

STAZIONE STARESO

Pte de la Revellata – BP 33 – 20260 Calvi

(Corsica) - FRANCIA

Tel: +33 (0)6 86 22 32 61



Aprile 2020



L'Uffiziu di l'Ambiente di a Corsica (UAC)

***Studio delle comunità vegetali presenti
sulle spiagge di Rondinara e Balistra e
caratterizzazione dei depositi di banchi di
Posidonia***



L'Uffiziu di l'Ambiente di a Corsica (UAC)

Studio delle comunità vegetali presenti sulle spiagge di Rondinara e Balistra e caratterizzazione dei depositi di banchi di Posidonia

Incarico di consulenza affidato a STARESO da parte de:

L'Office de l'environnement de la Corse (OEC/Ufficio per l'ambiente della Corsica UAC) nell'ambito del PROGETTO GIREPAM

« Gestione integrata delle reti ecologiche attraverso i parchi e le aree marine »

INTERREG Italia-Francia MARITTIMO 2014-2020

Il gruppo STARESO si articola nel modo seguente:

<u>Direttore della stazione:</u>	P. Lejeune – p.lejeune@stareso.com
<u>Responsabile scientifico:</u>	M. Marengo – michel.marengo@stareso.com M. Leduc – m.leduc@stareso.com
<u>Redazione e cartografia:</u>	Q. Fontaine – quentin.fontaine@stareso.com
Operatori sul campo:	Q. Fontaine – quentin.fontaine@stareso.com L. Fullgrabe – lovina.fullgrabe@stareso.com

Questo studio deve essere citato come:

Fontaine Q., Fullgrabe L., Paradis G., Sorba V., Pozzo Di Borgo M-L., Cancemi G., & Lejeune P. (2020) - Etude des communautés végétales présentes sur les plages de Rondinara et Balistra et caractérisation des dépôts de banquettes de Posidonie (Studio delle comunità vegetali presenti sulle spiagge di Rondinara e Balistra e caratterizzazione dei depositi di banchi di Posidonia). Progetto Girepam. Contratto STARESO-OEC. E07-19 : 108pp



Riepilogo

Contesto e obiettivi dello studio	3
Contesto	4
Obiettivi	7
Metodologia	9
La zona oggetto dello studio	10
Protocollo sul campo	11
Sintesi bibliografica.....	11
Studio sull'occupazione del suolo.....	11
Monitoraggio dell'evoluzione dei depositi di banchi di Posidonia nel 2019.....	12
Composizione dei banchi di sedimenti.....	13
Periodi di monitoraggio e campionamento	15
Risultati	17
Studio sull'occupazione del suolo	18
Spiaggia di Rondinara.....	18
Introduzione.....	18
Impatti antropici.....	19
Impatti precedenti (nel 1994).....	19
Impatti attuali (nel 2019).....	20
Descrizione della vegetazione	24
Descrizione della vegetazione nel 2019.....	28
Confronto tra carta della vegetazione del 1993 e del 2019.....	36
Conclusione.....	38
Spiaggia di Balistra.	41
Introduzione.....	41
Impatti antropici.....	42
Impatti precedenti (nel 1994).	42
Impatti attuali (nel 2019).	43
Descrizione della vegetazione	47
Descrizione della vegetazione nel 2019.....	49
Confronto tra carta della vegetazione del 1993 e del 2019.....	61
Conclusione.....	62





Contesto e obiettivi dello studio

CONTESTO E OBIETTIVI DELLO STUDIO



- Contesto

Il bacino del Mediterraneo, che copre una superficie di circa 2,5 milioni di km², è la prima destinazione turistica al mondo. Il litorale, che si estende su una lunghezza di circa 46.000 km, si trova all'interfaccia tra gli ecosistemi terrestri e marini ed è dotato di una grande ricchezza paesaggistica. Le zone costiere del Mediterraneo costituiscono un territorio dinamico poiché sono, da un lato, influenzate dal mare e dalle condizioni meteorologiche, dall'altro, luogo di sviluppo turistico, economico e di crescita demografica incessante. Quindi, la gestione integrata della zona costiera a lungo termine, che ha per obiettivo la coabitazione di attività umane e protezione dell'ambiente, si presenta come un compito complesso.

