



Interreg



UNIONE EUROPEA

SICOMAR
plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Prodotto - Livrable T1.1.1:

Condivisione della mappatura delle aree a rischio
nell'ambito delle proprie competenze anche
nell'ottica della pianificazione degli spazi
marittimi/Partage de la cartographie des aires à
risque dans ses propres compétences aussi dans
le cadre de la planification

Data prevista - Date prévue : 31/12/21

Data di consegna - Date d'échéance : 31/12/21

Versione - Version : V1.0



Informazioni generali sul documento / Informations générales sur le document	
Componente / Composante	T.1
Attività/Activité	A1.1
Prodotto/Livrabile	T1.1.1
Nome Documento / Nom Document	<p>“Prodotto T1.1.1: Condivisione della mappatura delle aree a rischio nell’ambito delle proprie competenze anche nell’ottica della pianificazione degli spazi marittimi”</p> <p>“Livrabile T1.1.1 : Partage de la cartographie des aires à risque dans ses propres compétences aussi dans le cadre de la planification”</p>
ID File/ID Fichier	SICOMAR PLUS_T1.1.1.pdf

Processo di approvazione / Procédure d'approbation				
	Nome/Nom	Ente/Établissement	Data/Date	Visto/Vu
Coordinatore/ Coordinateur	Valentina Menonna	Regione Toscana	31/12/21	
CP Leader/ CP Leader	Valentina Menonna	Regione Toscana	31/12/21	

Processo di revisione / Procédure de révision			
--	--	--	--



Revisione/ Révision	Autore/Auteur	Data Rev./ Date Rév.	Modifiche/Modifications
V1.0		GG/MM/AA JJ/MM/AA	

Introduzione

Questo documento illustra l'attività svolta e ha come obiettivo lo sviluppo di mappe di vulnerabilità e danno dei popolamenti bentonici intertidali e infralitorali superficiali di costa rocciosa delle isole di Montecristo, Pianosa, Capraia, parte nord-orientale dell'Isola d'Elba e promontorio di Piombino. In particolare, sono oggetto di indagine i popolamenti caratterizzati dalle foreste macroalgali a *Cystoseira amentacea* var. *stricta* Montagne della battigia e della frangia infralitorale, le popolazioni di *Lithophyllum lichenoides* Philippi (1837), *Patella ferruginea* Gmelin 1791 e *Chthamalus* spp.

Di seguito viene riportata l'attività svolta durante il progetto che ha compreso:

- Sviluppo di una metodologia condivisa tra i diversi partner del progetto volta alla realizzazione di mappe di vulnerabilità e danno per le comunità bentoniche intertidali e infralitorali superficiali.
- la realizzazione di mappe di vulnerabilità e danno.

La raccolta dei dati è stata effettuata tra Settembre 2019 e Luglio 2021 e ha compreso 5 campagne di campionamento.

Metodologia per la determinazione delle mappe di vulnerabilità e danno

La metodologia per la derivazione di mappe di vulnerabilità e danno si compone di due fasi: 1) misurazioni sul campo, 2) elaborazione dei dati.

1. Misurazioni sul campo

Estensione e copertura dei popolamenti. L'estensione e l'abbondanza delle foreste macroalgali, di *L. lichenoides* e di *Chthamalus* spp. è stata stimata mediante una variazione del metodo *Carlit*



(Ballesteros et al. 2007, Thibaut et al. 2017). La procedura prevede la determinazione della presenza e la copertura dei popolamenti caratterizzati da *C. amentacea* (la specie arborea dominante nella frangia infralitorale) lungo transetti di 100m distribuiti lungo la costa. In questo studio abbiamo modificato leggermente il metodo originario per meglio caratterizzare l'estensione dei popolamenti e le variazioni di copertura in modo continuo. Anziché suddividere il litorale in transetti di 100 m, come previsto dal metodo *Carlit* – una scelta arbitraria che non riflette necessariamente la scala spaziale a cui si hanno le variazioni dei popolamenti – abbiamo geolocalizzato tutte le posizioni lungo la costa in cui si osservavano variazioni di copertura rilevante. I valori di copertura sono stati determinati in modo visivo attraverso una scala semi-quantitativa variabile da 0 a 5, come stabilito dal metodo *Carlit* (Tab 1), per *C. amentacea* e per ciascuno degli altri popolamenti.

Transetti. Questi sono stati utilizzati per l'abbondanza di *P. ferruginea* lungo tratti di litorale di circa 50 m di lunghezza e 1m di ampiezza (assumendo la presenza di un marciapiede sulla costa). Il numero di transetti era pari a circa il 10% dei tratti di litorale con valori elevati di copertura di *C. amentacea* (tra 3 e 5, Tab.1), assicurando una distribuzione spaziale rappresentativa dell'area di indagine.

Tabella 1: Scala semi-quantitativa delle misure effettuate con il metodo <i>Carlit</i> .	
Copertura stimata	Scala semi-quantitativa
0	0
1-20%	1
21-40%	2
41-60%	3
61-80%	4
81-100%	5

Diversità. Il campionamento della diversità si è focalizzato sulle foreste macroalgali della battigia e si è basato su di un disegno gerarchizzato (Fig. 1). Le misurazioni sono state eseguite su un numero di transetti definiti, analogamente al campionamento di *P. ferruginea*, come tratti di litorale di circa 50m di lunghezza. Il numero di transetti era pari a circa il 10% dei tratti di costa che evidenziavano valori elevati di copertura di *C. amentacea* (tra 3 e 5, Tab. 1), assicurando una distribuzione spaziale rappresentativa dell'area di indagine. Per il campionamento con quadrati, in ciascuno dei transetti selezionati sono state individuate due aree (tratti di litorale di 2-3 m di estensione) alla distanza di alcune decine di metri e in ciascun'area sono stati campionati 5 quadrati separati da almeno 20 cm (quindi 10 quadrati per transetto) (Fig. 1). Il campionamento è stato effettuato utilizzando quadrati 20 x 20 cm suddivisi al loro interno in 10 sub-quadrati di 2 x 2 cm. L'abbondanza delle specie algali e degli invertebrati sessili è stata stimata assegnando un valore di copertura del substrato da 0 (assenza del *taxon*) a 4 (copertura totale) per ciascun *taxon* individuato in ciascun sub-quadrato. L'abbondanza degli invertebrati mobili è stata espressa come numero di individui per quadrato. Per ciascun quadrato è stata stimata prima la copertura percentuale di *C. amentacea* e in seguito,

spostando di lato la porzione arborescente di *C. amentacea*, gli organismi del sottostrato. Questi sono stati identificati al livello tassonomico più dettagliato possibile sul campo; i *taxa* che non è stato possibile identificare a livello di specie o genere sono stati riuniti in gruppi morfologici.

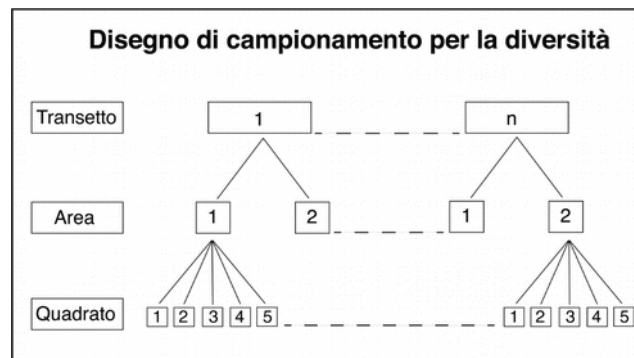


Figura 1. Disegno di campionamento per la stima della diversità associata alle foreste di *C. amentacea*. Per ciascun transetto (circa 50 m) vengono selezionate due aree (tratti di costa di circa 2-3 m), all'interno delle quali vengono selezionati casualmente 5 quadrati di 20x20 cm per ciascuno dei quali viene determinato il numero di taxa (ricchezza) e la loro abbondanza. Il numero di transetti può variare a seconda del perimetro dell'isola oggetto di studio.

