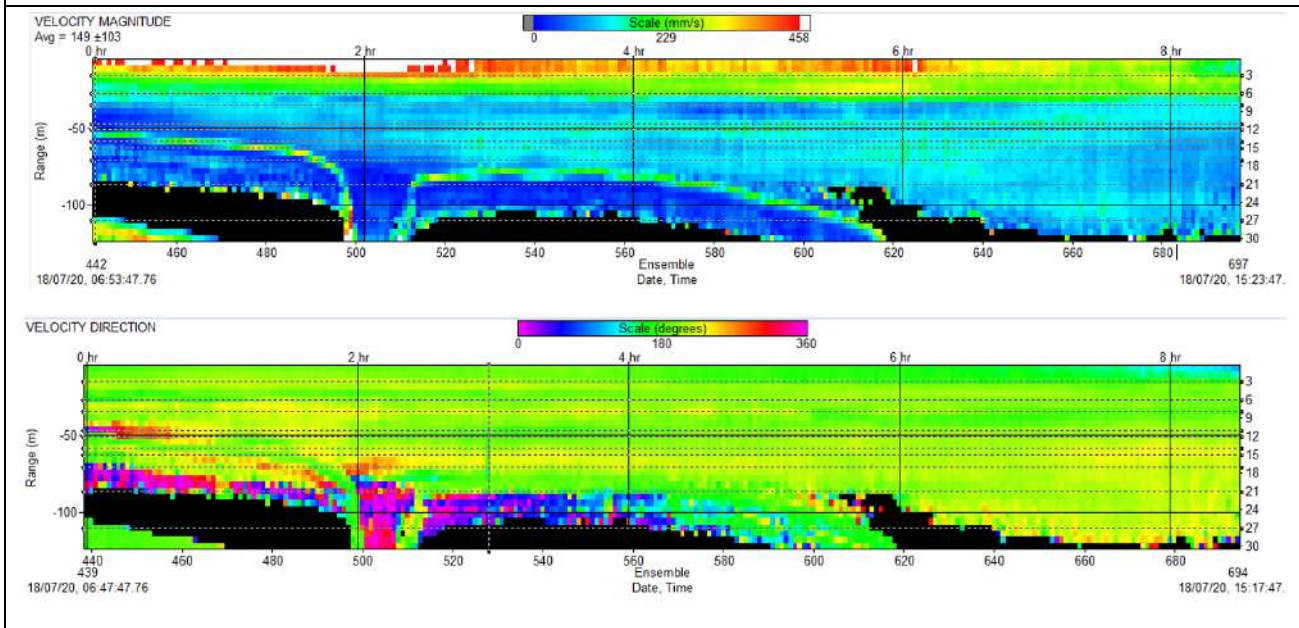


Fig. 101. Dati raw (ensemble) registrati da ADCP. Estratto ore 6:53-15:23 del 18/07/2018 / Données brutes (ensemble) enregistrées par l'ADCP. Extrait 6: 53-15: 23 du 18/07/2018

Missione 'Bastia' / Mission 'Bastia'

Questa campagna è stata effettuata lungo la costa della Corsica a partire dalla Laguna di Diana procedendo in direzione nord fino al porto di Bastia in collaborazione con lo staff di Ifremer. Per la messa in mare è stata impiegata la stessa piccola imbarcazione della precedente missione a 'Bonifacio'. La missione è durata circa 9 giorni dal 22/07/2019 al 30/07/2019 con alcuni stazionamenti notturni in cui il WG non era in navigazione (Fig. 102). La navigazione è stata piuttosto lenta con mare piatto e correnti sfavorevoli soprattutto nella prima tratta di risalita (Fig. 103 e Fig. 104).

Di seguito sono mostrati i dati relativi alle misure di clorofilla, olio grezzo e raffinato. In particolare per quest'ultimo è visibile nei grafici un incremento in fase di avvicinamento al porto di Bastia (fra il 25/07 alle ore 18:00 ed il 27/07 ore 4:00). Successivamente tali valori restano elevati anche nella tratta di rientro; questo probabilmente è dovuto ad un accumulo di idrocarburi sulle membrane del sensore (Fig. 105).



Cette mission a été menée le long des côtes de la Corse à partir de la lagune de Diane en direction du nord jusqu'au port de Bastia en collaboration avec le personnel de l'Ifremer. Le même petit bateau de la précédente mission «Bonifacio» a été utilisé pour le lancement en mer. La mission a duré environ 9 jours du 22/07/2019 au 30/07/2019 avec des arrêts nocturnes dans lesquels le WG n'était pas en navigation (Fig.102). La navigation était plutôt lente avec une mer plate et des courants défavorables surtout dans la première partie de la mission (Fig. 103 et Fig. 104).

Les données relatives à la chlorophylle, au pétrole brut et au pétrole raffiné sont présentées ci-dessous. En particulier pour ce dernier, une augmentation est indiquée dans les graphiques à l'approche du port de Bastia (entre le 25/07 à 18h00 et le 27/07 à 4h00). Par la suite, ces valeurs restent élevées même dans la partie de retour; cela est probablement dû à une accumulation d'hydrocarbures sur les membranes des capteurs (Fig. 105).

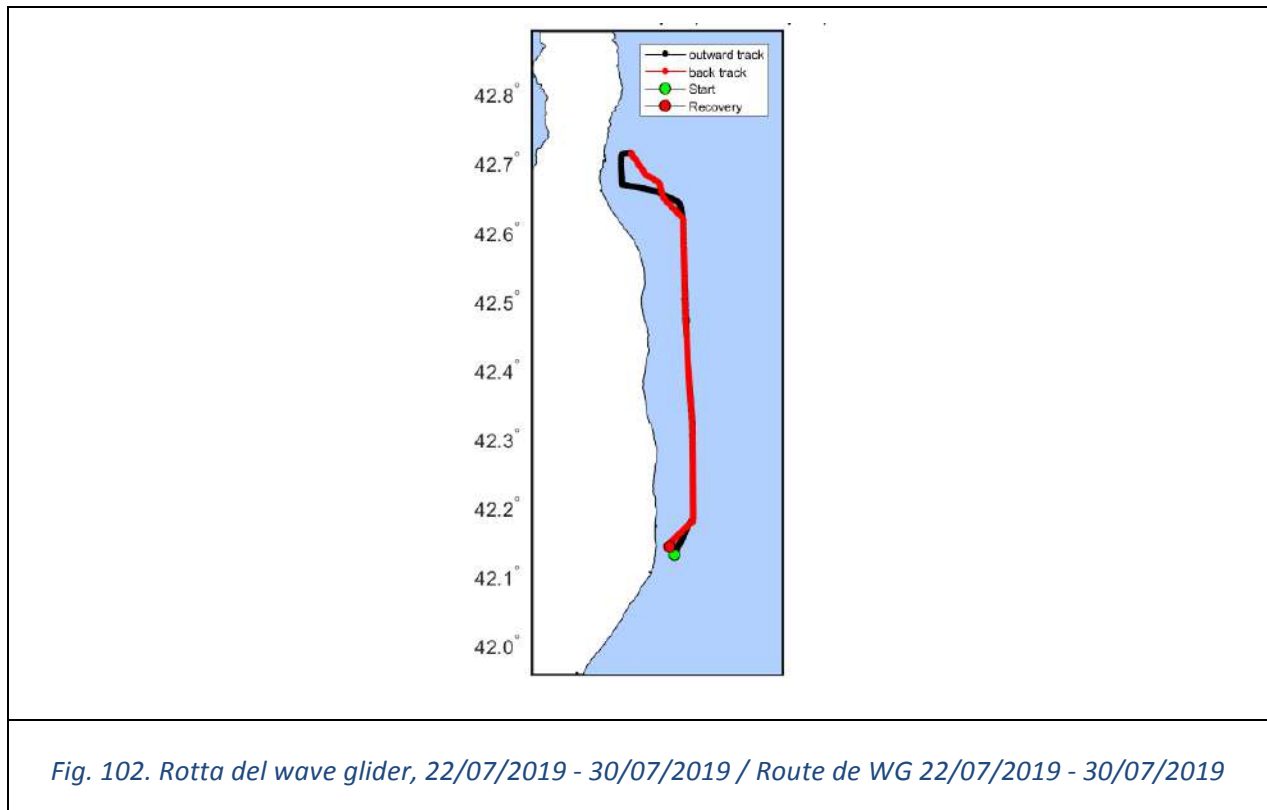


Fig. 102. Rotta del wave glider, 22/07/2019 - 30/07/2019 / Route de WG 22/07/2019 - 30/07/2019

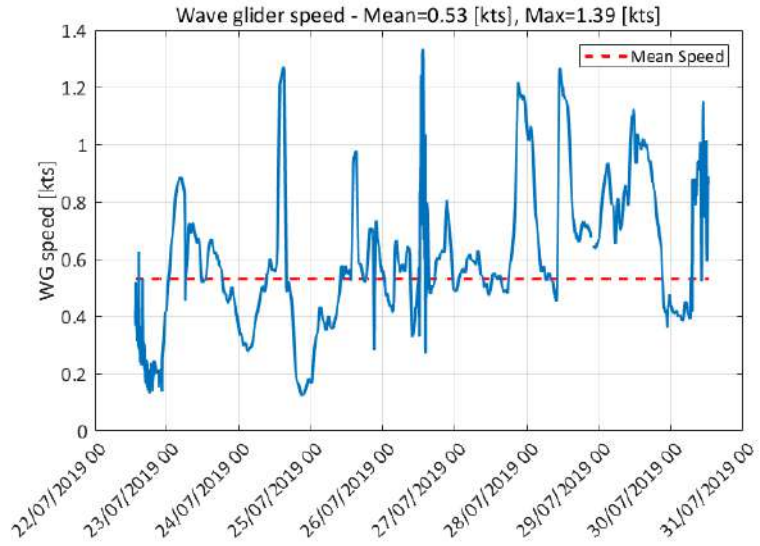


Fig. 103. Dati di telemetria, velocità lungo la rotta. / Données de télémétrie, vitesse le long de l'itinéraire

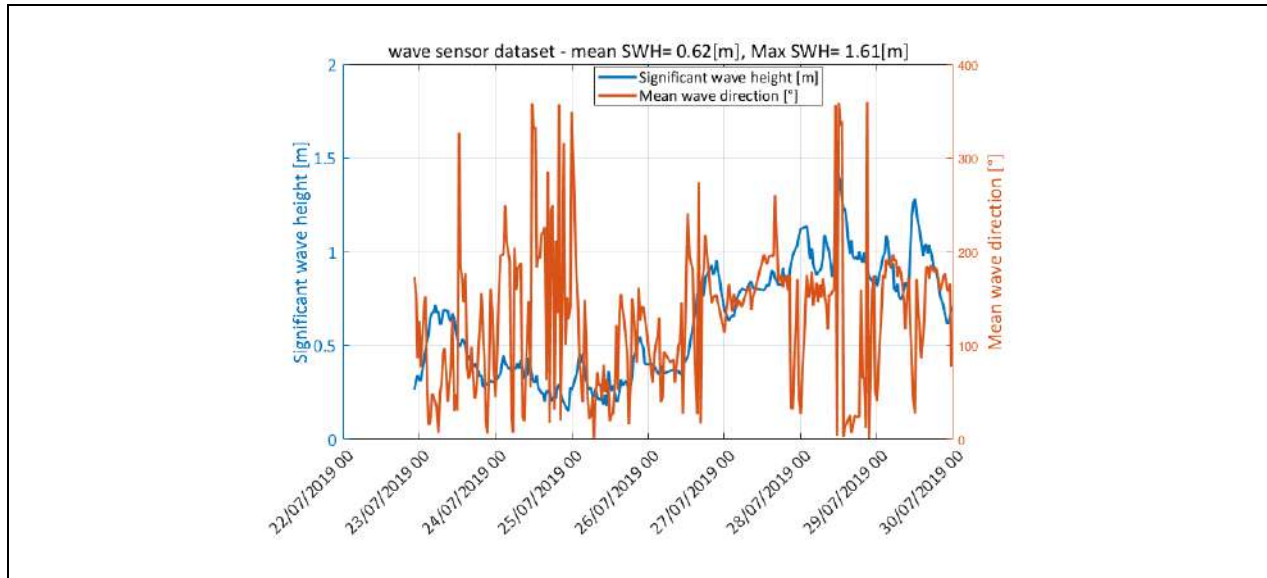
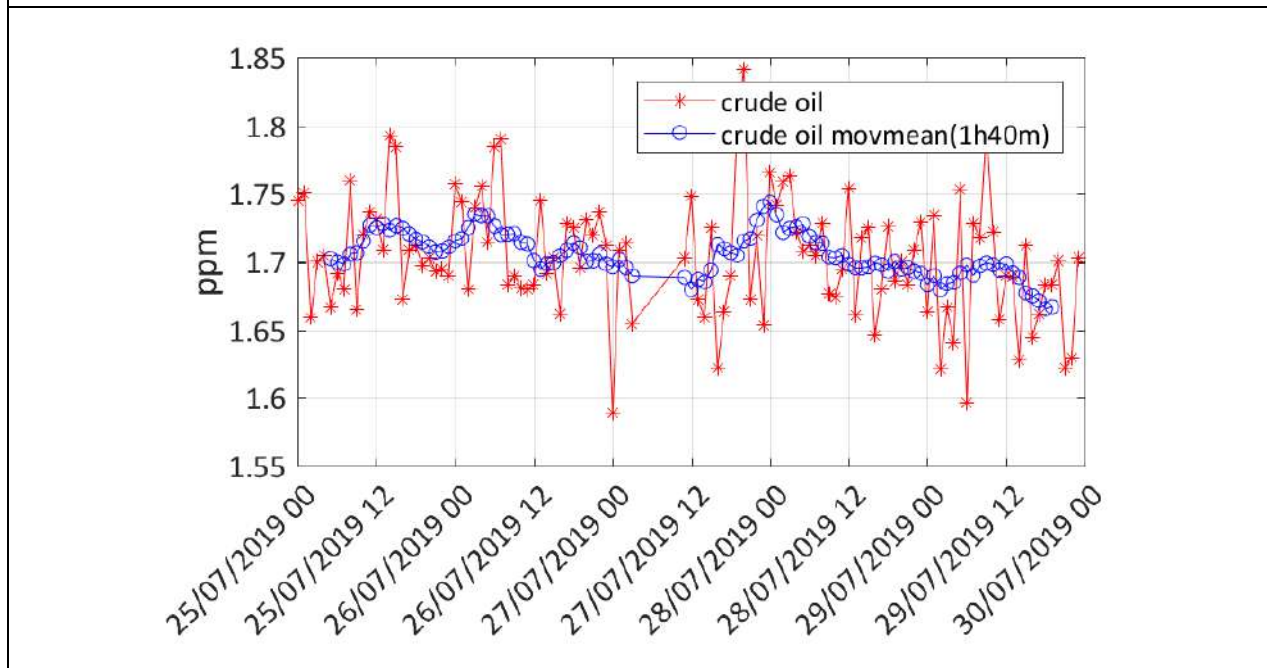