Il litorale del Mediterraneo presenta un'alternanza di coste sabbiose e rocciose, oltre a un insieme di ecosistemi la cui presenza e il cui sviluppo dipendono da numerosi fattori. Ad esempio, alcuni studi condotti su 44 spiagge dell'Alta Corsica hanno mostrato che la morfologia di una spiaggia e degli ecosistemi associati (terrestri e marini) sono influenzati dalle condizioni meteorologiche, dal regime idrodinamico e dal contesto geomorfologico (Belon *et al.*, 2013 ; Belon, 2017).

Posidonia oceanica (L.) Delila è un fanerogamo endemico del Mediterraneo che forma il tipico ecosistema marino erbaceo di Posidonia che è possibile trovare a profondità comprese tra la superficie e i 40 m. Questa specie di alga molto diffusa sotto forma di praterie sottomarine, ricopre oggi tra l'1 e il 2% dei fondali del Mediterraneo, vale a dire da 3,5 a 3,7 milioni di ettari (Rico-Raimondino, 1995 ; Pasqualini *et al.*, 1997). La Posidonia svolge molteplici funzioni all'interno dell'ecosistema e riveste quindi un ruolo determinante dal punto di vista ecologico, economico,

sedimentario e come bioindicatore (Hemminga & Duarte, 2000 ; Pergent *et al.*, 2012 ; Vassallo *et al.*, 2013).

Durante tutto l'anno delle foglie di Posidonia si formano a partire da un rizoma per poi vivere e crescere per un periodo di 5 - 15 mesi in primavera e in estate (Boudouresque *et al.*, 2006a). Durante questa fase della vita, la Posidonia fa da produttore di ossigeno (un m² di prateria a 10 m di profondità produce in media 14 l di O₂/giorno) (Bay, 1978). La prateria rappresenta un rifugio e una zona di "nursery" di numerose specie di pesci, molluschi e altre specie di interesse commerciale (Gobert *et al.*, 2007). Inoltre, attenua l'energia cinetica delle particelle e dei materiali in sospensione che sedimentano più rapidamente. Contribuisce così a migliorare la trasparenza dell'acqua, a ridurre l'idrodinamica e a proteggere le coste dall'erosione (Jeudy de Grissac & Boudouresque, 1985). Molto sensibile alle perturbazioni (variazioni di salinità, torbidità, luminosità, arricchimento in nutrienti...), questo fanerogamo marino è indicatore di qualità dell'ambiente e delle acque marine costiere (Pergent *et al.*, 1995).

La Posidonia perde inoltre le sue foglie durante tutto il corso dell'anno, in particolare nei mesi di settembre e ottobre (Gallmetzer *et al.*, 2005). Una volta morte, queste foglie cadono sul fondale e formano, insieme ai sedimenti, i rizomi, le radici e altri detriti vegetali e animali, la lettiera che fa da supporto allo sviluppo della prateria chiamata matte (Otero *et al.*, 2018). Quest'ultima svolge la funzione di deposito di carbonio andando a intercettare l'anidride carbonica (CO₂) (Duarte *et al.*, 2010). Le foglie morte di Posidonia si accumulano all'interno della stessa prateria e/o vengono esportate verso gli ambienti adiacenti (Pergent *et al.*, 1994).

Dopo il periodo di bonaccia estiva propizia all'accumulo di grandi quantità di

foglie morte sui fondali, la combinazione di venti al largo, tempeste autunnali, correnti e innalzamenti del livello del mare, comporta naturalmente la risospensione, il trasporto e poi il deposito di questi pacchetti di foglie morte sulle spiagge (Boudouresque et Meinesz, 1982).

Questi residui, mescolati a sedimenti di natura e granulometria diverse, si accumulano e finiscono per formare dei

banchi che possono misurare, in casi eccezionali, 2,5 m di spessore (Picard, 1965) (Fig. 1). Il loro tenore di acqua e sedimenti varia a seconda della stagione, dell'idrodinamica, della freddezza e da una spiaggia all'altra. Le proporzioni dei sedimenti sono generalmente più importanti nella zona posteriore della spiaggia, a livello dei banchi più vecchi (Cancemi et Buron, 2008).