2. Elaborazione dei dati

Esposizione o valore esposto. Si intende per esposizione il valore ecologico del popolamento a rischio di perdita in caso di sversamento di contaminanti in mare. L'esposizione di un tratto di litorale sarà tanto maggiore quanto maggiore è la biodiversità, la produttività e l'insieme dei servizi ecosistemici che il popolamento presente offre. In Fig. 2 vengono riportati i passaggi per il calcolo dell'esposizione usando i dati di Capraia come esempio. L'esposizione è stata quantificata integrando i valori di copertura delle foreste di *C. amentacea* con le misure di diversità ad essa associata, con i valori di copertura di *L. lichenoides* e *Chthamalus* spp. e con i valori di abbondanza di *P. ferruginea*. I dati di diversità (numero di taxa) sono stati mediati tra quadrati per ottenere un solo valore per transetto. Per le misure di copertura percentuale e di diversità, i valori su scala semi-quantitativa sono stati attribuiti in base ai sestili della distribuzione di frequenza dove cade il valore della variabile in esame. Nelle aree per cui il dato non è disponibile, il valore di ciascun componente è stato stimato tramite il metodo di interpolazione spaziale "kriging", in cui si assume che l'influenza (peso) di un'osservazione decresca proporzionalmente con la distanza. L'integrazione è stata effettuata tramite medie pesate, assegnando lo stesso peso (0,2) a ciascuna delle cinque componenti che definiscono l'esposizione (Fig. 2).

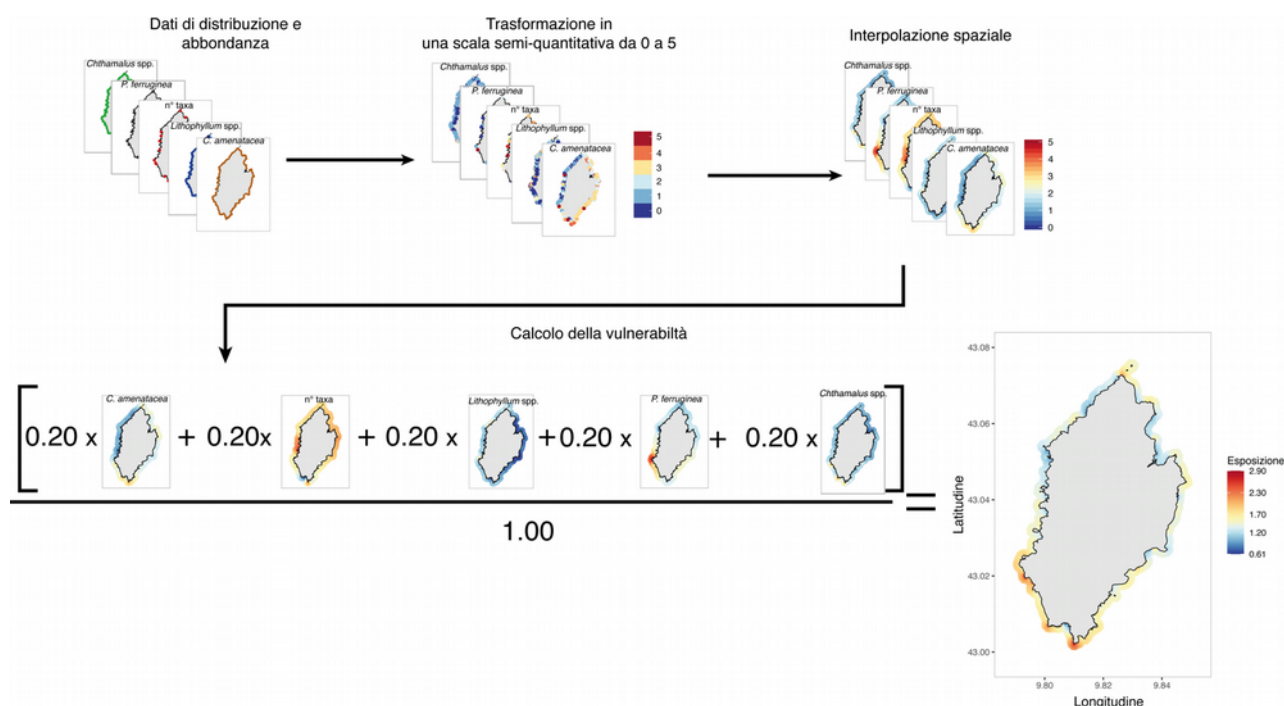


Figura 2. Illustrazione grafica del calcolo dell'esposizione applicati all'isola di Capraia: da sinistra verso destra i passaggi eseguiti per il calcolo dell'esposizione. I dati disponibili di abbondanza e di diversità dei popolamenti oggetto di indagine vengono trasformati in scala semi-quantitativa da 0 (assenza) a 5. Nelle aree per cui il dato non era disponibile, il valore di ciascun componente è stato stimato tramite il metodo di interpolazione spaziale ("kriging"). L'esposizione viene misurata come media pesata di ciascun componente, a cui viene assegnato un valore di 0,20.

Vulnerabilità. Al fine di ottenere una misura quantitativa della vulnerabilità, si è fatto riferimento alla definizione ingegneristica di resilienza, ovvero la velocità con cui un sistema ritorna alla condizione antecedente ad un evento di disturbo. Applicando la definizione ingegneristica di resilienza, un sistema ecologico più semplice (ad es., i feltri algali) è molto più resiliente di un sistema dominato da foreste macroalgali di *C. amenatacea*. In caso di perdita della maggior parte degli organismi a seguito di un evento di disturbo (un'ondata di calore, una mareggiata estrema o l'esposizione a contaminanti), il sistema a feltri recupera in meno di un anno, mentre il sistema a *C. amenatacea* richiede più di dieci anni per raggiungere una copertura maggiore dell'80% (Tamburello et al. 2013, Benedetti-Cecchi et al. 2015, Rindi et al. 2017). Dato che la vulnerabilità è definita come l'inverso della resilienza, maggiore è la resilienza di un sistema, minore è la sua vulnerabilità. Nel nostro caso, il sistema a feltri algali è meno vulnerabile del sistema dominato da foreste di *C. amenatacea*, in quanto minore è il suo tempo di recupero a seguito di un evento di disturbo. Utilizzando i dati a disposizione da studi pregressi (Tamburello et al. 2013, Benedetti-Cecchi et al. 2015, Rindi et al. 2017) è stato possibile trasformare i dati di copertura di *C. amenatacea* generati da *Carlit* in una scala semi-quantitativa di vulnerabilità. I passaggi sono indicati in dettaglio in Fig. 3.

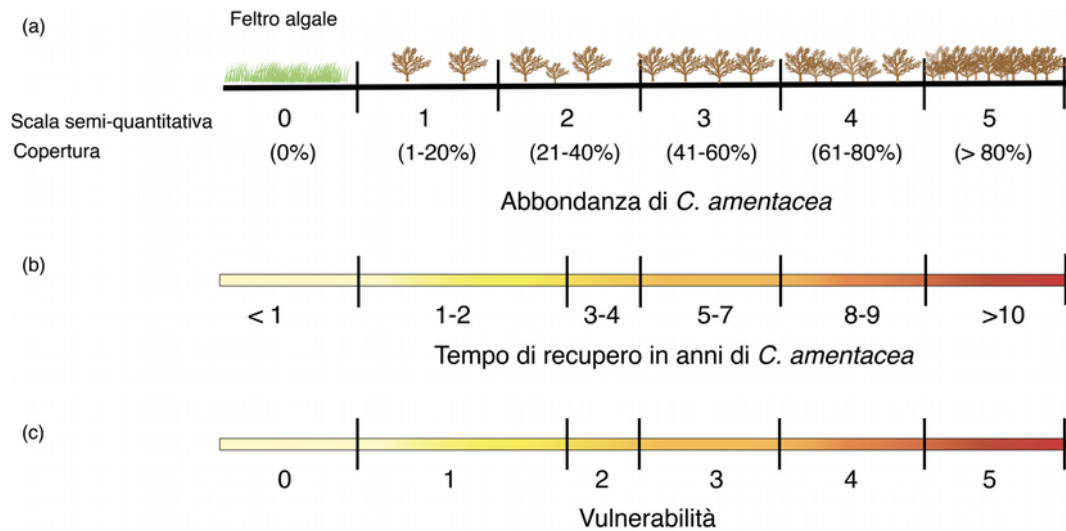


Figura 3. Illustrazione grafica del calcolo della vulnerabilità: (a) copertura di *C. amentacea* in scala semi-quantitativa da 0 (assenza) a 5 e nelle corrispondenti classi di copertura secondo *Carlit*; (b) tempo di recupero in anni di *C. amentacea* calcolato sulla base di evidenze sperimentali e modelli. Maggiore è l'abbondanza di *C. amentacea*, maggiore è il tempo di recupero in caso di perdita a seguito di un disturbo; (c) Misura di vulnerabilità in scala semi-quantitativa da 0 a 5, determinata in funzione del tempo di recupero di *C. amentacea*. Maggiore è il tempo necessario per *C. amentacea* di ritornare alla condizione precedente al disturbo, maggiore è la vulnerabilità.