Fig. 104. Altezza e periodo d'onda./ Hauteur et période des vagues



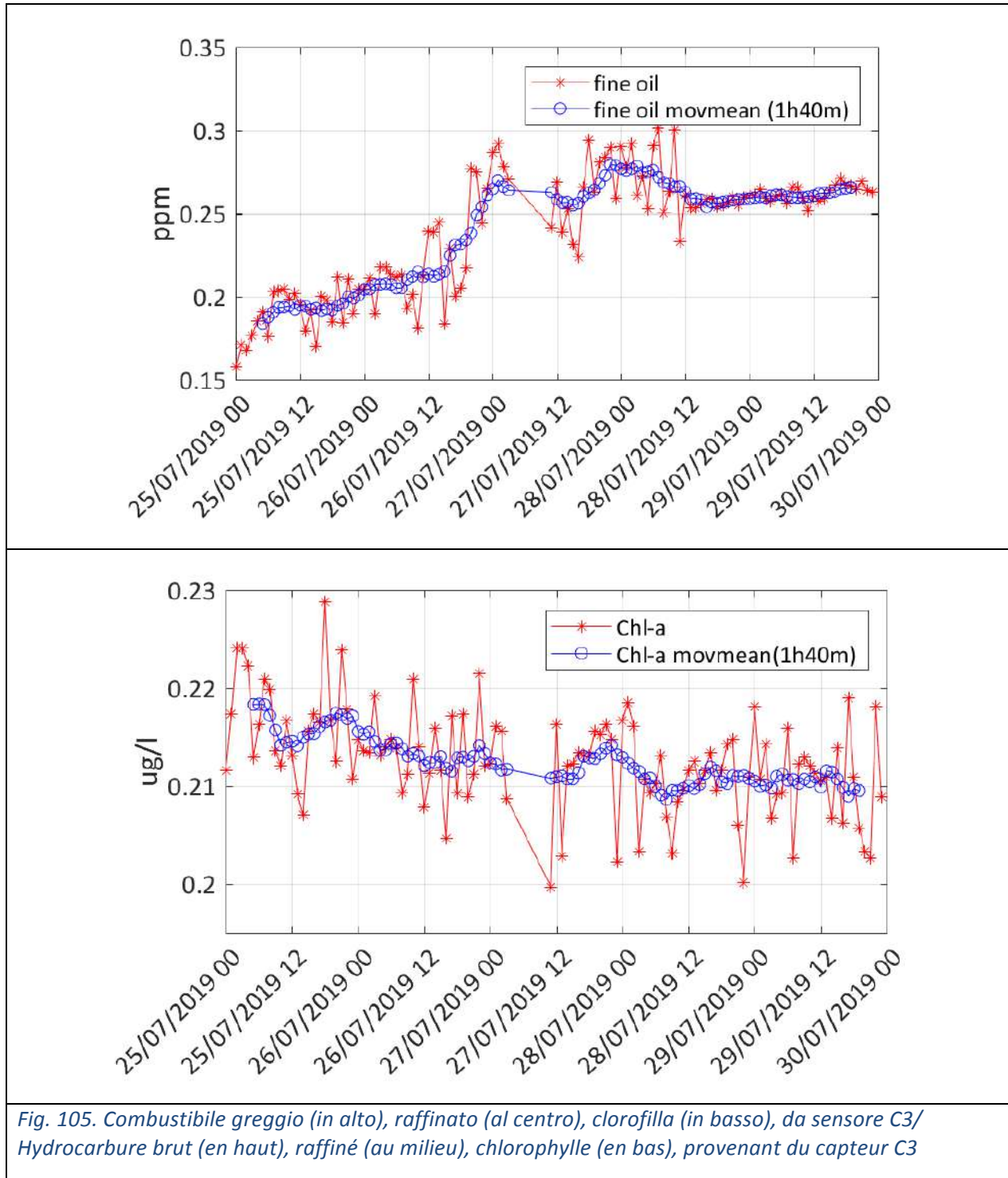


Fig. 105. Combustibile greggio (in alto), raffinato (al centro), clorofilla (in basso), da sensore C3/ Hydrocarbure brut (en haut), raffiné (au milieu), chlorophylle (en bas), provenant du capteur C3



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Contributo di Fondazione CIMA

3 Campagne di misura a cura di Fondazione CIMA/ Campagnes de mesure de Fondazione CIMA

Per la definizione di mappe di vulnerabilità ambientale e di rischio ambientale relativamente all'aria del Santuario Pelagos, sono necessari dataset riguardanti la presenza di cetacei in concomitanza con aree ad elevata intensità di traffico marittimo. La sintesi e le valutazioni di eventuali dataset disponibili a tale scopo è presentata nel report T1.2.1, unitamente alla descrizione del dataset in possesso di Fondazione CIMA. Dalla *gap analysis* effettuata sul dataset disponibile, è emersa la necessità di integrare i dati disponibili attraverso ulteriori campagne di raccolta dati, effettuate nell'ambito del progetto SICOMARPLUS. Tali campagne vengono effettuate allo scopo di:

- Costituire un dataset sufficiente per la stagione invernale (novembre - febbraio)
- Incrementare il dataset estivo in alcune aree scarsamente campionate.

La metodologia riguardante la raccolta dati sul campo è descritta nel report T1.2.1.

Di seguito si riportano la metodologia riguardante il post-processing dei dati ed i primi risultati, riguardanti sia il dataset pre-esistente sia i dati raccolti a partire da novembre 2018 (*in progress*)



Pour la réalisation de cartes de vulnérabilité environnementale et des risques environnementaux liés à l'aire du Sanctuaire Pelagos, il est nécessaire de superposer les jeux de données concernant la présence de cétacés avec les zones à forte intensité de trafic maritime. La synthèse et l'analyse de ces jeux de données sont présentées dans le rapport T1.2.1, ainsi que la description du jeu de données détenu par la Fondation CIMA. A partir d'une analyse des lacunes réalisée sur le jeu de données disponible, il est apparu la nécessité d'intégrer des données, disponibles grâce à de nouvelles



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

campagnes de collecte de données, menées dans le cadre du projet SICOMARPLUS. Ces campagnes sont menées dans le but de:

- *Créer un jeu de données suffisant pour la saison d'hiver (novembre - février),*
- *Augmenter le jeu de données d'été dans certaines zones peu échantillonnées.*

La méthodologie relative à la collecte des données sur le terrain est décrite dans le rapport T1.2.1. La méthodologie concernant le traitement des données et les premiers résultats, à la fois pour le jeu de données préexistant et pour les données collectées à partir de novembre 2018 (en cours) sont décrits ci-dessous.

3.1 Materiali e Metodi / Matériel et méthodes

I dati raccolti durante ciascun survey, definito come singolo viaggio da porto a porto – equivalente ad un viaggio di andata o ritorno lungo una rotta - vengono organizzati in un database PostgreSQL. I dati vengono suddivisi in tabelle relazionali; la tabella principale è quella che contiene le coordinate GPS di tutte le rotte, unitamente al tempo, la velocità e la direzione. Il resto delle informazioni viene suddiviso nelle due seguenti tabelle: Meteo, contenente le informazioni riguardo alle condizioni meteo marine e Osservazioni, contenente i dati relativi agli avvistamenti di cetacei.

Lo sforzo di campionamento, che permette di distinguere le aree effettivamente campionate, viene definito separatamente per le due specie oggetto dello studio. Per la balenottera comune, viene posto come limite massimo il valore 4 (incluso) della scala Douglas di altezza dell'onda, in quanto è verificato che al di sotto di questo valore, le condizioni meteo non influenzano la capacità degli osservatori di avvistare la specie (Cominelli, 2016). Per quanto riguarda il capodoglio, data la presenza meno cospicua della specie in superficie, si è deciso di applicare un valore più restrittivo,. Per tanto solo le aree campionate in condizioni meteo uguali o inferiori al valore di 3 sono state ritenute per le successive analisi.

I transetti effettivamente campionati e gli avvistamenti vengono importati in un software GIS (QGIS) per l'analisi spaziale. La procedura di seguito descritta viene applicata singolarmente a ciascun survey e separatamente per le due specie in oggetto.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Al fine di realizzare mappe che siano conformi a quanto richiesto dalla direttiva INSPIRE (“D2.8.III.19 INSPIRE Data Specification on Species Distribution – Technical Guidelines” 2013), le stesse vengono realizzate utilizzando le griglie di riferimento fornite alla Agenzia Europea dell’Ambiente (EEA). L’EEA fornisce griglie a diversa risoluzione, la più fine delle quali ha risoluzione di 1km^2 . Ciascuna cella della griglia rappresenta l’unità statistica di base per le successive analisi. Il dataset necessario per la costruzione di mappe di vulnerabilità e di rischio è un dataset definito di presenza/assenza della specie: è quindi necessario distinguere, all’interno della griglia, le celle considerate valide per la presenza della specie (in genere le celle in cui è stato registrato un avvistamento) dalle celle in cui la specie è considerata assente (le celle in cui è avvenuto il campionamento effettivo, ma la specie non è stata avvistata).

Tenendo conto della distanza media a cui vengono registrati gli avvistamenti, viene applicato un buffer di 2km sia alla rotta effettuata dalla nave, sia a ciascun avvistamento. Il buffer permette sia di definire l’area effettivamente campionata, sia di tenere conto della mobilità delle specie (Tepsich, 2015).

A questo punto, viene applicata una serie di filtri, volti a minimizzare possibili *bias* presenti nel dataset. Il primo filtro consiste nella definizione di celle campionate: vengono ritenute valide solo le celle coperte per almeno il 20% della superficie totale (0.2km^2) dal buffer dell’area campionata. A tutte queste celle viene associato il valore di 1 UE (Unit Effort). Utilizzando lo stesso valore soglia, vengono ritenute come 1 US (Unit Sighting) solo le celle coperte per almeno il 20% da un buffer di un punto di avvistamento. Al fine di evitare celle ritenute come US ma non come UE, viene automaticamente associato a ciascuna cella US anche il valore di 1UE.

Tutte le celle aventi un valore di almeno 1UE vengono successivamente trasferite su una griglia di risoluzione 5km. Questo passaggio viene effettuato perché una risoluzione troppo fine, sebbene maggiormente accurata ai fini delle analisi, non risulta fruibile al fine di identificare azioni di conservazione per la specie. Sulla nuova griglia viene imposto un ulteriore filtro: vengono considerate campionate solo le celle contenenti almeno 6UEs (equivalenti ad $\frac{1}{4}$ dell’intera superficie della cella che è di 25km^2) o almeno 1US. A questo punto, tutte le celle da 25km^2 ritenute dopo questo filtro vengono associate ad un valore di campionamento di 1UE e tutte le celle contenenti almeno 1US anche ad un valore di 1US.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Per la produzione della griglia annuali (una per la stagione estiva ed una per la stagione invernale) le griglie definite per ciascun survey vengono sommate, al fine di calcolare per ciascuna cella il numero totale di UEs e di USs. Dalle griglie annuali, vengono eliminate tutte le celle che abbiano un valore di UE = 1 e un valore di US ≤ 1 in quanto considerate poco rappresentative ai fini delle analisi.

Sulle griglie annuali così ottenute viene calcolata la SPUE (sighting per unit effort) in modo da ponderare le celle considerate per la presenza delle specie in base al campionamento effettivo delle stesse. La SPUE è calcolata per ciascuna cella i secondo la seguente formula :

$$[SPUE]_i = \sum US_i / \sum UE_i$$

Infine, le SPUE vengono normalizzate in base al valore massimo di SPUE ottenuto per specie, per anno, per la tratta a cui appartiene la cella.



Les données collectées lors de chaque trajet, défini comme un seul voyage de port à port - équivalent à un aller-retour sur une route - sont organisées dans une base de données PostgreSQL. Les données sont divisées en tableaux relationnels; le tableau principal est celui qui contient les coordonnées GPS de tous les itinéraires, ainsi que l'heure, la vitesse et la direction. Le reste des informations est divisé dans les deux tableaux suivants: Météo, contenant les informations sur les conditions météorologiques marines et les Observations, contenant des données relatives aux observations de cétacés.

L'effort d'échantillonnage, qui permet de distinguer les zones réellement échantillonnées, est défini séparément pour les deux espèces étudiées. Pour le rorqual commun, une hauteur de vague égale à 4 sur l'échelle de Douglas est fixée comme limite maximale, car il est vérifié qu'en dessous de cette valeur, les conditions météorologiques n'affectent pas la capacité des observateurs à repérer l'espèce ((Cominelli et al. 2016). Quant au cachalot, étant donné la présence moins visible de l'espèce en surface, il a été décidé d'appliquer une valeur plus restrictive. Par conséquent, seules les zones échantillonnées dans des conditions météorologiques égales ou inférieures à la valeur de 3 ont été prises en compte pour les analyses ultérieures.



Interreg



SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Les trajets effectivement échantillonnés et les observations sont importés dans un logiciel SIG (QGIS) pour l'analyse spatiale. La procédure décrite ci-dessous est appliquée individuellement à chaque trajet et séparément pour les deux espèces en question.

Afin de créer des cartes conformes aux exigences de la directive INSPIRE ("D2.8.III.19 INSPIRE Data Specification on Species Distribution – Technical Guidelines" 2013), elles sont réalisées à l'aide des grilles de référence fournies par l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE). L'AEE fournit des grilles de résolutions différentes, dont la plus fine a une résolution de 1 km². Chaque cellule de la grille représente l'unité statistique de base pour les analyses ultérieures. Le jeu de données nécessaire à la construction des cartes de vulnérabilité et de risque est un jeu de données défini par la présence / absence de l'espèce: il est donc nécessaire de distinguer, au sein de la grille, les cellules considérées comme valides pour la présence de l'espèce (généralement les cellules dans lesquelles une observation a été enregistrée) des cellules dans lesquelles l'espèce est considérée comme absente (les cellules dans lesquelles l'échantillonnage a eu lieu, mais l'espèce n'a pas été observée).