Figura 1: Carta della ripartizione delle praterie e dei banchi di Posidonia (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) e delle dune costiere lungo la costa del Mediterraneo (Otero et al., 2018)

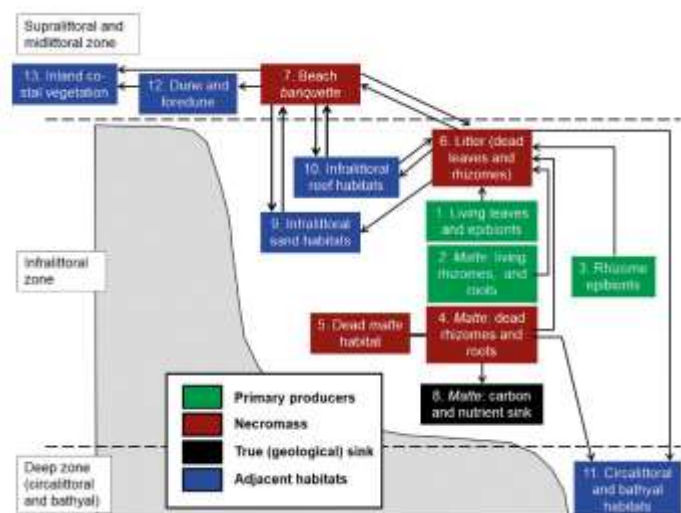


Figura 2: Schema ecosistemico che illustra la formazione e la funzione dei banchi di Posidonia (Boudouresque, 2016)

Questi banchi svolgono una funzione ecologica ed economica importante. Proteggono direttamente le spiagge dall'erosione, riducendo l'intensità delle onde e conservando una grande quantità di sedimenti (Chessa *et al.*, 2000), andando a plasmare le coste e influiscono sull'energia della deriva dei sedimenti (Atzeni *et al.*, 2004 ; Di Gregorio *et al.*, 2000). Le foglie e le epifite costituiscono una risorsa alimentare per gli ecosistemi delle dune ricche di invertebrati detritivori (Mateo *et al.*, 2003 ; Remy, 2010) e per la risorsa alieutica da cui dipende la piccola pesca costiera (Belon, 2017). Quando vengono deposte più lontano dai venti, le foglie morte di Posidonia possono anche fare da concime e da supporto per la vegetazione, permettendo così il mantenimento e poi lo sviluppo dell'area retrodunare (Duarte, 2004) (Fig. 2 e 3).