Infine, il danno è stato calcolato per ciascuna isola come prodotto tra esposizione e vulnerabilità (Danno = Esposizione x Vulnerabilità) ed esprime la gravità delle conseguenze attese a seguito di un evento indesiderato. Tanto maggiore è il valore di danno in un'area tanto maggiore saranno le conseguenze, sia in termine di valore ecologico perso che di tempo di recupero necessario affinché si ristabilisca la condizione precedente al disturbo.

Risultati

CAPRAIA

I dati di abbondanza e distribuzione delle quattro variabili d'interesse del progetto sono state utilizzate per il computo del valore esposto, calcolato come media pesata dei valori di copertura di *C. amentacea* (0,2), diversità (0,2) e abbondanza di *L. lichenoides* (0,2), *P. ferruginea* (0,2) *Chthamalus* spp. (0,2). La mappa di esposizione mostra che la costa sud-orientale di Capraia presenta una maggiore esposizione al disturbo rispetto alla costa occidentale (Fig. 4).

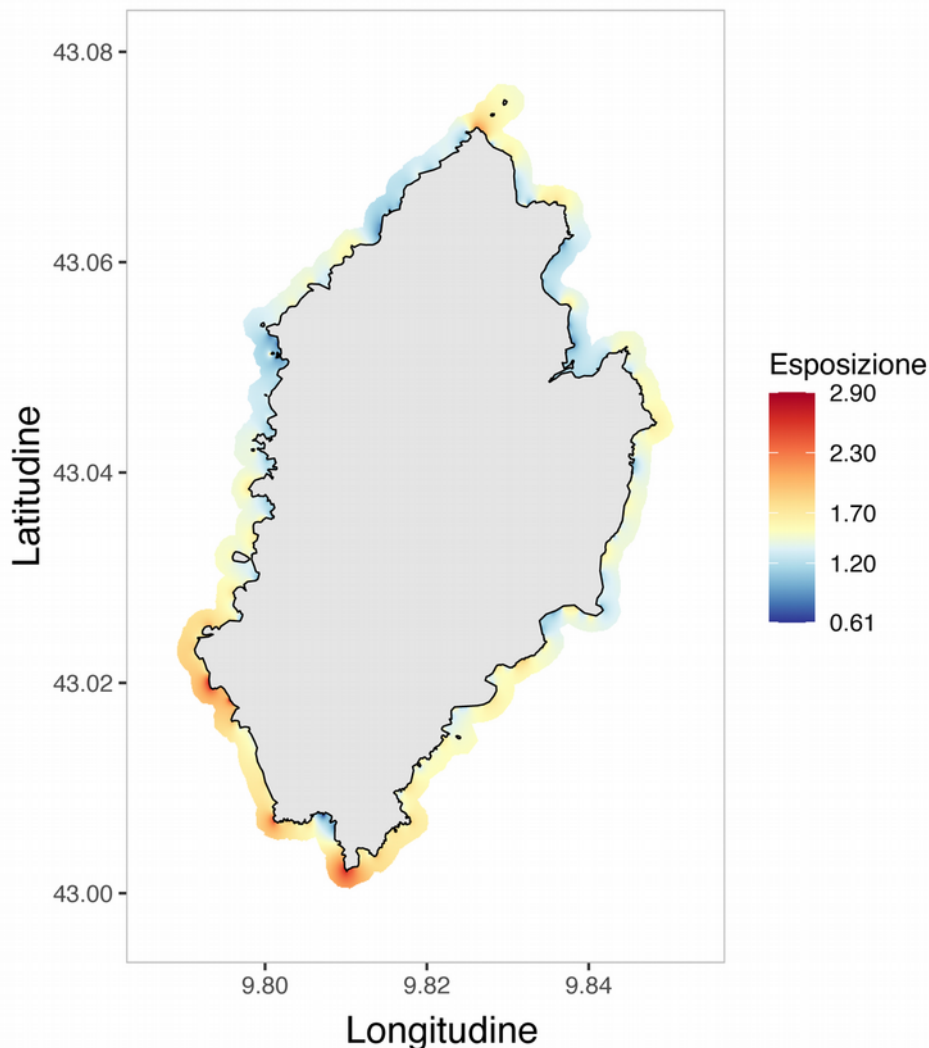


Figura 4. Mappa del valore esposto calcolato come media pesata (peso indicato tra parentesi) dei valori di *C. amentacea* (0,2), *L. lichenoides* (0,2), *P. ferruginea* (0,2), di *Chthamalus* spp. (0,2) e del numero di taxa (0,2); ricchezza specifica) per l'isola di Capraia.

I dati di abbondanza di *C. amentacea* sono stati utilizzati per il calcolo della vulnerabilità, che è stata definita in funzione del tempo di recupero di *C. amentacea*. Le aree maggiormente vulnerabili, come ad esempio le zone a sud-est e sud-ovest dell'isola, sono quelle che impiegheranno un tempo più lungo per recuperare a seguito di un evento di disturbo (ad es. sversamento di idrocarburi) (Fig.5).

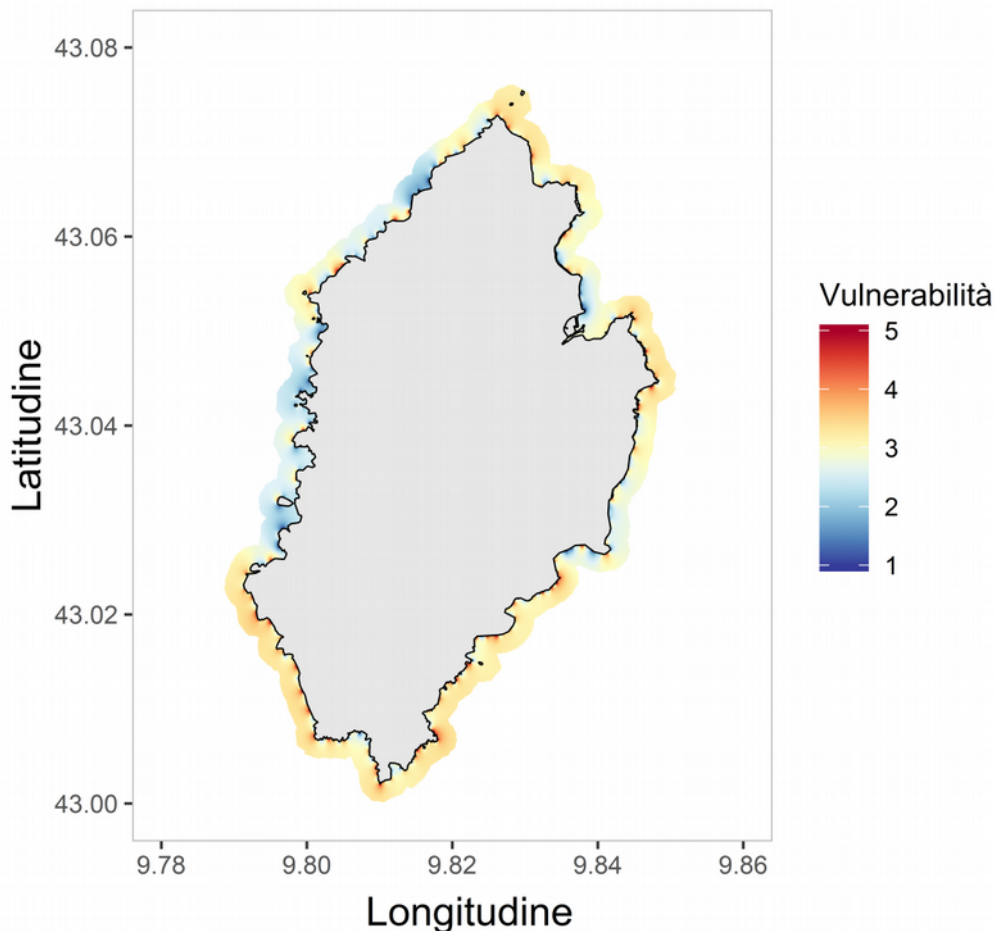


Figura 5. Mappa della vulnerabilità per l'isola di Capraia derivata dai valori di abbondanza di *C. amentacea*.