Compte tenu de la distance moyenne à laquelle les observations sont enregistrées, un tampon de 2 km est appliqué à la fois à la route empruntée par le navire et à chaque observation. Le tampon permet à la fois de définir la zone réellement échantillonnée et de prendre en compte la mobilité de l'espèce (Tepsich et al. 2014).

A partir de là, une série de filtres est appliquée, visant à minimiser les possibles biais présents dans le jeu de données. Le premier filtre consiste à définir les cellules échantillonnées ; il s'agit uniquement des cellules couvertes sur au moins 20% de leur superficie totale (0,2 km²) par le tampon de la zone échantillonnée. Une valeur de 1 UE (Unit Effort) est associée à chacune de ces cellules. En utilisant la même valeur seuil, seules les cellules couvertes sur au moins 20% par le tampon de la position d'une observation sont considérées comme 1 US (Unit Sighting). Afin d'éviter d'avoir des cellules considérées comme US mais pas comme UE, la valeur de 1UE est automatiquement associée à chaque cellule US.

Toutes les cellules associées à une valeur d'au moins 1UE sont ensuite transférées vers une grille de résolution de 5 km. Cette conversion est effectuée car une résolution trop fine, bien que plus précise à des fins d'analyse, n'est pas adaptée pour identifier les actions de conservation de l'espèce. Un filtre supplémentaire est imposé sur la nouvelle grille: seules les cellules contenant au moins 6UEs (équivalent à 1/4 de la surface totale de la cellule qui est de 25 km²) ou au moins 1US sont considérées comme échantillonnées. À ce stade, toutes les cellules de 25 km² conservées après ce filtre sont



associatees à une valeur d'échantillonnage de 1UE et toutes les cellules contenant au moins 1US également à une valeur de 1US.

Pour la production de la grille annuelle (une pour la saison estivale et une pour la saison hivernale), les grilles réalisées pour chaque trajet sont additionnées, afin de calculer le nombre total d'UE et d'US pour chaque cellule de 5km. À partir des grilles annuelles, toutes les cellules qui ont une valeur de UE = 1 et une valeur de US <= 1 sont éliminées car elles sont considérées comme peu représentatives à des fins d'analyse.

Sur les grilles annuelles ainsi obtenues, le SPUE (sightings per unit effort) est calculé afin de pondérer les cellules considérées pour la présence des espèces en fonction de leur échantillonnage réel. Le SPUE est calculé pour chaque cellule i selon la formule suivante:

$$[SPUE]_i = \sum US_i / \sum UE_i$$

Enfin, les SPUE sont normalisés sur la base de la valeur maximale de SPUE obtenue par espèce, par an, pour la route à laquelle appartient la cellule.

3.2 Risultati / Résultats

La metodologia sopra descritta è stata applicata al dataset già in possesso di Fondazione CIMA, al fine di valutarne l'efficacia. Nei prossimi mesi, si aggiorneranno i risultati includendo anche i dati raccolti dalle nuove campagne realizzate durante il progetto.

Sono state prodotte 20 griglie annuali, 10 per ciascuna specie. Nella tabella seguente si riportano, per ciascun anno, il numero di survey ed il numero di avvistamenti utilizzati per la creazione della griglia, le celle da 5km ritenute campionate ed il numero di celle da 5km con SPUE>0, separatamente per le due specie.

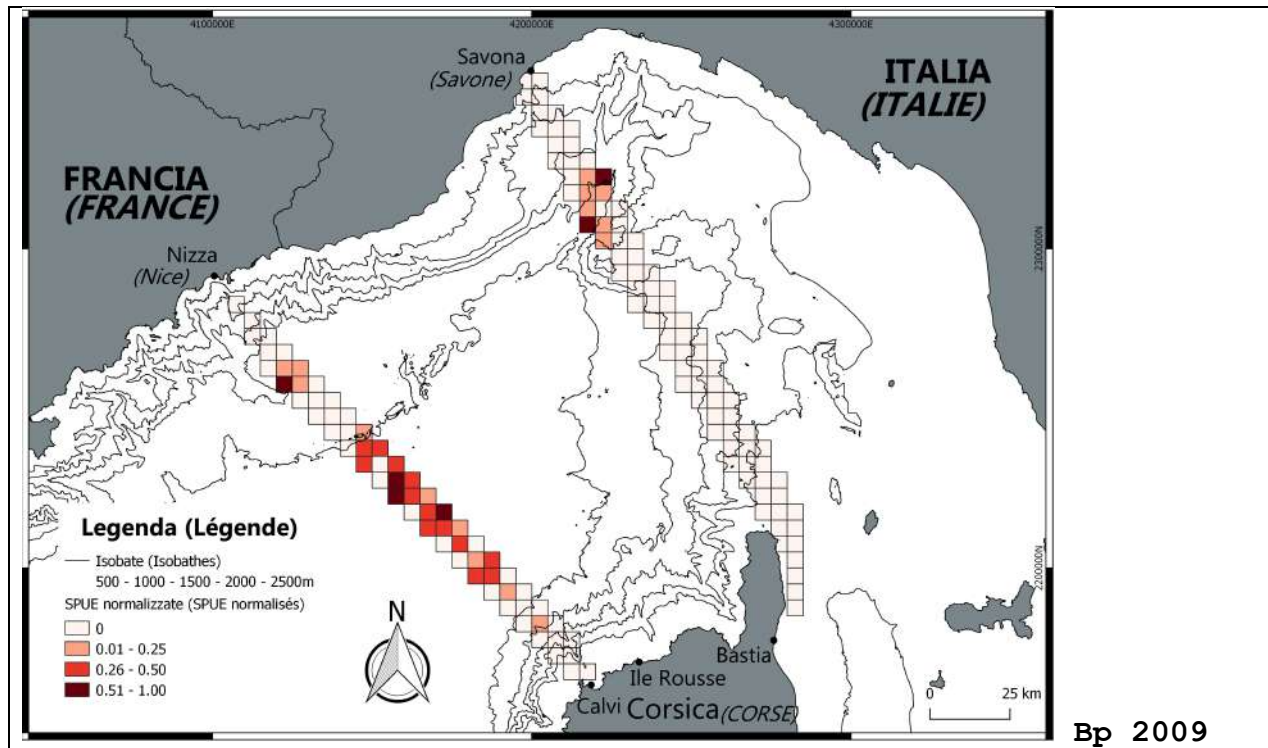
Table 17. Tabella riassuntiva del dataset ottenuto per le carte di vulnerabilità e di rischio / Tableau récapitulatif de l'ensemble de données obtenu pour les cartes de vulnérabilité et de risque

N °Survey / N Trajets		N avvistamenti / N Observations		N celle campionate / N cellule échantillonnées		N celle SPUE >0 / N cellules SPUE > 0	
Bp	Pc	Bp	Pc	Bp	Pc	Bp	Pc



2009	58	56	26	10	149	148	34	20
2010	72	72	151	10	166	163	103	17
2011	65	65	90	8	146	143	60	17
2012	62	61	225	31	152	141	110	51
2013	74	74	331	13	241	222	169	32
2014	60	60	17	12	222	219	35	24
2015	59	59	193	17	256	249	145	30
2016	45	45	49	11	167	159	62	19
2017	38	36	78	14	172	164	88	28
2018	25	25	59	2	195	194	70	3

Di seguito si riportano le mappe ottenute (Fig. 106)





Interreg

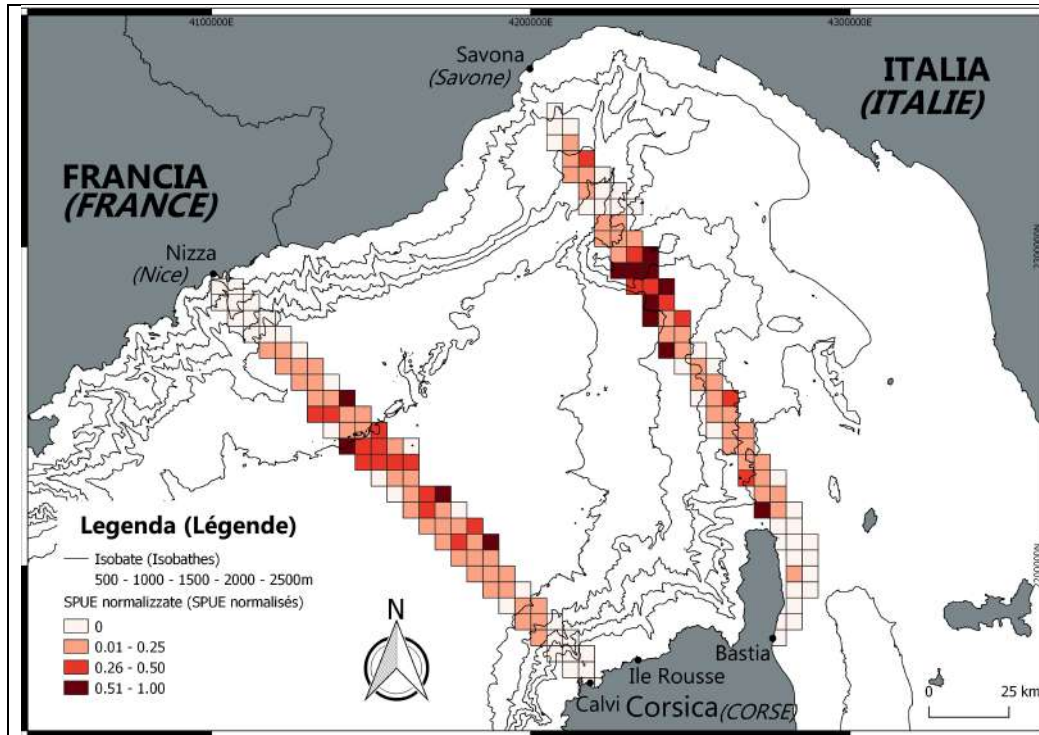


UNIONE EUROPEA

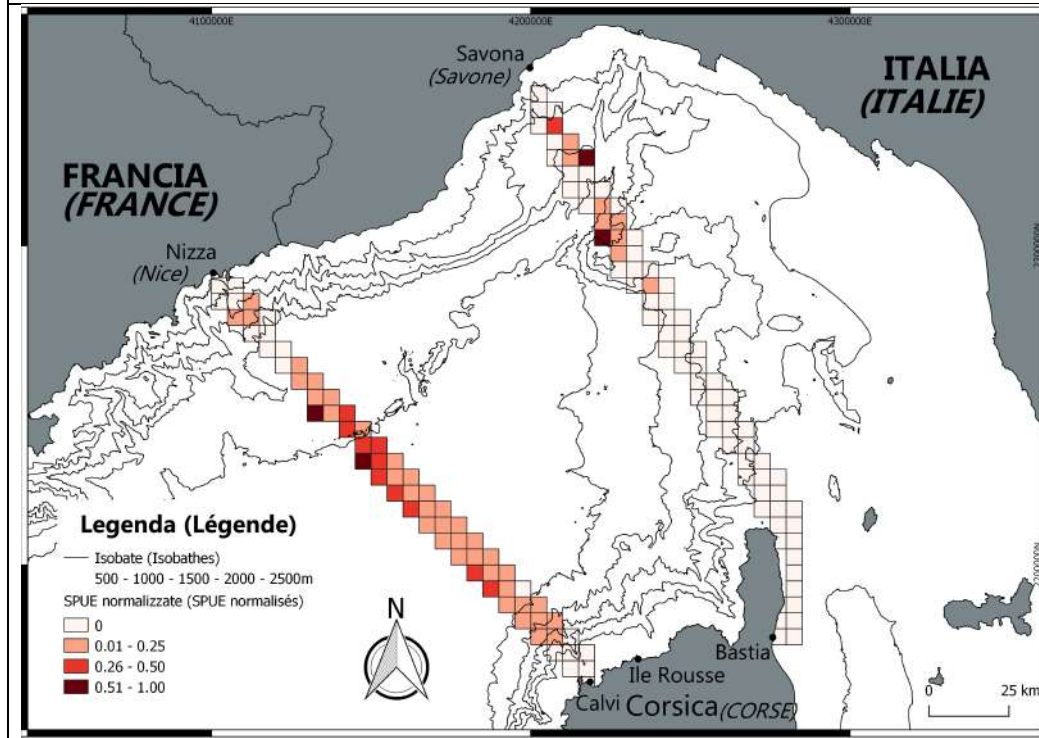


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

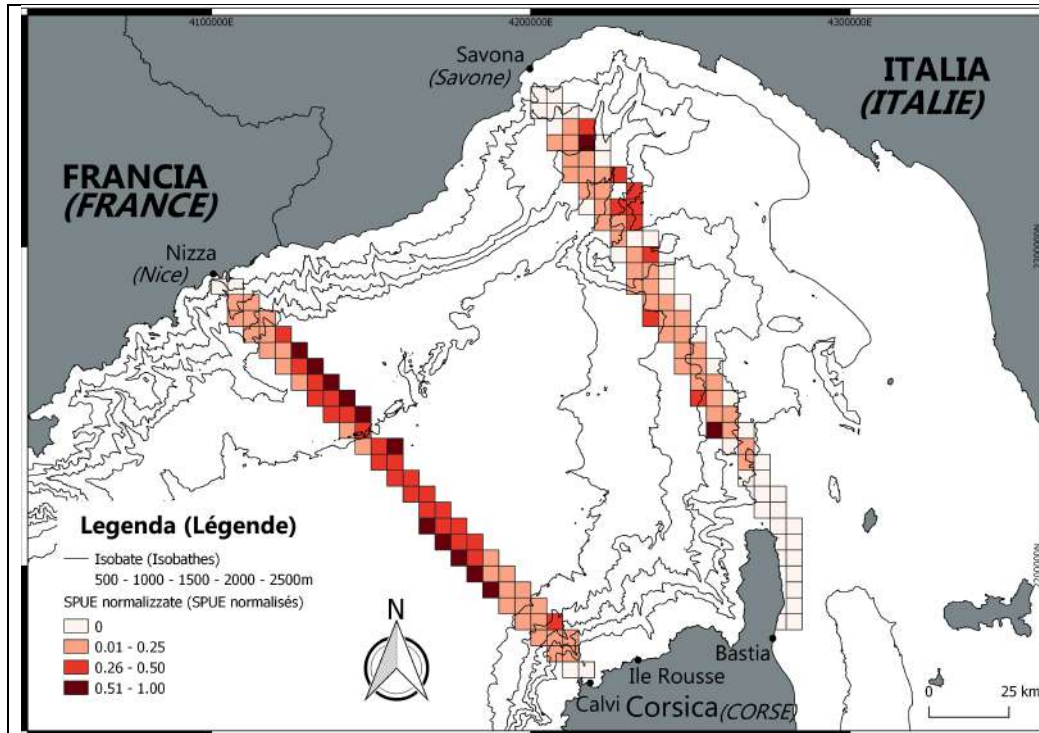
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