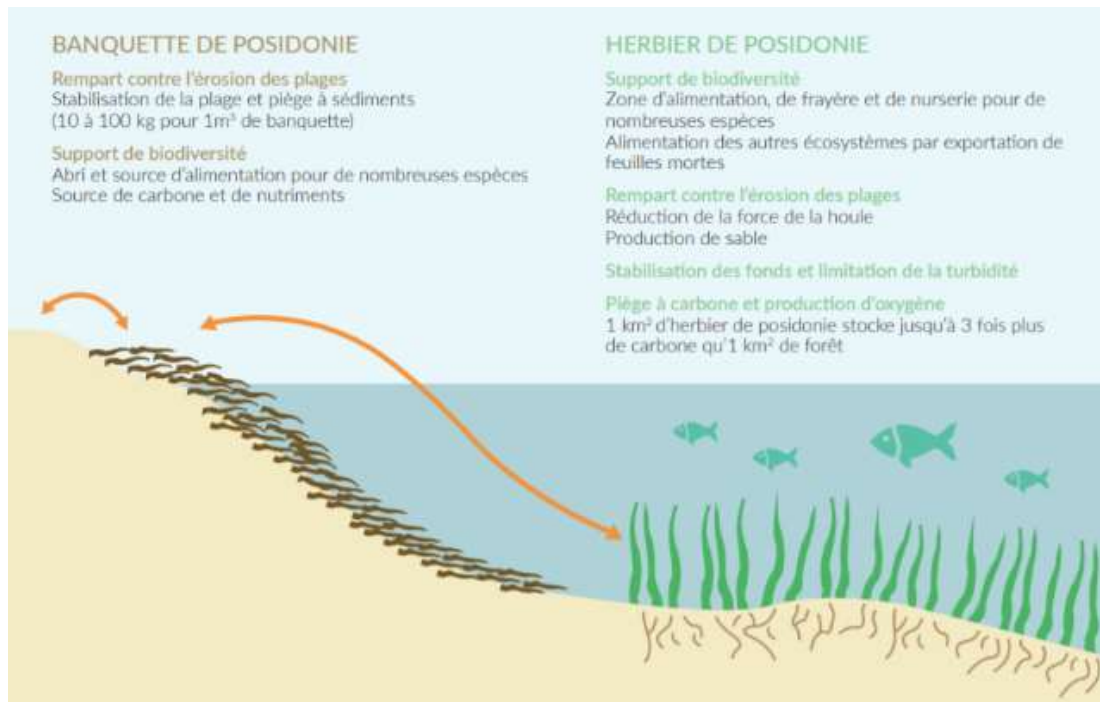


Figura 3: Schema illustrante il ruolo dei banchi di Posidonia (*Posidonia oceanica*) sulle spiagge (DREAL PACA, 2019)

Essendo particolarmente abbondanti e ricoprendo vaste superfici a livello di determinate spiagge, i banchi di Posidonia possono creare dei problemi agli enti locali (Otero *et al.*, 2018). In effetti, numerosi studi hanno messo in evidenza che questi accumuli di foglie morte erano solitamente percepiti come inquinamento, fonte di odori sgradevoli che rendevano difficile l'accesso al mare, riducendo lo spazio disponibile sulle spiagge (indagine condotta da parte dell'Office de l'Environnement de la Corse nel 2008 ; Krelling *et al.*, 2017 ; Borello *et al.*, 2018 ; DREAL PACA, 2019).

Alcuni enti locali e operatori turistici, per motivi essenzialmente estetici, turistici e di

mancata conoscenza della funzione ecologica di questo ecosistema, asportano questi banchi e li spostano altrove all'avvicinarsi della stagione estiva (Guala *et al.*, 2006). Numerosi studi hanno analizzato la dinamica dei banchi di fronte agli sforzi naturali sull'ambiente ma anche l'impatto del loro spostamento e della loro asportazione sugli ecosistemi adiacenti (Belon, 2017 ; DREAL PACA, 2019). Altri hanno cercato di censire i diversi metodi di gestione di tali accumuli (Cancemi, 2010 ; Martin, 2017). Di solito, lo spostamento dei banchi ha delle conseguenze ed è all'origine di un "circolo vizioso" (Belon, 2017) (Fig. 4).

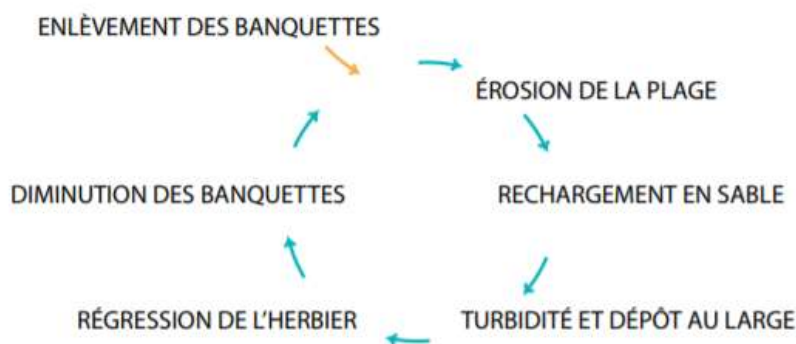


Figura 4: Schema illustrante le conseguenze dello spostamento dei banchi di Posidonia sulle spiagge (DREAL PACA, 2019)

In effetti, spostando i banchi mediante l'uso di macchinari meccanici pesanti e costosi, le spiagge in questione non sono più protette dall'erosione e la sabbia restante viene portata via dalle tempeste e insabbia le praterie in prossimità, l'erosione e l'arretramento delle spiagge sono accelerati e, di conseguenza, si affrontano generalmente enormi operazioni di reinsabbiamento, anch'esse costose (De Falco *et al.*, 2008, Cancemi *et Buron*, 2008). *Posidonia oceanica* (L.) Delila è una specie protetta, sia vivente sotto forma di prateria,

sia morta sotto forma di banchi. Quindi, qualsiasi lavoro di ripascimento della spiaggia o di smaltimento dei banchi possono essere eseguiti previo ottenimento di una deroga da parte dell'amministrazione pubblica per la distruzione di specie protette Tab. 1) (Boudouresque *et al.*, 2006b ; DREAL PACA, 2018 ; Claudel *et al.*, 2019).