Il danno è definito come il prodotto dell'esposizione e della vulnerabilità (Danno = Esposizione x Vulnerabilità) ed esprime la gravità delle conseguenze attese a seguito di un evento indesiderato (Fig. 6). Tanto maggiore è il valore di danno in un'area tanto maggiore saranno le conseguenze, sia in termine di valore ecologico perso che di tempo di recupero necessario affinché si ristabilisca la condizione precedente al disturbo. La mappa del danno mostra che i popolamenti intertidali che colonizzano la costa sud-occidentale dell'isola presentano una maggiore propensione a conseguenze indesiderate a seguito di eventi di disturbo rispetto, in particolare, ai popolamenti che colonizzano le coste a nord dell'isola, le quali mostrano bassi valori di danno (Fig. 6).

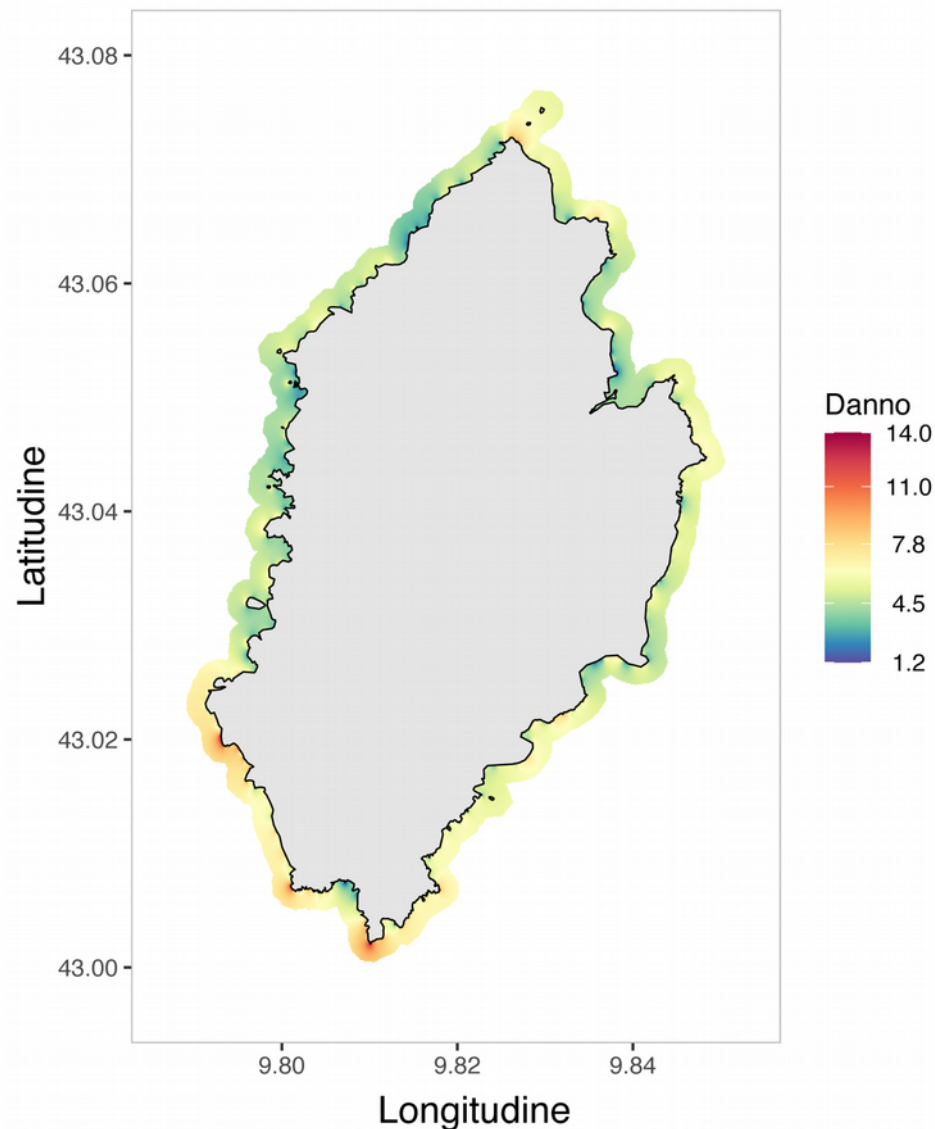


Figura 6. Mappa del danno per le comunità bentoniche intertidali e infralitorali superficiali di costa rocciosa dell'isola di Capraia.

Un protocollo comune per la salvaguardia della biodiversità

La metodologia illustrata nella precedente sezione è stata illustrata e condivisa tra i partner del progetto in occasione di due incontri:

- Livorno 13 marzo 2019

al quale erano presenti i seguenti partner

Nome	Cognome	Ente
Francois	Cesari	OEC



Jean-Michel	Culioli	OEC
Giovannella	Urban	Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena – PNALM
Augusto	Navone	Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena – PNALM
Marisa	Iozzelli	Regione Toscana
Gilda	Ruberti	Regione Toscana
Ilaria	Grassini	Regione Toscana

- Bonifacio 20 novembre 2019

al quale erano presenti i seguenti partner.

Nome	Cognome	Ente
Francois	Cesari	OEC
Jean-Michel	Culioli	OEC
Marie-Catherine	Santoni	OEC
Petru	Carli	OEC
Luca	Rindi	Università di Pisa
Lisandro	Benedetti Cecchi	Università di Pisa
Chiara	Ravaglioli	Università di Pisa
Gilda	Ruberti	Regione Toscana
Giovanni	Quattrocchi	CNR Oristano
Andrea	Cucco	CNR Oristano
Massimo	Perna	LaMMA
Michele	Bendoni	LaMMA
Henriette	Demangeon Tinti	Corse Drone Expertise

Il 20 novembre 2019, a Bonifacio, l'OEC, Ufficio dell'Ambiente della Corsica ha organizzato un workshop nell'ambito del programma europeo SICOMAR plus con la Regione Toscana, capofila del progetto, il servizio Spazi protetti dell'UAC, gestore della Riserva Naturale delle Bocche di Bonifacio (RNBB), l'università di Pisa, il CNR di Oristano (IAS-CNR) e il Consorzio Lamma. È stato approvato un



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

protocollo comune per valutare la vulnerabilità della biodiversità della zona costiera e per creare delle “mappe di rischio” in caso di sversamento di idrocarburi.

Gli studi preliminari (protocollo, sfruttamento dei risultati) condotti quest'estate a Capraia e nella RNBB sono stati così convalidati e saranno applicati a partire dalla primavera 2020 nella RNBB e nell'Arcipelago toscano.

Allo stesso tempo, la RNBB ha lanciato uno studio per ottimizzare l'uso dei droni per la fotografare in 3D la frangia costiera con la tecnica di fotogrammetria. Queste immagini saranno utili per la realizzazione di protocolli scientifici, ma anche per avere delle testimonianze fotografiche dell'eccezionale biodiversità della Corsica.

Nel corso della riunione sono stati presentati i progressi fatti nei modelli previsionali di dispersione degli inquinanti secondo le correnti e le condizioni meteorologiche.