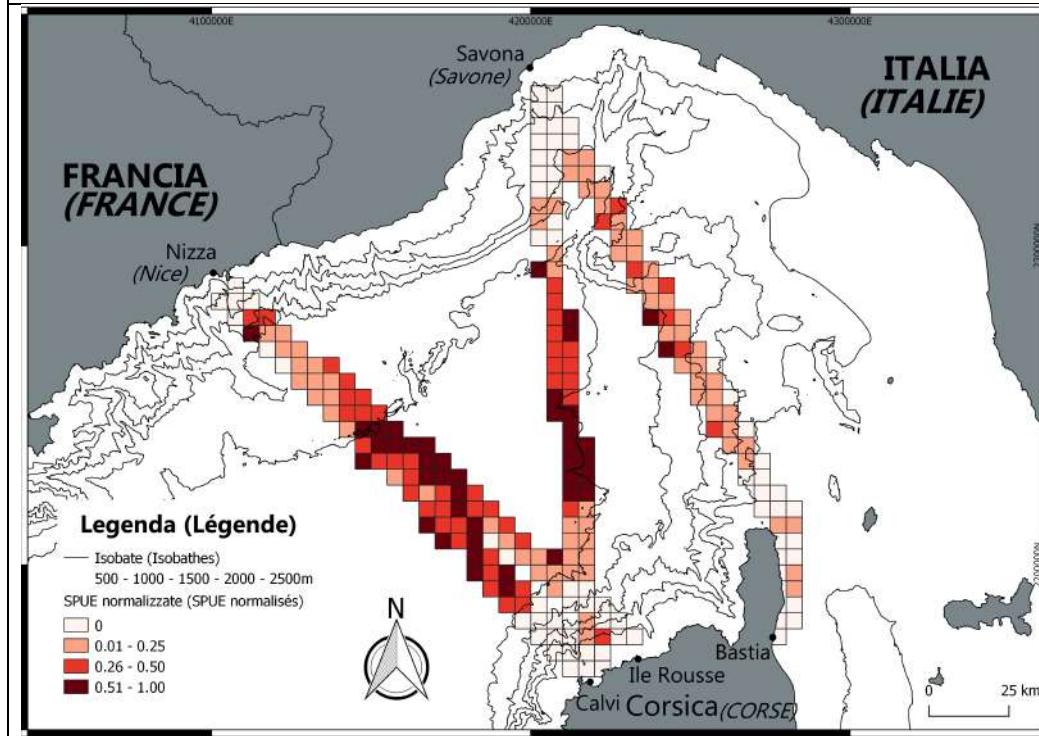
Bp 2010



Bp 2011



Bp 2012



Bp 2013

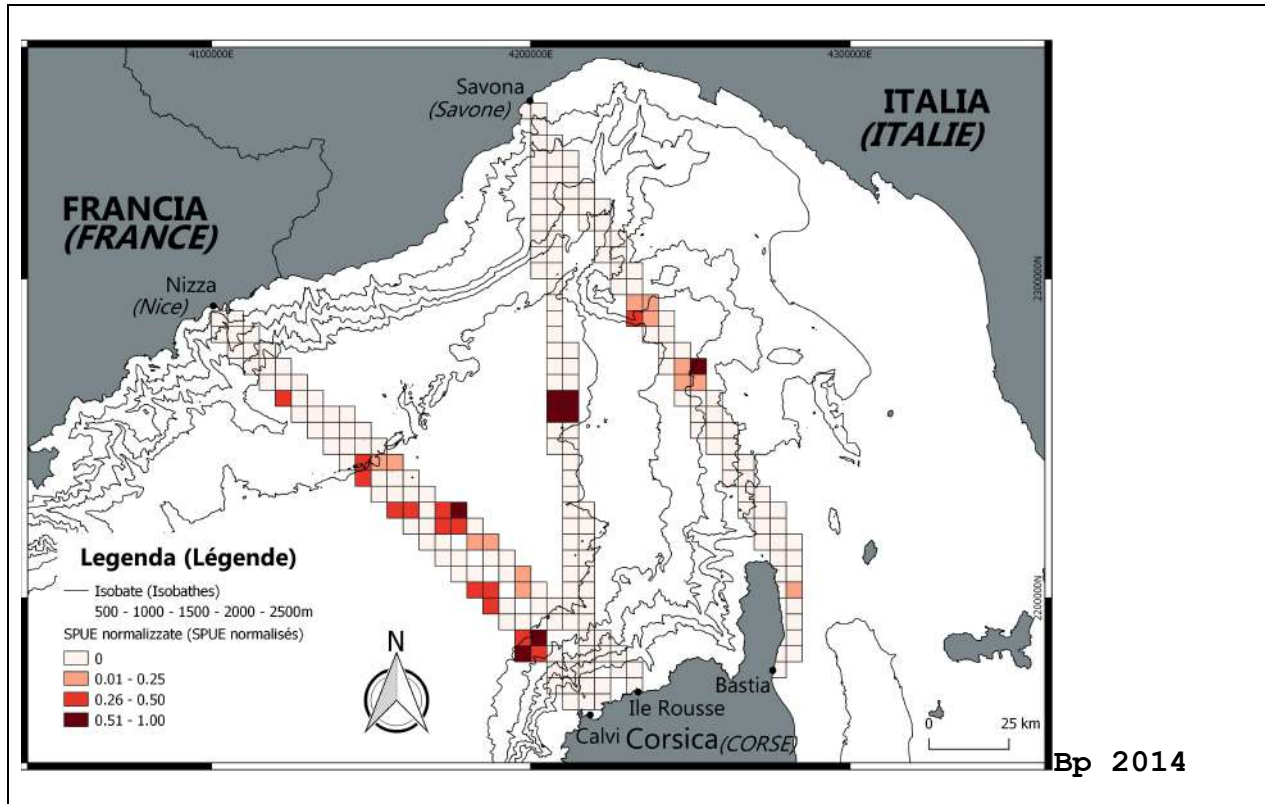


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale





Interreg

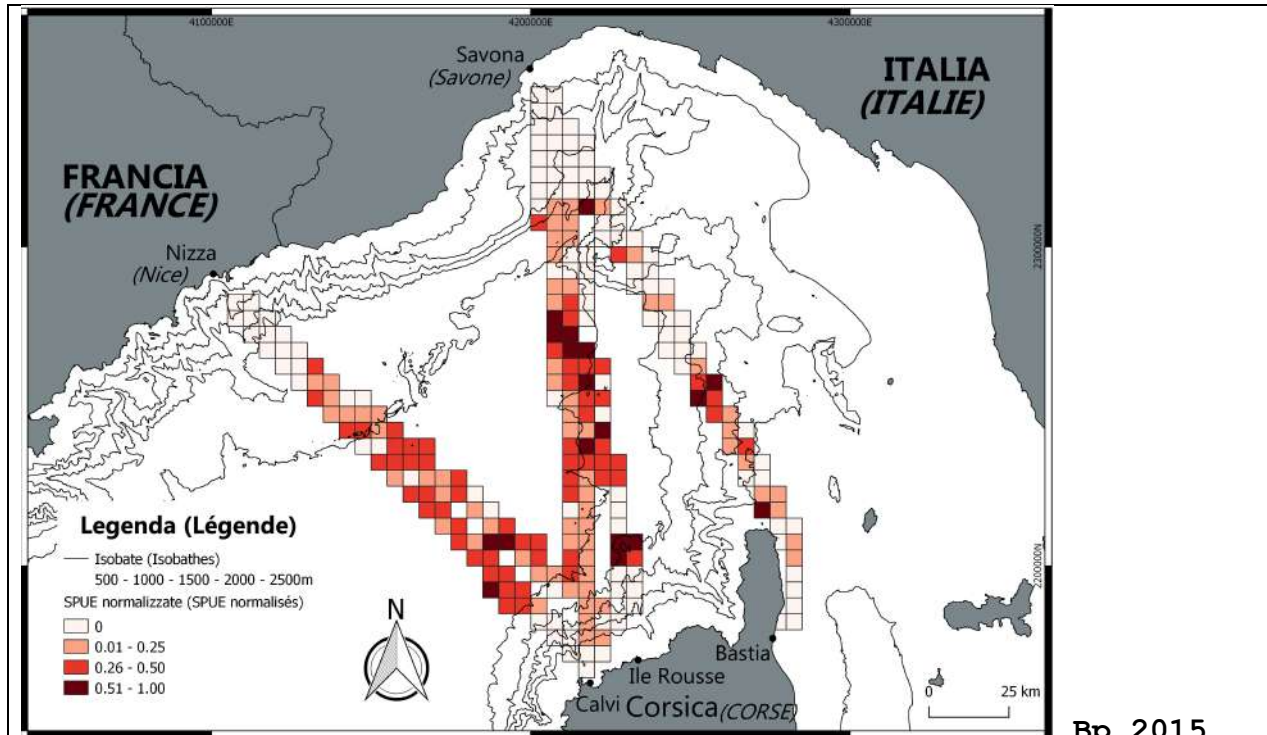


UNIONE EUROPEA

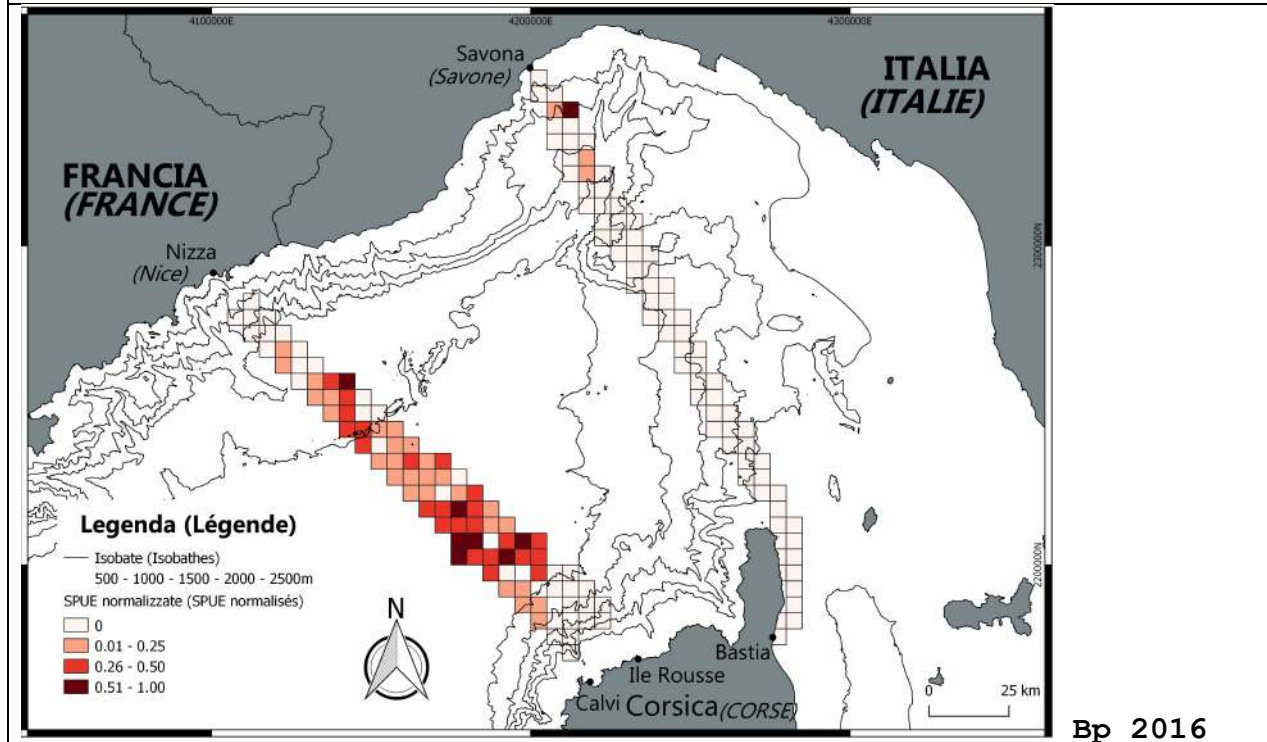


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Bp 2015



Bp 2016

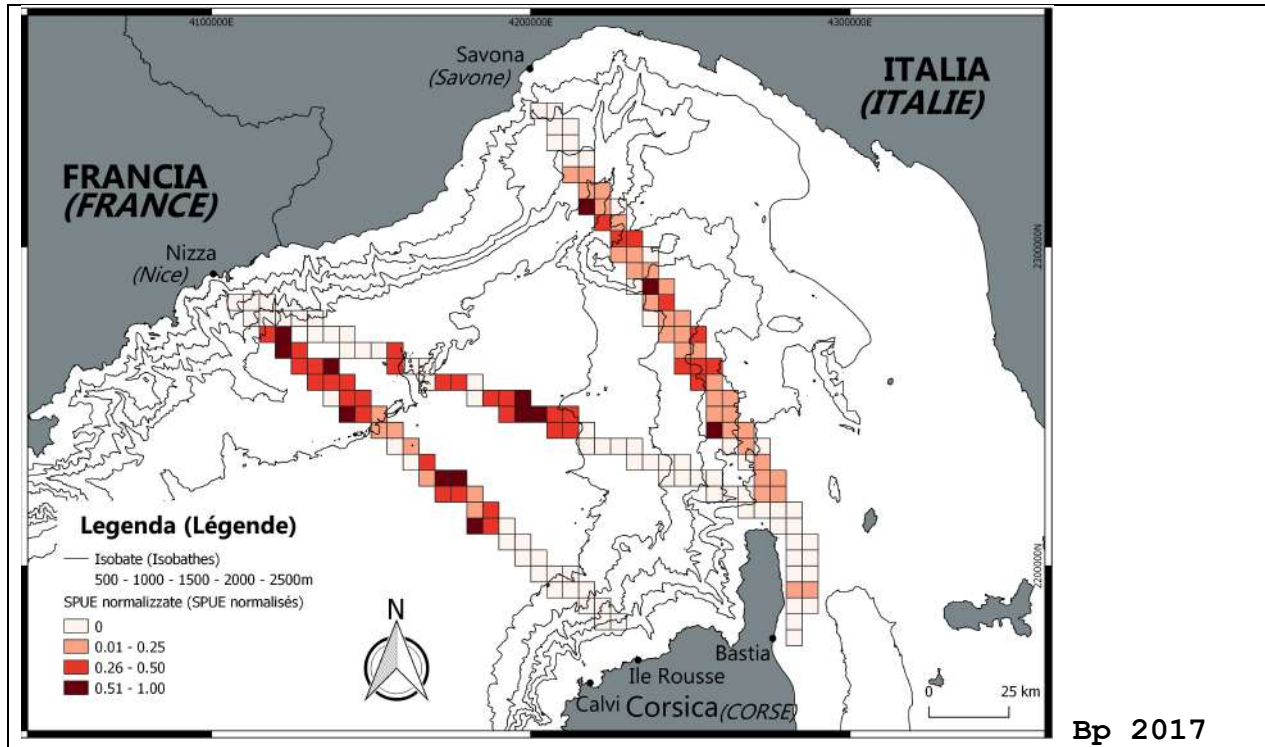


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



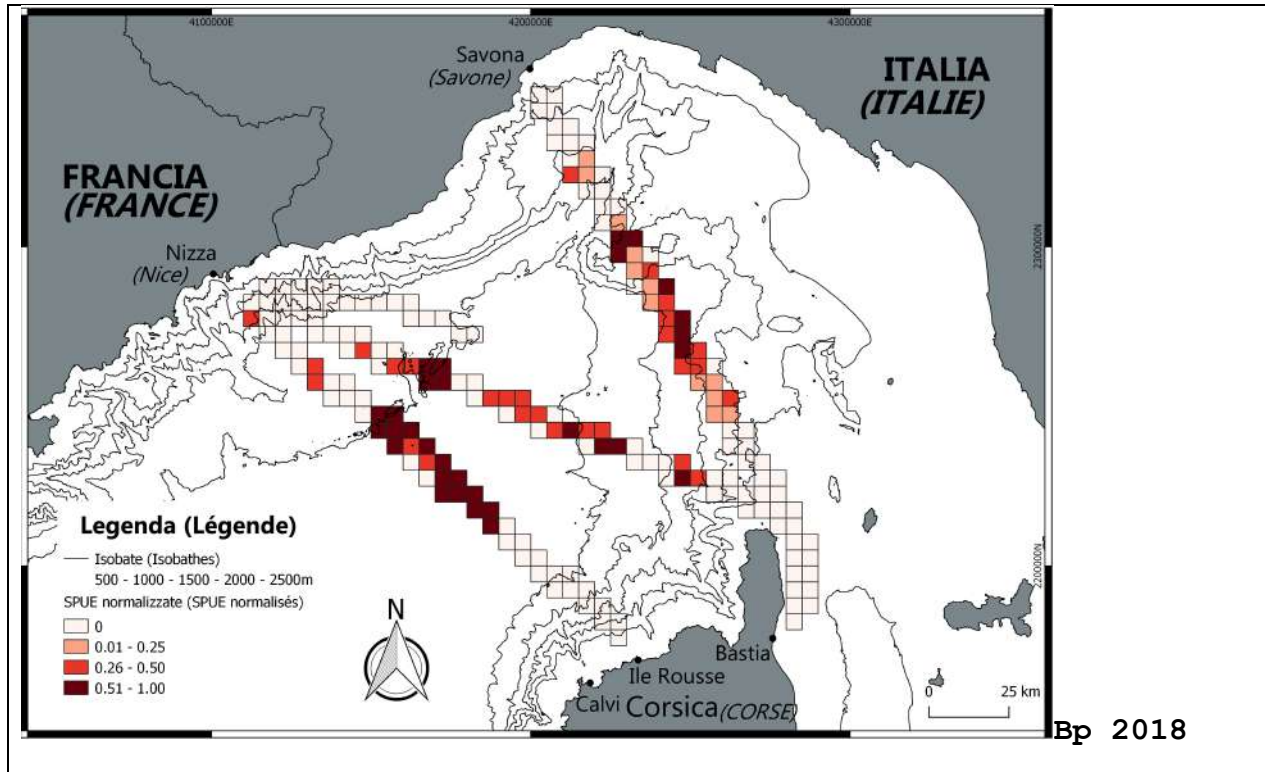


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



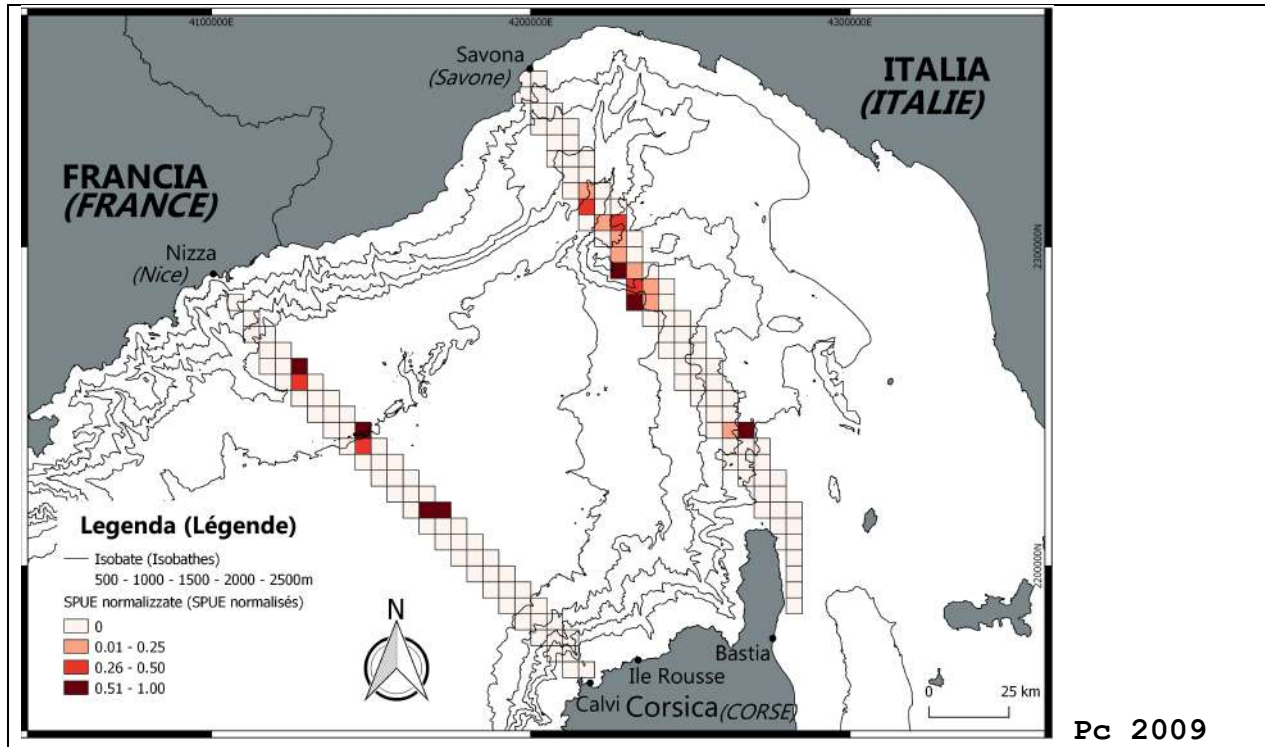


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



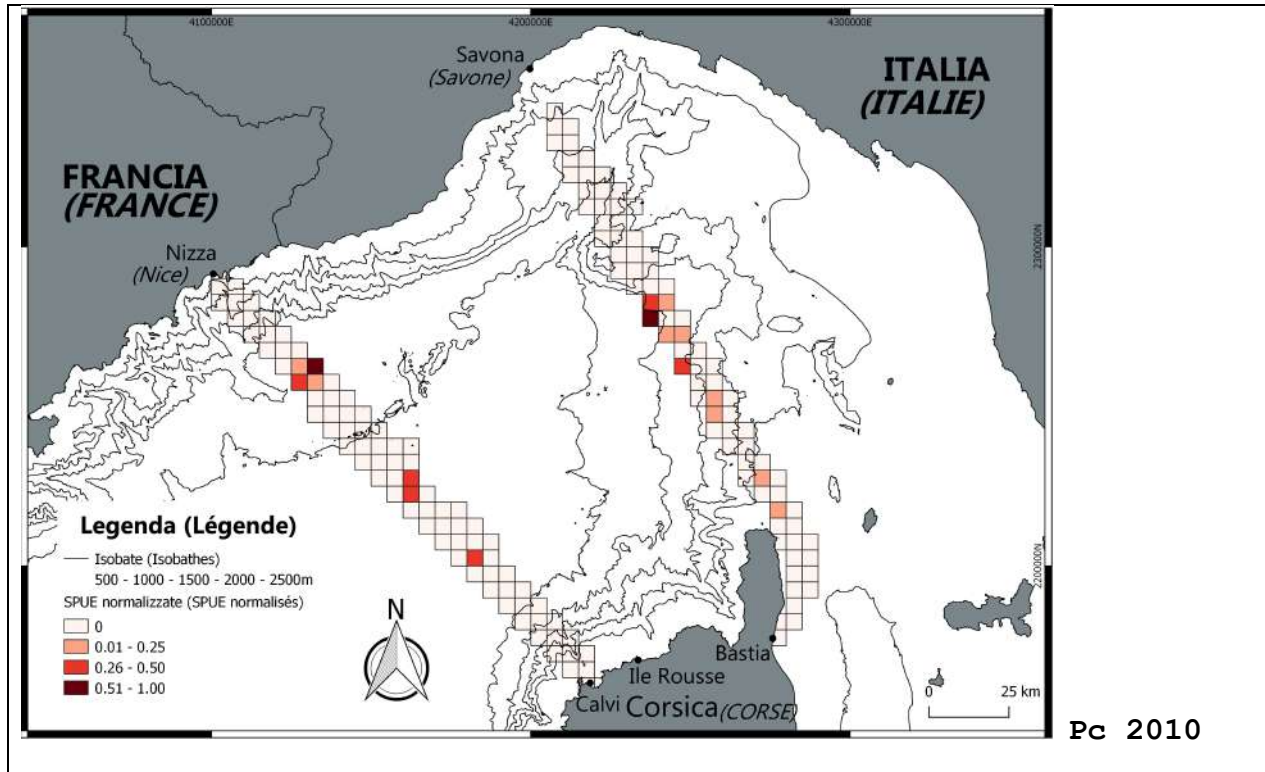


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



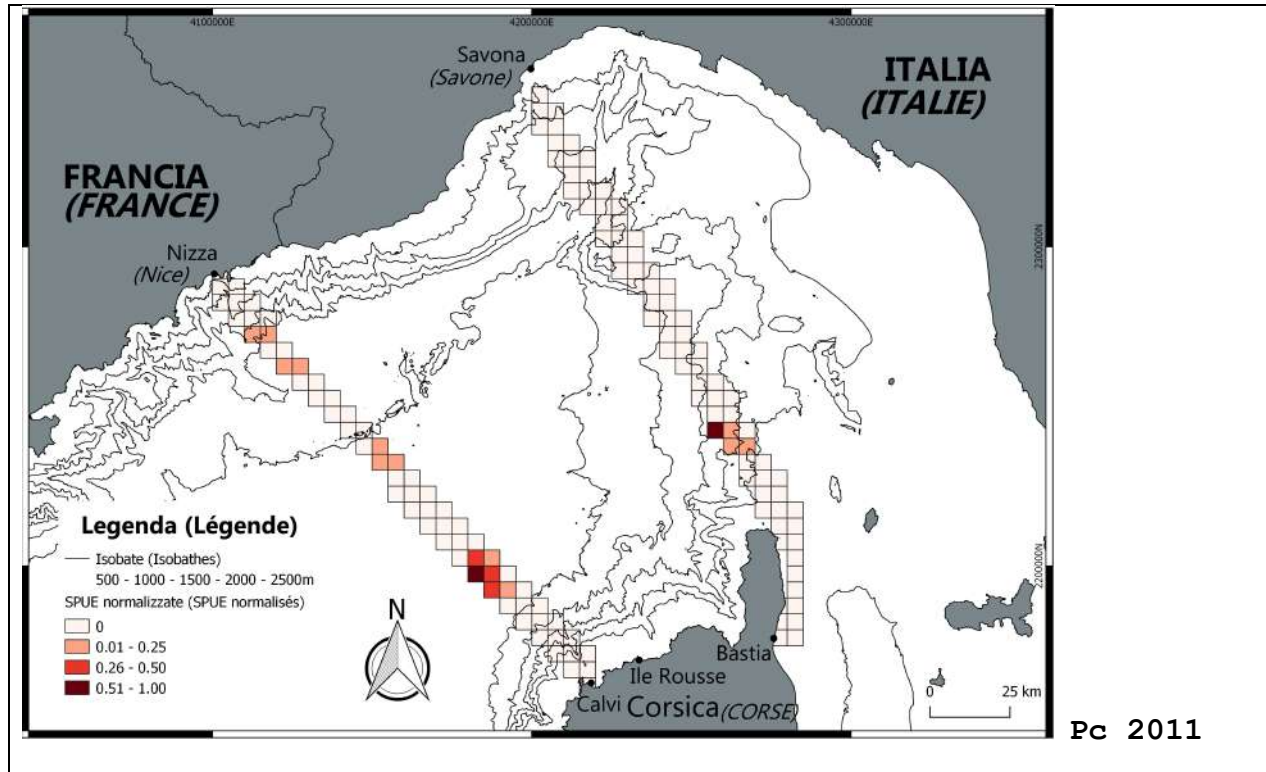


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



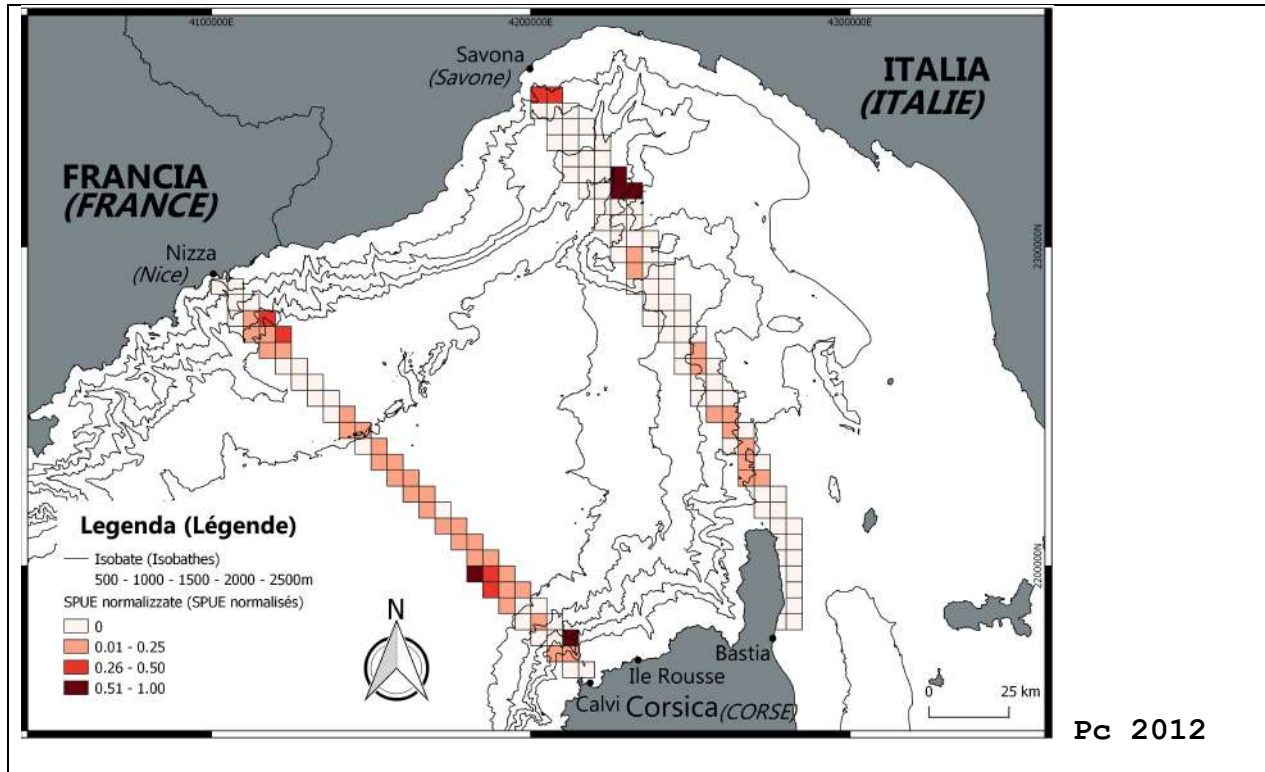


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



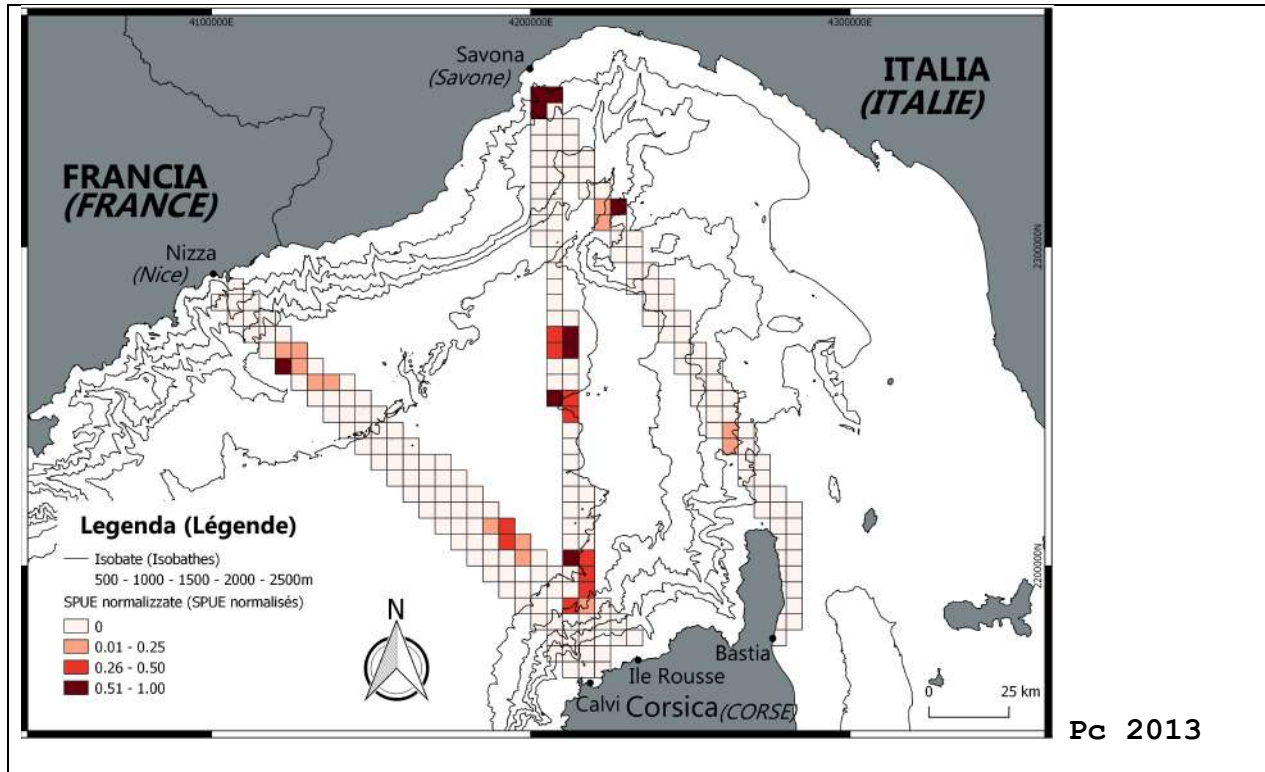


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



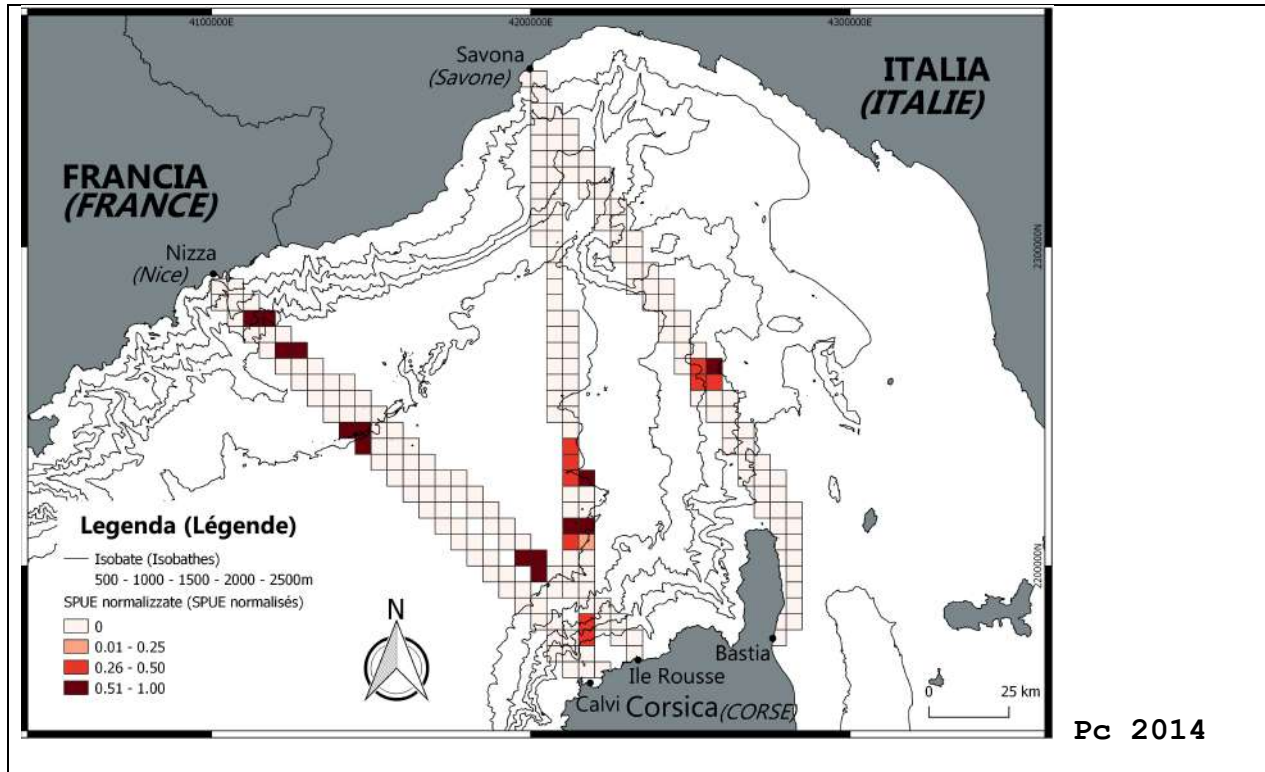


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



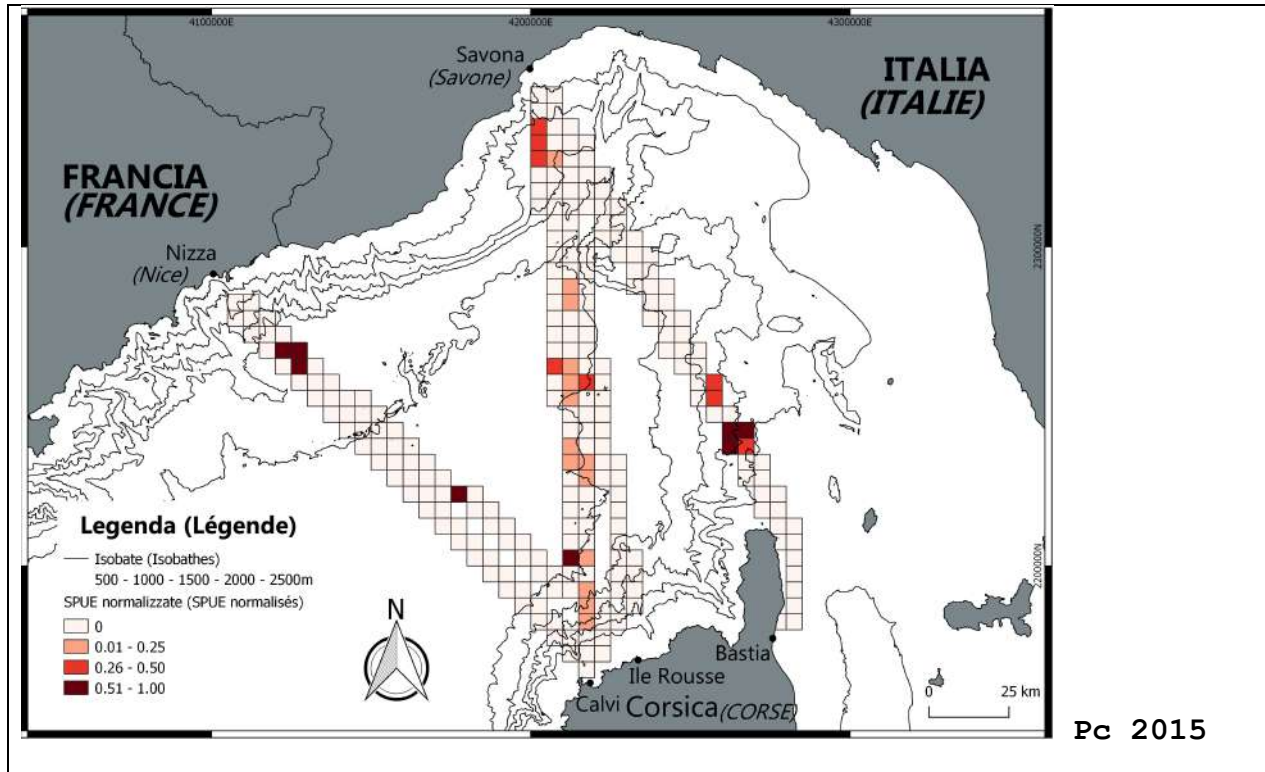


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



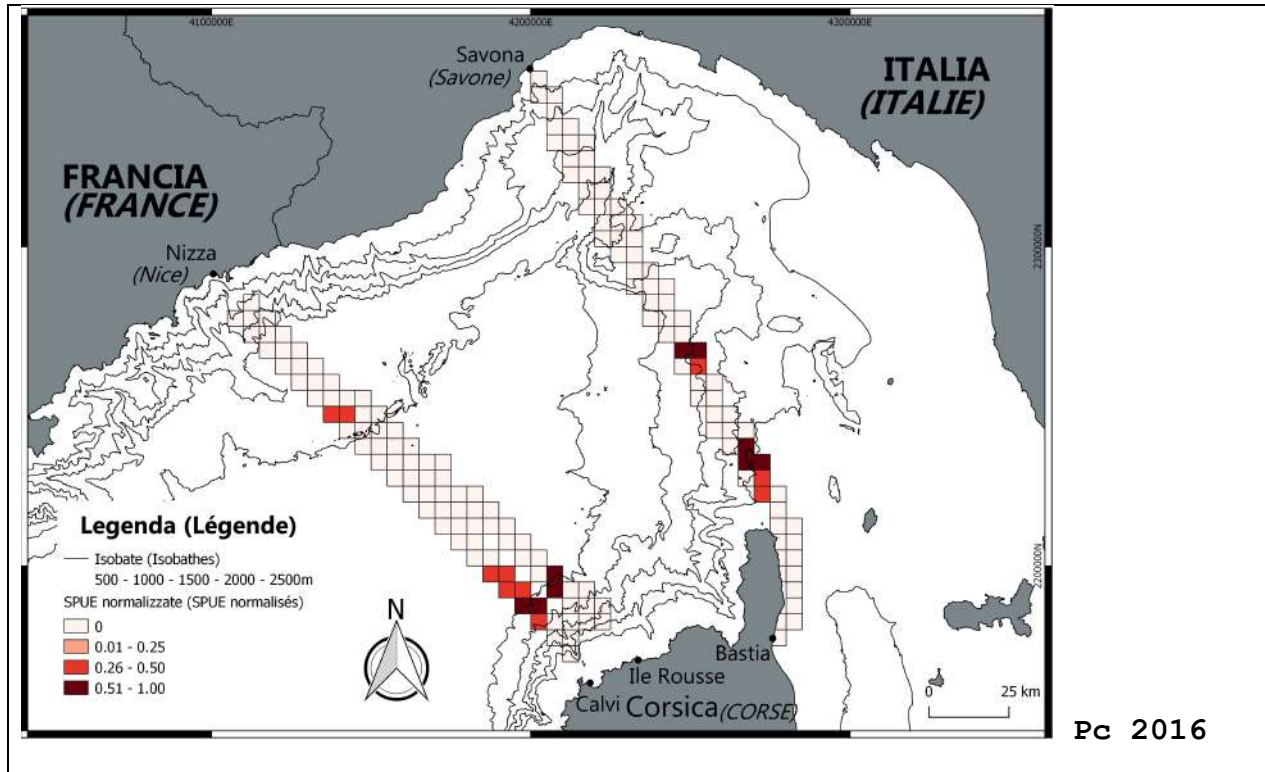


Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



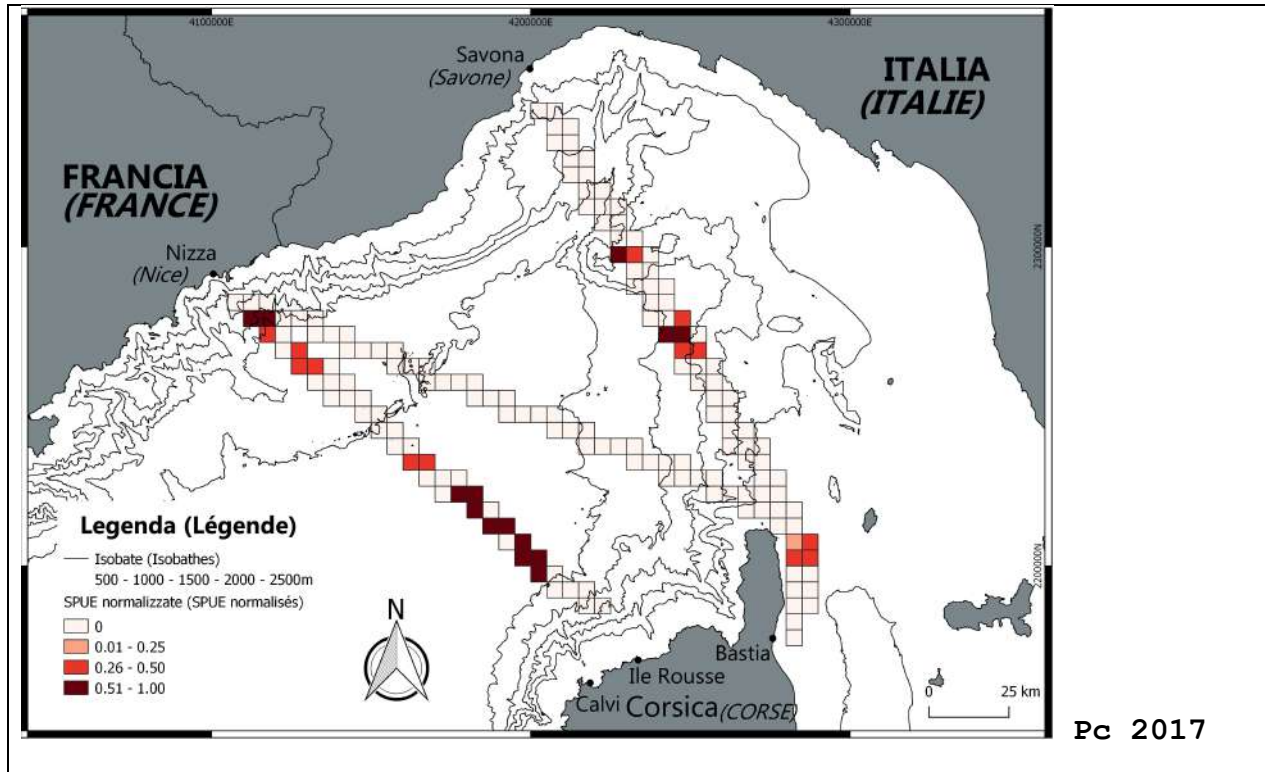


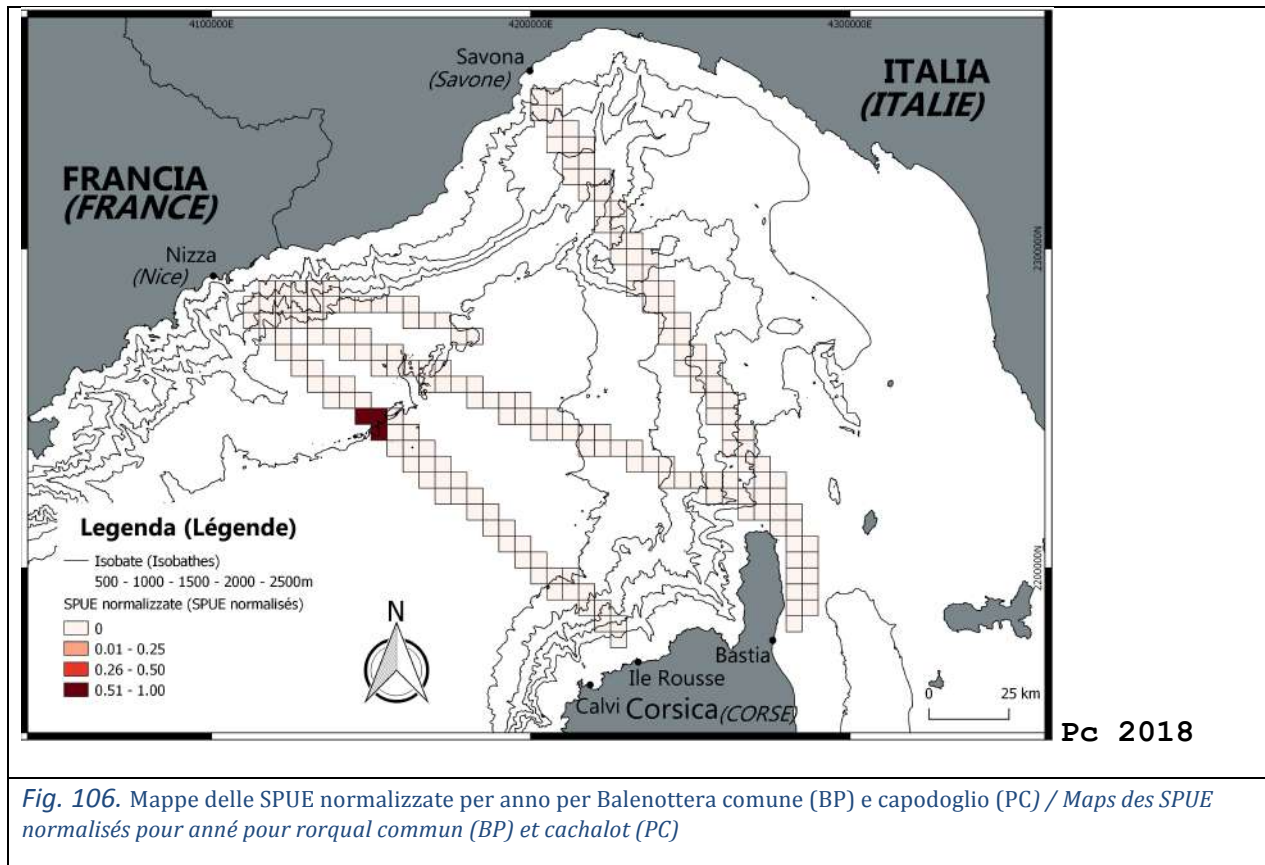
Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale





La metodologia messa a punto ha permesso la creazione di mappe annuali efficaci per la definizione di mappe di vulnerabilità della specie.

Nei prossimi mesi verranno prodotte le mappe relative alle stagioni estive 2019 (dati ancora in post-processing) e 2020 (la campagna verrà effettuata a partire da maggio 2020).