Tabella 1: Elenco delle normative a protezione della prateria di Posidonia (*Posidonia*

Emanazione	Normativa
Francia	Decreto interministeriale del 19 luglio 1988 sull'elenco delle specie vegetali marine protette
	Decreto applicativo (20 settembre 1989) della legge relativa alle zone costiere del 3 gennaio 1986
	Legge del 10 luglio 1976
Europa	Direttiva europea per la Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, detta "Habitat", n°92/43/CEE (Allegato I) del 21 maggio 1992
Internazionale	Convenzione di Berna (febbraio 1996)
	Convenzione di Barcellona (novembre 1996)

- Obiettivi

Sui milioni di ettari ricoperti dalla Posidonia nel Mediterraneo, la Corsica, a causa delle sue acque molto limpide, ne totalizza vaste superfici in modo quasi continuo lungo tutto il suo litorale e fino, talvolta, a più di 40 m di profondità (Pasqualini, 1997). Secondo numerosi studi di cartografia degli accumuli di banchi di Posidonia sulle spiagge corse e della Sardegna, molti di essi si trovano ricoperti di uno spessore più o meno consistente di foglie morte alla fine dell'autunno (De Falco *et al.*, 2008; Belon *et al.*, 2013). Tali depositi, essendo oggetto di lamentele da parte di alcune popolazioni locali o dei turisti che possono generare conflitti tra gli utenti del litorale, richiedono modalità di gestione adeguate.

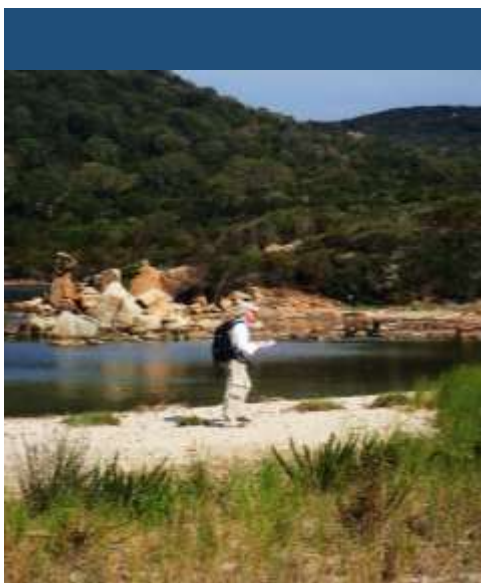
L'Office de l'Environnement de la Corse (OEC), attraverso la missione GECT-PMIBB (Groupement Européen de Coopération Territoriale-Parc Marin International des Bouches de Bonifacio) nell'ambito del progetto GIREPAM (Gestione Integrata delle Reti Ecologiche attraverso i parchi e le Aree Marine), ha l'obiettivo di formulare degli orientamenti e delle soluzioni concrete di gestione dei banchi che siano adeguate e ponderate. Queste potrebbero consistere nella sperimentazione di metodi di asportazione parziale dei banchi senza impatti e nell'individuazione dei siti e delle modalità di conservazione più idonei al sistema spiaggia. Tali azioni dovranno tener conto della frequentazione estiva delle spiagge, della sicurezza delle persone e della funzione ecologica riconosciuta ai banchi nell'equilibrio sedimentario e nella manutenzione delle spiagge.



L'obiettivo di questa consulenza è stato di ottenere una serie di elementi di conoscenza sulle spiagge di Balistra e di Rondinara (Corsica del sud):

- effettuando la caratterizzazione delle comunità vegetali presenti secondo il metodo fitosociologico sigmatista (Meddour, 2011; Paradis & Piazza, 1994; Piazza & Paradis, 1994) e grazie a una dettagliata cartografia;
- effettuando un monitoraggio dell'evoluzione del deposito di banchi di Posidonia accumulati 1 volta al mese, per 1 anno (da gennaio 2019 a gennaio 2020);
- analizzando il contenuto in sedimenti delle diverse tipologie di banco (formazioni vecchie e recenti).