Per maggiori informazioni sull'evento clicca qui:

<http://interreg-maritime.eu/web/sicomarplus/-/biodiversita-e-vulnerabilita-a-bonifacio-nasce-un-protocollo-comune-transfrontaliero>



Introduction

Le présent document décrit les activités ayant été réalisées et a pour objectif de développer des cartes de vulnérabilité et de dégradation des populations benthoniques intertidales et infratidales superficielles des côtes rocheuses des îles de Montecristo, Pianosa, Capraia, de la partie nord-est de l'île d'Elbe et du promontoire de Piombino. En particulier, ce sont les peuplements caractérisés par les forêts de macro-algues du type *Cystoseira amentacea var. stricta* Montagnes de l'estran et de l'étage infralittoral, les populations de *Lithophyllum lichenoides* Philippi (1837) de *Patella ferruginea* Gmelin 1791 et de *Chthamalus* spp. qui ont fait l'objet des études ayant été réalisées.

Ci-après sont décrites les activités ayant été réalisées au cours du projet, qui ont consisté en :

- Développement d'une méthodologie partagée entre les différents partenaires du projet pour produire des cartes de vulnérabilité et de dégradation des communautés benthiques intertidales et infratidales superficielles.
- Création de cartes de vulnérabilité et de dégradation.

La collecte de données a été réalisée entre les mois de septembre 2019 et juillet 2021 et a inclus 5 campagnes d'échantillonnage.

Méthodologie pour l'établissement des cartes de vulnérabilité et de dégradation

La méthodologie pour obtenir des cartes de vulnérabilité et de dégradation est formée de deux étapes: 1) mesures sur le terrain, 2) traitement des données.

1. Mesures sur le terrain

Étendue et couverture des peuplements. L'étendue et l'abondance des forêts de macro-algues, de *L. lichenoides* et de *Chthamalus* spp. ont fait l'objet d'une estimation à l'aide d'une variation de la méthode *Carlit* (Ballesteros et al. 2007, Thibaut et al. 2017). La procédure consiste à déterminer la présence et la couverture des peuplements caractérisés par *C. amentacea* (l'espèce arborescente dominante de la frange infratidale) le long de transects de 100 m, répartis le long de la côte. Dans cette étude, nous avons légèrement modifié la méthode originale, afin de mieux caractériser l'étendue des peuplements et les variations de la couverture de manière continue. Au lieu de diviser le littoral en transects de 100 m, comme le veut la méthode *Carlit* - un choix arbitraire qui ne reflète pas nécessairement l'échelle spatiale à laquelle se manifestent les variations au sein des



populations - nous avons géolocalisé, le long de la côte, toutes les positions où des variations significatives de la couverture ont été observées. Les valeurs pour la couverture ont été déterminées visuellement à l'aide d'une échelle semi-quantitative allant de 0 à 5, telle qu'elle a été établie par la méthode *Carlit* (tableau 1), pour *C. amentacea* et pour chacun des autres peuplements.

Transects. Ces derniers ont été utilisés en raison de l'abondance de *P. ferruginea* le long de tronçons de littoral d'environ 50 m de long et 1 m de large (en supposant la présence d'un trottoir sur la côte). Le nombre de transects s'élevait à environ 10 % des tronçons de littoral présentant des valeurs élevées pour la couverture par *C. amentacea* (entre 3 et 5, Tab.1), garantissant une répartition spatiale représentative de la zone faisant l'objet de l'étude.

Couverture estimée	Échelle semi-quantitative
0	0
1-20 %	1
21-40%	2
41-60%	3
61-80%	4
81-100%	5

Diversité. L'échantillonnage de la diversité s'est concentré sur les forêts de macro-algues de l'estran et s'est appuyé sur une conception hiérarchique (Fig. 1). Les mesures ont été effectuées sur un nombre de transects ayant été définis, de manière similaire à l'échantillonnage de *P. ferruginea*, comme des tronçons de littoral d'environ 50 m de long. Le nombre de transects était équivalent à environ 10 % des tronçons de côte présentant des valeurs de couverture élevées par *C. amentacea* (entre 3 et 5, Tab. 1), en garantissant une répartition spatiale représentative de la zone d'étude. Pour l'échantillonnage par carrés, deux zones (tronçons de littoral présentant une extension de 2-3 m) ont été identifiées dans chacun des transects sélectionnés, se trouvant à une distance de quelques dizaines de mètres et dans chaque zone ont été échantillonnés 5 carrés séparés par au moins 20 cm (et, par conséquent, 10 carrés par transect) (Fig. 1). L'échantillonnage a été réalisé à l'aide de carrés de 20 x 20 cm, divisés en leur sein en 10 sous-carrés de 2 x 2 cm. L'abondance des espèces d'algues et des invertébrés sessiles a été estimée en attribuant une valeur de couverture du substrat allant de 0 (absence du *taxon*) à 4 (couverture totale) pour chaque *taxon* identifié dans chacun des sous-carrés. L'abondance des invertébrés mobiles a été exprimée en nombre d'individus par carré. Pour chaque carré, on a procédé tout d'abord à une évaluation du pourcentage de couverture par *C. amentacea* et, ensuite, en déplaçant sur le côté la partie arborescente de *C. amentacea*, les organismes du substrat. Ceux-ci ont été identifiés à un niveau taxonomique le plus détaillé possible sur le terrain ; les taxons qui n'ont pas pu être identifiés au niveau de l'espèce ou du genre ont été regroupés par groupes morphologiques.

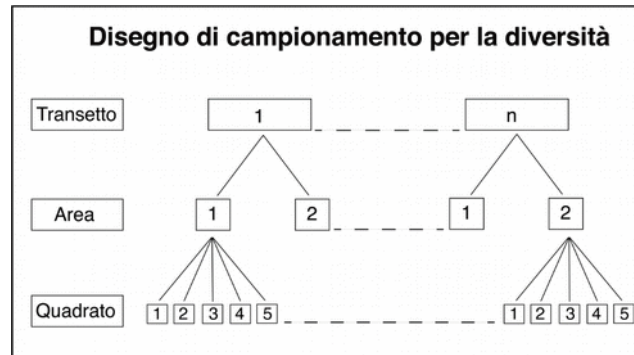


Figure 1 Plan d'échantillonnage pour l'estimation de la diversité associée aux forêts de *C. amentacea*. Pour chaque transect (environ 50 m), deux zones sont sélectionnées (tronçon de côte d'environ 2-3 m), à l'intérieur desquelles sont choisis au hasard 5 carrés de 20x20 cm, pour chacun desquels on détermine le nombre de taxons (richesse) et leur abondance. Le nombre de transects peut varier en fonction du périmètre de l'île faisant l'objet de l'étude.

2. Élaboration des données

Exposition ou valeur exposée. On entend par exposition la valeur écologique du peuplement courant un risque de perte au cas où des contaminants seraient déversés dans la mer. L'exposition d'un tronçon de littoral sera d'autant plus grande que sont importantes la biodiversité, la productivité et la gamme de services écosystémiques que le peuplement actuel garantit. Dans la Fig. 2 sont mentionnées les étapes pour le calcul de l'exposition en utilisant les données de Capraia à titre d'exemple. L'exposition a été quantifiée en intégrant les valeurs de couverture des forêts de *C. amentacea* avec les mesures de la diversité qui lui sont associées, avec les valeurs de couverture par *L. lichenoides* e *Chthamalus* spp. et avec les valeurs d'abondance de *P. ferruginea*. Les données de diversité (nombre de taxons) ont fait l'objet d'une médiation entre carrés pour obtenir une seule valeur par transect. Pour les mesures du pourcentage de couverture et de diversité, les valeurs sur une échelle semi-quantitative ont été attribuées sur la base des sextiles de la distribution de fréquence où s'inscrit la valeur de la variable prise en considération. Dans les zones pour lesquelles les données ne sont pas disponibles, la valeur de chaque composante a été estimée au moyen de la méthode d'interpolation spatiale « krigeage », dans laquelle on prend pour hypothèse que l'influence (poids) d'une observation décroît proportionnellement à la distance.

L'intégration a été effectuée au moyen de moyennes pondérées, en attribuant le même poids (0,2) à chacune des cinq composantes définissant l'exposition (Fig. 2).