A partire dalle mappe annuali verranno infatti create due diverse mappature (separatamente per specie e per stagione per un totale di 8 mappe):

- Mappa degli hotspot di presenza delle specie all'interno dei principali corridoi di traffico marittimo. Queste mappe saranno ottenute a partire dalla definizione degli hotspot annuale e dall'analisi della loro persistenza (4 mappe di rischio)
- Mappa di presenza potenziale della specie. Le mappe annuali verranno utilizzate per la costruzione di modelli di presenza tramite modelli GAM, estrapolando sull'intera area del



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Santuario Pelagos (4 mappe di vulnerabilità)



La méthode décrite ci-dessus a été appliquée au jeu de données déjà en possession de la Fondation CIMA, afin d'évaluer son efficacité. Au cours des prochains mois, les résultats seront mis à jour, en ajoutant les données collectées lors des nouvelles campagnes menées pendant le projet.

20 grilles annuelles ont été produites, 10 pour chaque espèce. Le tableau suivant montre, pour chaque année, le nombre de trajets et le nombre d'observations utilisés pour la création de la grille, les cellules de 5 km considérées comme échantillonnées et le nombre de cellules de 5 km avec un SPUE > 0, séparément pour les deux espèces.

Voici les cartes obtenues (Fig.106)

La méthodologie développée a permis la création de cartes annuelles efficaces pour la définition de cartes de vulnérabilité de l'espèce.

Au cours des prochains mois, les cartes des saisons d'été 2019 (données encore en post-traitement) et 2020 seront produites (la campagne sera réalisée à partir de mai 2020)

À partir des cartes annuelles, deux cartographies différentes seront créées (séparément par espèce et par saison pour un total de 8 cartes):

- Carte des hotspots de présence d'espèces dans les principaux corridors de trafic maritime. Ces cartes seront obtenues à partir de la définition des hotspots annuels et de l'analyse de leur persistance (4 cartes de risques),

- Carte de présence potentielle de l'espèce. Les cartes annuelles seront utilisées pour la construction de modèles de présence à l'aide de modèles GAM, permettant une extrapolation à toute la zone du Sanctuaire Pelagos (4 cartes de vulnérabilité).

Risultati preliminari stagione invernale / Résultats préliminaires pour la saison d'hiver



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

La campagna di raccolta dati invernale è iniziata il 9/11/2019 e si è conclusa il 31/3/2019. I monitoraggi sono stati effettuati lungo 3 tratte: Savona-Nizza; Nizza-Bastia e Nizza-Ile Rousse. In totale sono stati effettuati 52 monitoraggi per un totale di 6578 km campionati.

I monitoraggi hanno coinvolto principalmente due tratte Nizza-Ile Rousse e Nizza-Bastia. Si tratta delle due tratte che presentano caratteristiche ottimali per quanto riguarda le due specie principali oggetto dello studio.

E' stato inoltre possibile effettuare campionamento anche lungo una tratta costiera (Savona-Nizza).

Per quanto riguarda gli avvistamenti, sono stati registrati in tutto 142 avvistamenti di cetacei. La specie maggiormente avvistata è stata la balenottera comune, seguita da stenella, capodoglio, tursiope e zifio.

In Tabella 18 è riportato il dettaglio delle uscite effettuate: data, nome del traghetto utilizzato, ora di inizio e fine del campionamento, totale km campionati, numero di avvistamenti di balenottera e numero di avvistamenti di capodoglio.

**Interreg**

UNIONE EUROPEA