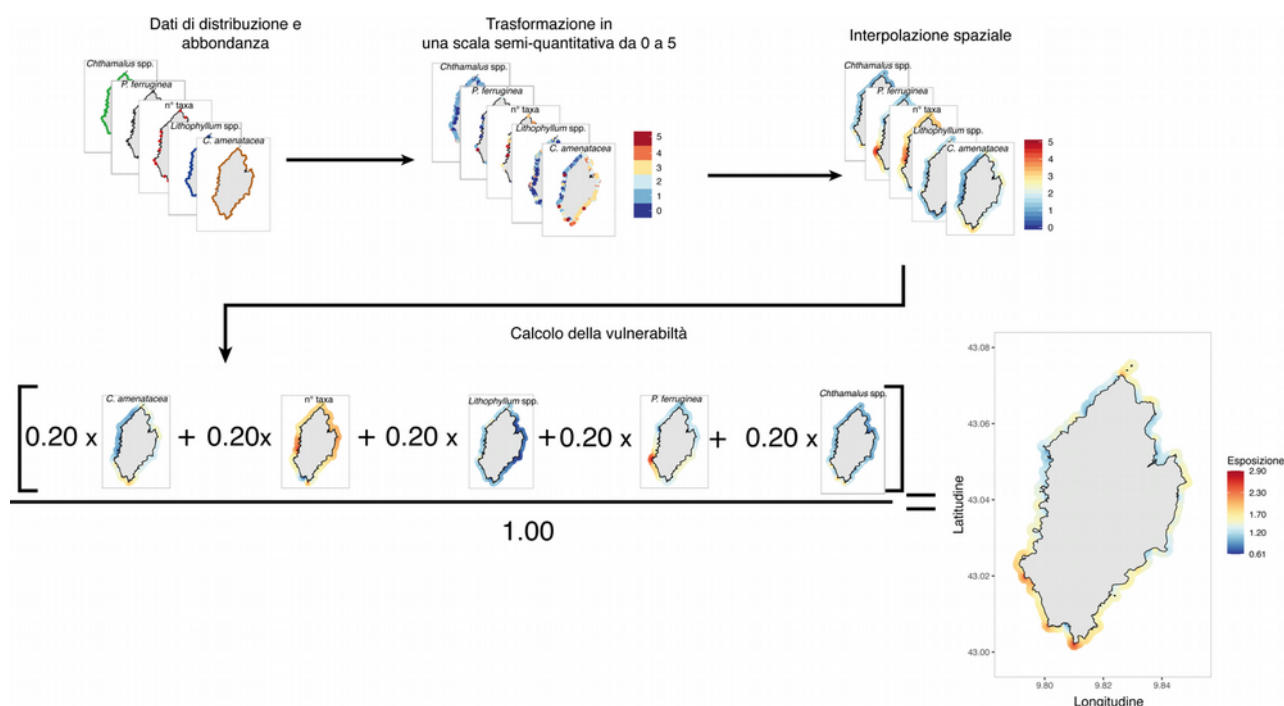


Figure 2 Illustration graphique du calcul de l'exposition appliqué à l'île de Capraia : de gauche à droite, figurent les étapes du calcul d'exposition. Les données disponibles en ce qui concerne l'abondance et la diversité des peuplements étudiés sont transformées sur une échelle semi-quantitative allant de 0 (absence) à 5. Dans les zones pour lesquelles les données n'étaient pas disponibles, la valeur de chaque composante a été estimée en utilisant la méthode d'interpolation spatiale (« krigage »). L'exposition est mesurée comme une moyenne pondérée de chaque composante, à laquelle est attribuée une valeur de 0,20.

Vulnérabilité. Afin d'obtenir une mesure quantitative de la vulnérabilité, on a fait référence à la définition purement technique de la résilience, c'est-à-dire la vitesse à laquelle un système revient à l'état antérieur à un événement perturbateur. Si on applique la définition technique de la résilience, un système écologique plus simple (par exemple, le turf algal) est beaucoup plus résilient qu'un système dominé par des forêts de macro-algues de *C. amenatacea*. En cas de perte de la plupart des organismes à la suite d'un événement perturbateur (une vague de chaleur, un raz-de-marée extrême ou une exposition à des contaminants), le système à turf se rétablit en moins d'un an, alors que le système à *C. amenatacea* a besoin de plus de dix ans pour atteindre une couverture dépassant 80 % (Tamburello et al. 2013, Benedetti-Cecchi et al. 2015, Rindi et al. 2017). La vulnérabilité étant définie comme étant l'inverse de la résilience, plus un système est résilient, moins il est vulnérable. Dans notre cas, le système à turf algal est moins vulnérable que le système dominé par des forêts de *C. amenatacea*, étant donné que son temps de récupération à la suite d'un événement perturbateur est plus court. En utilisant les données disponibles dans des études antérieures (Tamburello et al. 2013, Benedetti-Cecchi et al. 2015, Rindi et al. 2017), il a été possible de transformer les données de couverture de *C. amenatacea* engendrées par *Carlit* en une échelle semi-quantitative de vulnérabilité. Les étapes sont décrites en détail dans la Fig. 3.

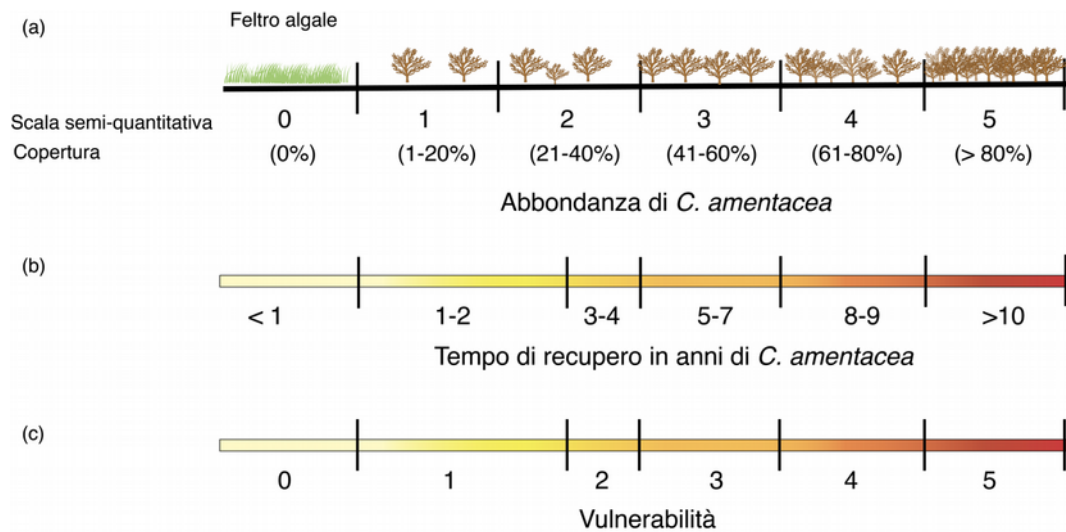


Figure 3 Illustration graphique du calcul de la vulnérabilité : (a) couverture de *C. amentacea* sur une échelle semi-quantitative de 0 (absence) à 5 et dans les classes de couverture correspondantes selon *Carlit* ; (b) temps de récupération, exprimé en années, de *C. amentacea*, calculé sur la base de preuves expérimentales et de modèles. Plus l'abondance de *C. amentacea* est considérable, plus le temps de récupération en cas de perte due à une perturbation est long ; (c) Mesure de la vulnérabilité sur une échelle semi-quantitative de 0 à 5, déterminée en fonction du temps de récupération de *C. amentacea*. Plus longtemps il faut à *C. amentacea* pour revenir à l'état antérieur à la perturbation, plus la vulnérabilité est marquée.

Enfin, la dégradation a été calculée pour chaque île comme étant le produit de l'exposition et de la vulnérabilité (Dégradation = Exposition x Vulnérabilité) et exprime la gravité des conséquences prévisibles en raison d'un événement indésirable. Plus la valeur de la dégradation dans une zone est élevée, plus les conséquences seront importantes, tant en termes de valeur écologique perdue que de temps de récupération nécessaire pour rétablir l'état antérieur à la perturbation.

RÉSULTATS

CAPRAIA

Les données d'abondance et de distribution des quatre variables examinées dans le cadre du projet ont été utilisées pour le calcul de la valeur exposée, calculée comme une moyenne pondérée des valeurs de couverture de *C. amentacea* (0,2), diversité (0,2) et abondance de *L. lichenoides* (0,2), *P. ferruginea* (0,2) *Chthamalus* spp. (0,2). La carte d'exposition montre que la côte sud-est de Capraia est plus exposée aux perturbations que la côte ouest (Fig. 4).

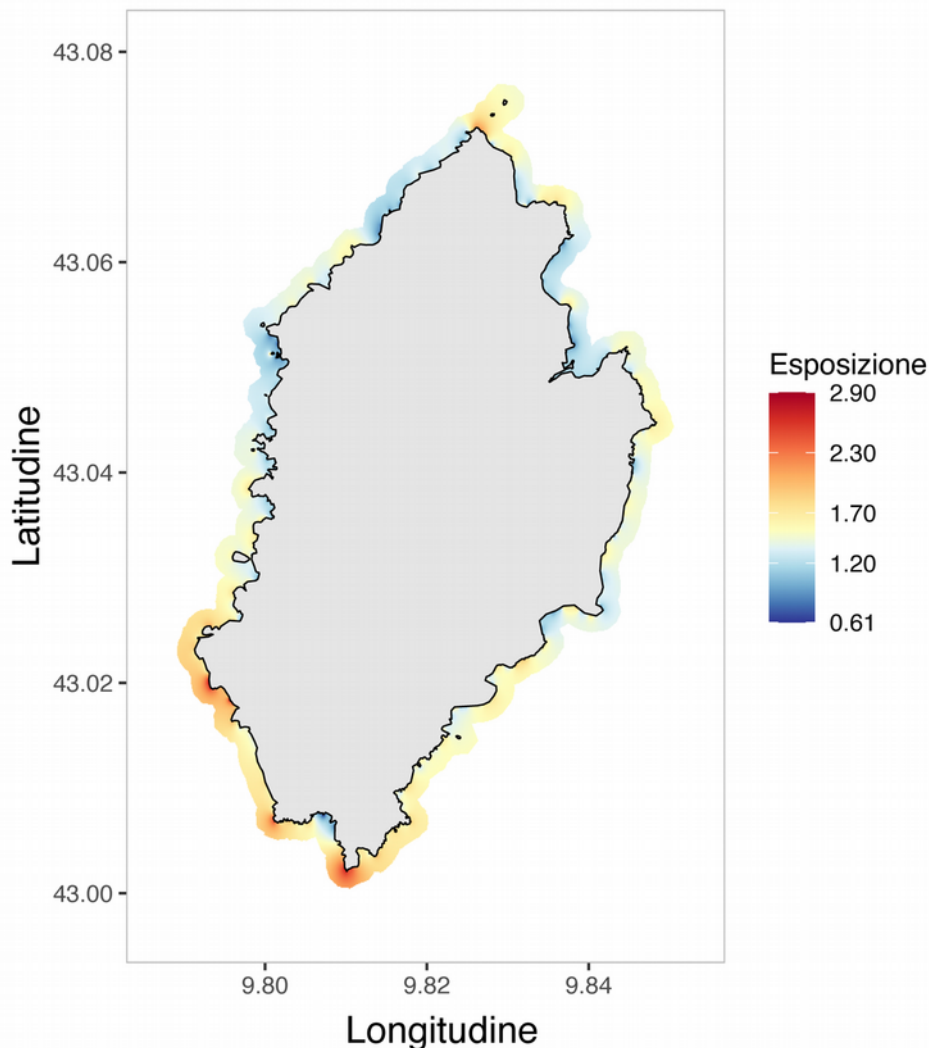


Figure 4 Carte de la valeur exposée, calculée comme une moyenne pondérée (poids indiqué entre parenthèses) des valeurs de *C. amentacea* (0,2), *L. lichenoides* (0,2), *P. ferruginea* (0,2), de *Chthamalus* spp. (0,2) et du nombre de taxons (0,2) ; richesse spécifique) pour l'île de Capraia.

Les données d'abondance de *C. amentacea* ont été utilisées pour le calcul de la vulnérabilité, qui a été définie comme une fonction du temps de récupération de *C. amentacea*. Les zones les plus vulnérables comme, par exemple, le sud-est et le sud-ouest de l'île sont celles qui mettront le plus de temps à se remettre d'un événement perturbateur (par exemple, un déversement d'hydrocarbures) (Fig.5).

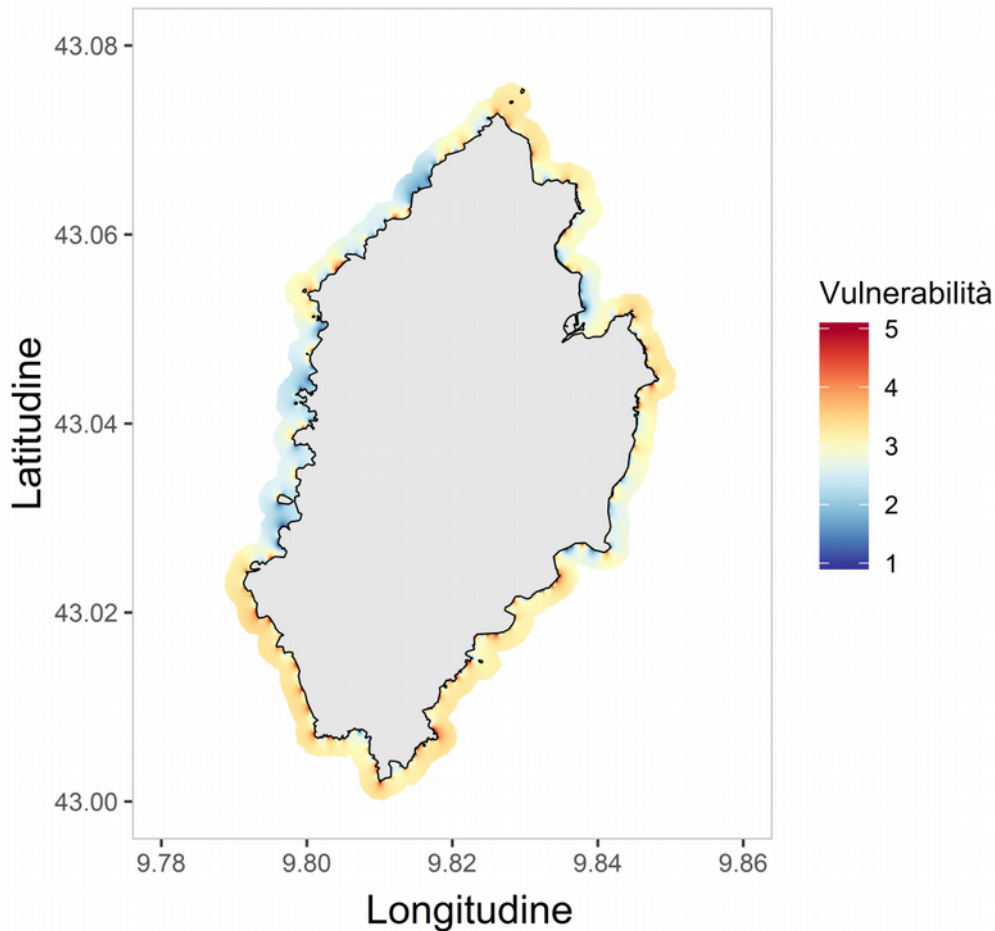


Figure 5 Carte de la vulnérabilité pour l'île de Capraia, dérivée des valeurs d'abondance de *C. amentacea*.