**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Table 18. Tabella riassuntiva dei dati raccolti durante la campagna invernale / Tableau récapitulatif des données collectées pendant la campagne d'hiver

DATA / DATE	TRAGHETTO / FERRY	TRATTA / ROUTE	ORA DI INIZIO / HEURE DE DÉBUT	ORA DI FINE / HEURE DE FIN	KM MONITORATI / KM SURVEILLÉ	AVV Bp / OBS Bp	AVV Pc / OBS Pc
09/11/2018	Mega Express	Savona-Nizza	14:34:39	16:18:50	85	0	1
10/11/2018	Mega Express	Nizza-Ile Rousse	09:14:37	13:22:32	162	3	0
10/11/2018	Mega Express	Ile Rousse-Nizza	14:54:23	17:20:48	93	2	0
11/11/2018	Mega Express	Bastia-Nizza	12:07:14	16:07:20	198	1	0
16/11/2018	Mega Express	Savona-Nizza	14:10:53	16:24:11	107	0	0
17/11/2018	Mega Express	Nizza-Ile Rousse	09:17:47	09:52:59	28	0	0
17/11/2018	Mega Express	Ile Rousse-Nizza	14:54:19	15:51:37	45	0	0
18/11/2018	Mega Express	Bastia-Nizza	12:43:32	15:20:59	136	0	0
23/11/2018	Mega Express	Savona-Nizza	14:05:11	16:20:50	109	0	1
24/11/2018	Mega Express	Nizza-Ile Rousse	09:16:23	13:07:53	153	0	0
24/11/2018	Mega Express	Ile Rousse-Nizza	15:01:15	17:01:48	79	0	0
25/11/2018	Mega Express	Bastia-Nizza	11:47:52	16:03:58	213	0	0
30/11/2018	Mega Express	Savona-Nizza	12:58:17	16:07:35	106	0	0
01/12/2018	Mega Express	Nizza-Ile Rousse	09:13:23	13:14:26	157	1	0
01/12/2018	Mega Express	Ile Rousse-Nizza	14:44:20	17:00:26	90	4	0
02/12/2018	Mega Express	Bastia-Nizza	11:46:43	16:04:28	216	0	0
14/12/2018	Mega Express	Savona-Nizza	14:25:20	16:16:59	95	0	0
15/12/2018	Mega Express	Nizza-Ile Rousse	09:27:05	13:07:35	150	0	0
15/12/2018	Mega Express	Ile Rousse-Nizza	14:57:47	16:54:17	80	0	0
16/12/2018	Mega Express	Bastia-Nizza	11:59:17	16:01:05	116	0	0
11/01/2019	Mega Express Two	Savona-Nizza	14:10:38	16:17:10	105	0	0
12/01/2019	Mega Express Two	Nizza-Ile Rousse	09:25:14	13:03:08	146	5	0
12/01/2019	Mega Express Two	Ile Rousse-Nizza	14:49:52	17:16:22	96	11	0
13/01/2019	Mega Express Two	Bastia-Nizza	11:50:01	16:11:07	164	1	0
18/01/2019	Mega Express	Savona-	14:11:35	16:14:23	104	0	0