La dégradation est définie comme étant le produit de l'exposition et de la vulnérabilité (Dégradation = Exposition x Vulnérabilité) et exprime la gravité des conséquences qui sont prévues à la suite d'un événement indésirable (Fig. 6). Plus la valeur de dégradation dans une zone est élevée, plus les conséquences sont importantes, tant en termes de valeur écologique perdue que de temps de récupération nécessaire pour rétablir l'état antérieur à la perturbation. La carte de la dégradation montre que les peuplements intertidaux colonisant la côte sud-ouest de l'île ont une plus grande propension à subir les conséquences néfastes d'événements perturbateurs par rapport, en particulier, aux peuplements colonisant les côtes nord, lesquels présentent des taux peu élevés de susceptibilité à la dégradation (Fig. 6).

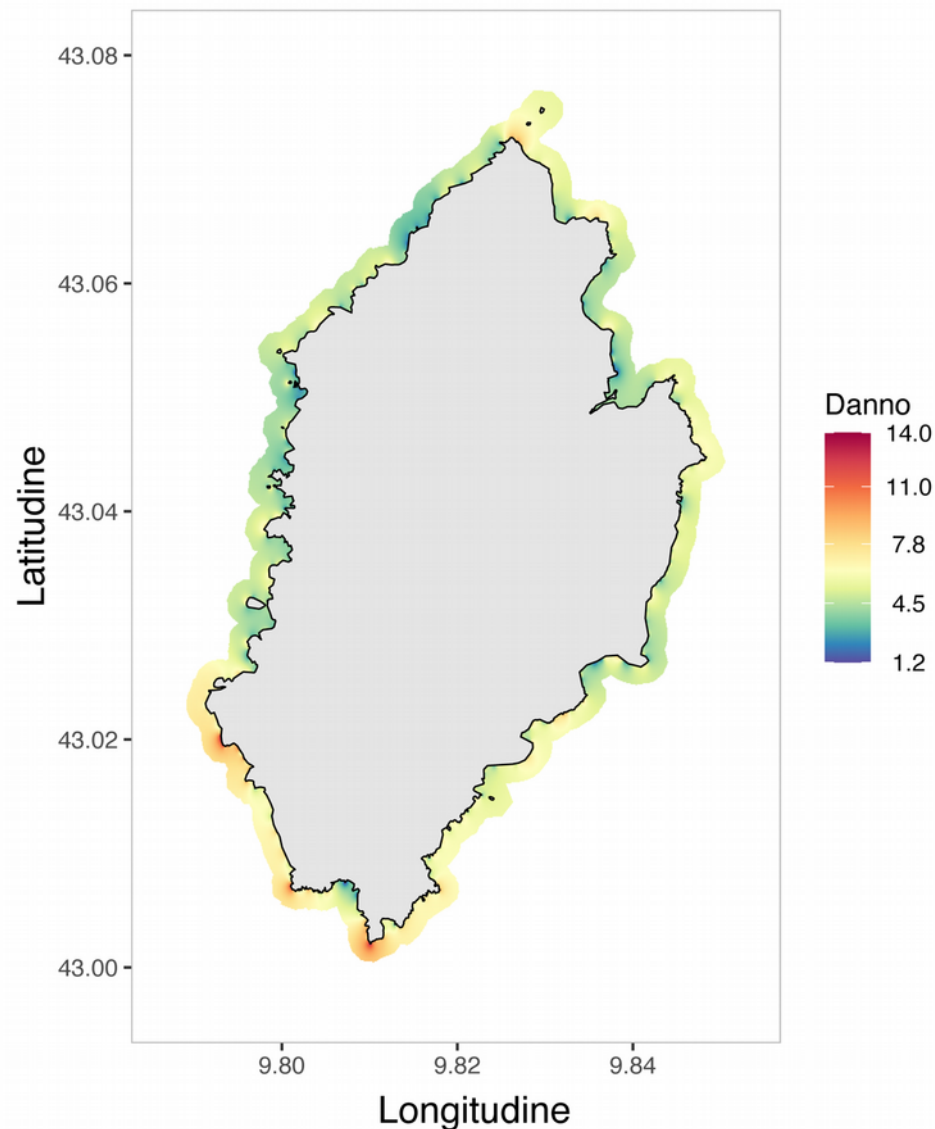


Figure 6 Carte de la dégradation causée aux communautés benthiques superficielles intertidales et infratidales de la côte rocheuse de l'île de Capraia.

Un protocole commun pour sauvegarder la biodiversité

La méthodologie illustrée dans la section précédente a été illustrée et partagée entre les partenaires du projet lors de deux réunions :

- Livourne 13 mars 2019;

à laquelle les partenaires suivants étaient présents:



Nome	Cognome	Ente
Francois	Cesari	OEC
Jean-Michel	Culioli	OEC
Giovannella	Urban	Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena – PNALM
Augusto	Navone	Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena – PNALM
Marisa	Iozzelli	Regione Toscana
Gilda	Ruberti	Regione Toscana
Ilaria	Grassini	Regione Toscana

- Bonifacio 20 novembre 2019

à laquelle les partenaires suivants étaient présents.

Nome	Cognome	Ente
Francois	Cesari	OEC
Jean-Michel	Culioli	OEC
Marie-Catherine	Santoni	OEC
Petru	Carli	OEC
Luca	Rindi	Università di Pisa
Lisandro	Benedetti Cecchi	Università di Pisa
Chiara	Ravaglioli	Università di Pisa
Gilda	Ruberti	Regione Toscana
Giovanni	Quattrocchi	CNR Oristano
Andrea	Cucco	CNR Oristano
Massimo	Perna	LaMMA
Michele	Bendoni	LaMMA
Henriette	Demangeon Tinti	Corse Drone Expertise



Interreg



SICOMAR plus

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Le 20 novembre 2019, à Bonifacio, l'OEC, Office de l'Environnement de la Corse a organisé un workshop dans le cadre du programme européen SICOMAR plus avec la Région Toscane, chef de file du projet, le service Espaces protégés de l'UAC, gestionnaire de la Riserva Naturali di i Bucchi di Bunifaziu (RNBB), l'Université de Pise, le CNR d'Oristano (IAS-CNR) et le Consortium LAMMA. Un protocole commun a été approuvé pour évaluer la vulnérabilité de la biodiversité dans la zone côtière et créer des "cartes de risques" en cas de déversement d'hydrocarbures.

Les études préliminaires (protocole, exploitation des résultats) menées cet été à Capraia et dans la RNBB ont ainsi été validées et seront appliquées à partir du printemps 2020 dans la RNBB et dans l'archipel Toscan.

Parallèlement, la RNBB a lancé une étude afin d'optimiser l'utilisation des drones pour la photographie en 3D de cette frange côtière par la technique de photogrammétrie. Ces images permettront d'aider à la mise en œuvre des protocoles scientifiques, mais également de disposer de preuves photographiques de la biodiversité exceptionnelle de la Corse.

Cette réunion a également permis de montrer l'avancée des modèles prévisionnels de dispersion des polluants selon les courants et les conditions météorologiques.

Pour plus d'informations sur l'événement, cliquez ici:

<http://interreg-maritime.eu/web/sicomarplus/-/biodiversita-e-vulnerabilita-a-bonifacio-nasce-un-protocollo-comune-transfrontaliero>



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Bibliografia/ Bibliographie

- Ballesteros, E., X. Torras, S. Pinedo, M. Garcia, L. Mangialajo, and M. De Torres. 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine pollution bulletin* 55:172–180.
- Benedetti-Cecchi, L., L. Tamburello, E. Maggi, and F. Bulleri. 2015. Experimental perturbations modify the performance of early warning indicators of regime shift. *Current biology* 25:1867–1872.
- Rindi, L., M. Dal Bello, L. Dai, J. Gore, and L. Benedetti-Cecchi. 2017. Direct observation of increasing recovery length before collapse of a marine benthic ecosystem. *Nature ecology & evolution* 1:153.
- Tamburello, L., F. Bulleri, I. Bertocci, E. Maggi, and L. Benedetti-Cecchi. 2013. Reddened seascapes: experimentally induced shifts in 1/f spectra of spatial variability in rocky intertidal assemblages. *Ecology* 94:1102–1111.
- Thibaut, T., A. Blanfuné, C. F. Boudouresque, S. Personnic, S. Ruitton, E. Ballesteros, D. Bellan-Santini, C. N. Bianchi, S. Bussotti, and E. Cebrian. 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine pollution bulletin* 117:311–329.