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

9	Two	Nizza					
19/01/2019	Mega Express Two	Nizza-Ile Rousse	09:32:44	13:19:04	154	2	0
19/01/2019	Mega Express Two	Ile Rousse-Nizza	14:44:50	17:20:26	102	1	0
20/01/2019	Mega Express Two	Bastia-Nizza	11:49:44	16:10:50	211	0	0
25/01/2019	Mega Express Two	Savona-Nizza	14:39:30	16:44:45	108	0	0
26/01/2019	Mega Express Two	Nizza-Ile Rousse	09:18:53	13:17:53	159	3	0
26/01/2019	Mega Express Two	Ile Rousse-Nizza	15:01:44	17:33:50	104	1	0
27/01/2019	Mega Express Two	Bastia-Savona	10:36:34	11:23:58	40	0	0
08/02/2019	Mega Express Two	Savona-Nizza	14:03:17	16:18:05	114	0	0
08/02/2019	Mega Express Two	Nizza-Bastia	17:29:08	17:58:14	24	0	1
09/02/2019	Mega Express Two	Nizza-Ile Rousse	09:07:49	13:14:49	166	3	0
09/02/2019	Mega Express Two	Ile Rousse-Nizza	14:53:43	17:50:40	123	2	0
10/02/2019	Mega Express Two	Bastia-Nizza	10:48:25	15:14:16	222	3	0
10/02/2019	Mega Express Two	Nizza-Bastia	16:29:08	17:49:50	68	0	0
15/02/2019	Mega Express Two	Savona-Nizza	14:01:44	16:26:29	120	0	0
15/02/2019	Mega Express Two	Nizza-Bastia	17:31:30	18:18:03	38	0	0
16/02/2019	Mega Express Two	Nizza-Ile Rousse	09:02:38	13:36:29	169	3	0
16/02/2019	Mega Express Two	Ile Rousse-Nizza	14:51:32	18:06:39	128	5	0
17/02/2019	Mega Express Two	Bastia-Nizza	11:48:44	16:21:53	219	4	0
17/02/2019	Mega Express Two	Nizza-Bastia	17:23:46	18:06:01	35	0	0
01/03/2019	Mega Express Two	Ile Rousse-Nizza	08:44:03	12:41:31	189	4	0
01/03/2019	Mega Express Two	Nizza-Bastia	14:13:31	18:14:25	199	4	0
29/03/2019	Mega Express	Savona-Nizza	14:06:39	16:19:21	114	0	0
29/03/2019	Mega Express	Nizza-Bastia	17:36:51	19:02:17	72	0	0
30/03/2019	Mega Express	Nizza-Ile Rousse	09:19:05	13:03:04	156	4	0
30/03/2019	Mega Express	Ile Rousse-Nizza	14:41:53	18:55:08	167	1	0
31/03/2019	Mega Express	Bastia-Nizza	10:43:36	15:02:42	219	10	0
31/03/2019	Mega Express	Nizza-Bastia	16:33:31	18:57:09	125	6	0



In tutto sono stati effettuati 83 avvistamenti di balenottera comune, per un totale di 107 individui. Il numero di individui per avvistamento varia da 1 a 4 ,ma nella maggior parte dei casi è stato avvistato un singolo individuo.

La balenottera comune è stata avvistate durante tutta la stagione invernale, con un netto aumento di presenza della specie nei mesi di gennaio e febbraio ed un picco che coincide con l'inizio della stagione primaverile.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale, la specie è stata avvistata principalmente su profondità superiori ai 2000m, in coerenza con l'habitat della specie. Risultano di particolare interesse gli avvistamenti a profondità inferiori ai 1000m ed in corrispondenza dei porti di Ile Rousse e di Bastia (Figura 107).

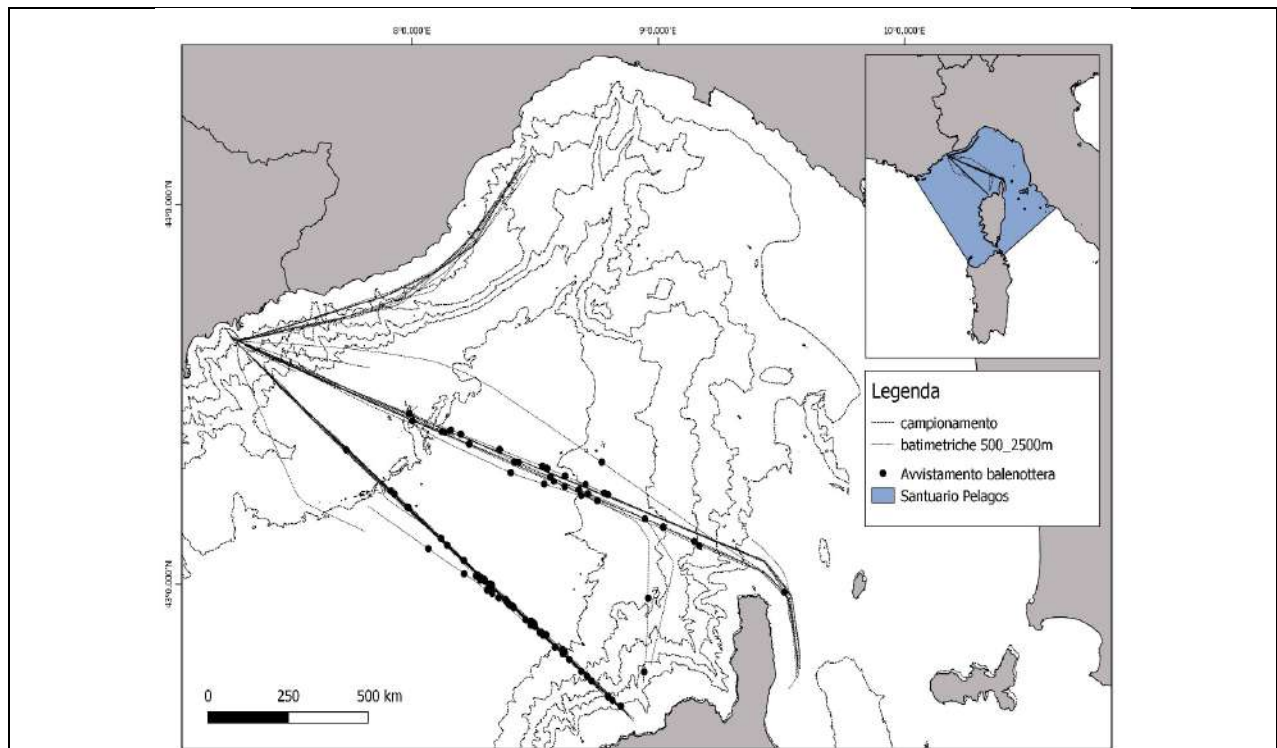


Fig. 107 Mappa degli avvistamenti di balenottera comune durante la stagione invernale 2018 - 2019 / Map des observations de rorqual commun pendant l'hiver 2018-2019



Per quanto riguarda il capodoglio, la specie è stata avvistata solo in 3 occasioni. In tutti i casi si è trattato di avvistamenti di singoli individui. La specie è stata avvistata esclusivamente nei mesi di novembre e febbraio, due volte ed una volta rispettivamente. Risulta di particolare interesse il fatto che tutti gli avvistamenti siano stati registrati in prossimità del porto di Nizza, in un'area ad intenso traffico marittimo (Figura 108)

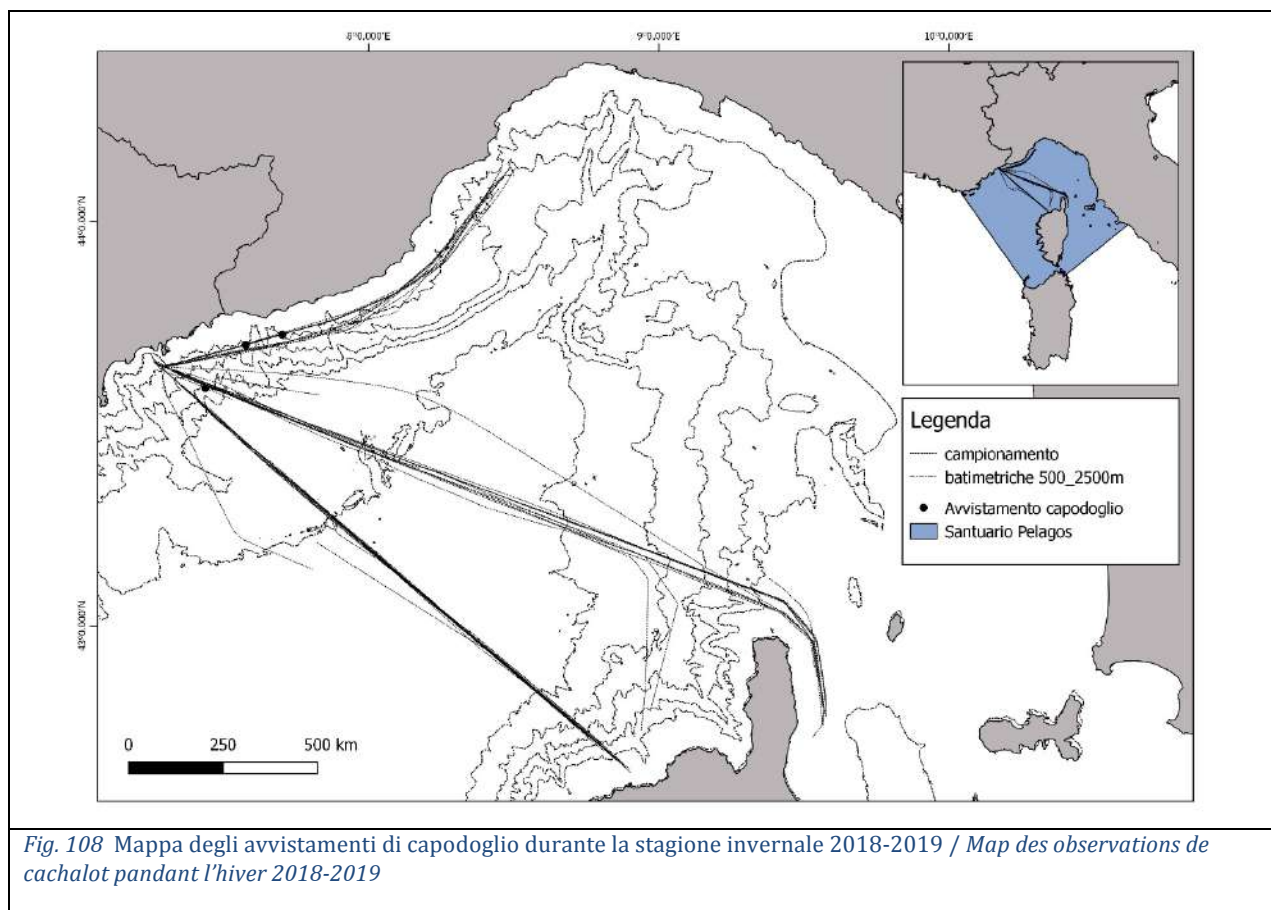


Fig. 108 Mappa degli avvistamenti di capodoglio durante la stagione invernale 2018-2019 / Map des observations de cachalot pendant l'hiver 2018-2019

Per quanto riguarda la stagione invernale 2019/2020, a causa di condizioni meteomarine avverse non è stato possibile iniziare il monitoraggio prima di gennaio 2020.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La campagne de collecte de données d'hiver a débuté le 09/11/2019 et s'est terminée le 31/03/2019. Le suivi a été réalisé sur 3 routes: Savone-Nice; Nice-Bastia et Nice-Ile Rousse. Au total, 52 trajets ont été effectués pour un total de 6578 km échantillonnés.

Le suivi a principalement concerné deux routes Nice-Ile Rousse et Nice-Bastia. Ce sont les routes qui présentent des caractéristiques optimales en ce qui concerne les deux principales espèces étudiées.

Il a également été possible d'effectuer un échantillonnage le long d'une route côtière (Savone-Nice).

Concernant les observations, un total de 142 observations de cétacés a été enregistré. L'espèce la plus aperçue était le roqual commun, suivi du dauphin bleu et blanc, du cachalot, du grand dauphin et de la baleine à bec de Cuvier.

Le tableau 2 présente les détails des trajets effectués: date, nom du ferry utilisé, heures de début et de fin d'échantillonnage, nombre total de km échantillonnés, nombre d'observations de roquals et nombre d'observations de cachalots.

En tout, 83 observations de roquals communs ont été faites, pour un total de 107 individus. Le nombre d'individus par observation varie de 1 à 4, mais dans la plupart des cas, un seul individu a été aperçu.

Le roqual commun a été repéré tout au long de la saison d'hiver, avec une augmentation marquée de la présence de l'espèce au cours des mois de janvier et février et un pic qui coïncide avec le début de la saison printanière.

Quant à la répartition spatiale, l'espèce a été repérée principalement à des profondeurs supérieures à 2000 m, cohérentes avec l'habitat de l'espèce. Les observations à des profondeurs inférieures à 1 000 m et dans les ports d'Ile Rousse et de Bastia présentent un intérêt particulier (figure 107).

En ce qui concerne le cachalot, l'espèce n'a été repérée qu'à 3 reprises. Dans tous les cas, un seul individu a été observé. L'espèce a été aperçue exclusivement en novembre et février, deux et une fois respectivement. Il est particulièrement intéressant de noter que toutes les observations ont été enregistrées près du port de Nice, dans une zone à fort trafic maritime (figure 108).



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

En ce qui concerne la saison d'hiver 2019/2020, en raison de conditions météorologiques défavorables, il n'a pas été possible de commencer le suivi avant janvier 2020.

Bibliografia/ Bibliographie

Cominelli, S., A. Moulins, M. Rosso, and P. Tepsich. 2016. "Fin Whale Seasonal Trends in the Pelagos Sanctuary, Mediterranean Sea." *Journal of Wildlife Management* 80 (3).

<https://doi.org/10.1002/jwmg.1027>.

"D2.8.III.19 INSPIRE Data Specification on Species Distribution – Technical Guidelines." 2013.

Tepsich, Paola, Massimiliano Rosso, Patrick N. Halpin, and Aurélie Moulins. 2014. "Habitat Preferences of Two Deep-Diving Cetacean Species in the Northern Ligurian Sea." *Marine Ecology Progress Series* 508: 247–60.