Metodologia

Metodologia

10

- La zona oggetto dello studio

Il monitoraggio e la caratterizzazione delle comunità vegetali e dei banchi di Posidonia si sono svolti sulle spiagge di Balistra e Rondinara. Queste 2 spiagge sono situate nella Corsica del sud, all'interno della Riserva Naturale delle Bocche di Bonifacio (RNBB). Essendo sottoposte alla formazione di banchi di Posidonia, molto frequentate nel periodo estivo ed occasionalmente oggetto di pulizia meccanica e di monitoraggi mensili a partire da dicembre 2018 per la distribuzione dei loro banchi e dei volumi accumulati (missione GECT-PMIBB), queste 2 spiagge si presentano come siti di studio pertinenti e idonei ad eventuali sperimentazioni.

La spiaggia di Balistra, ubicata all'interno del comune di Bunifaziu a nord del golfo di Sant'Amanza, è dotata di una postazione di Pronto Soccorso, un accesso per le persone a mobilità ridotta (PMR), una

zona dedicata alla balneazione e un capanno-ristorante (Fig. 5).

Molto frequentata in estate, questa spiaggia è già stata monitorata nel 2017 a causa delle difficoltà di accesso e di sorveglianza del bacino idrico a causa della presenza di banchi di Posidonia.

La spiaggia di Rondinara, situata anch'essa nel comune di Bunifaziu all'interno del golfo di Rondinara, gode dell'arrivo di persone via terra e via mare (Fig. 6). Si tratta di una spiaggia in fondo al golfo altamente frequentata, relativamente accessibile dalla strada dietro la quale si trova un campeggio.



Figura 5: Localizzazione della spiaggia di Balistra



Figura 6: Localizzazione della spiaggia di Rondinara

- Protocollo sul campo

2.1. Sintesi bibliografica

STARESO ha realizzato una sintesi bibliografica che riprende l'insieme dei dati acquisiti sulla zona e sullo stesso tema che ha consentito di sostenere le interpretazioni e appoggiare le analisi delle sfide ambientali in tutto il presente rapporto.

2.2. Studio sull'occupazione del suolo

Per ciascun sito, è stata realizzata una descrizione dell'impatto antropico e della vegetazione secondo il metodo fitosociologico sigmatista tra la fine del mese di agosto e l'inizio del mese di settembre in collaborazione con l'associazione ASTERE (Association Scientifique de Travaux, Etudes et Recherches sur l'Environnement- Associazione scientifica di lavori, studi e ricerche sull'ambiente) che aveva già effettuato degli studi fitosociologici e cartografici sui litorali sabbiosi dei siti di Rondinara e Balistra nel 1994 (Paradis & Piazza, 1994) (Fig. 7). Il monitoraggio si sarebbe dovuto svolgere nel mese di agosto ma, avendo richiesto quello di Balistra più tempo del previsto nello stesso mese, la spiaggia di Rondinara è stata sottoposta a osservazione qualche giorno più tardi, all'inizio del mese di settembre.



Figura 7: Rilievi fitosociologici effettuati dal Sig. Guilhan PARADIS (esempio sulla spiaggia di Balistra il 27 agosto 2019)

Per questo sono stati eseguiti:

- dei rilievi localizzati lungo transetti perpendicolari alla linea di costa. L'associazione ASTERE ha realizzato l'individuazione e la descrizione dettagliata delle associazioni vegetali e delle specie patrimoniali (protette, rare e/o menzionate sulle diverse liste rosse) sotto forma di tabelle;
- una cartografia semi-schematica e digitale con sistemi GIS della vegetazione in scala 1:2000 che rappresenta la distribuzione spaziale delle diverse associazioni vegetali;
- uno studio diacronico consistente nel confronto di vecchie immagini e di risultati (transetti e cartografia) ottenuti nel corso di studi precedenti con quelli del 2019 che permettono di fornire elementi relativi all'evoluzione dell'antropizzazione e delle strutture vegetali.
- una valutazione dello stato di conservazione degli habitat dunari di fronte agli sforzi naturali e alle pressioni antropiche.

2.3. Monitoraggio dell'evoluzione dei depositi di banchi di Posidonia nel 2019

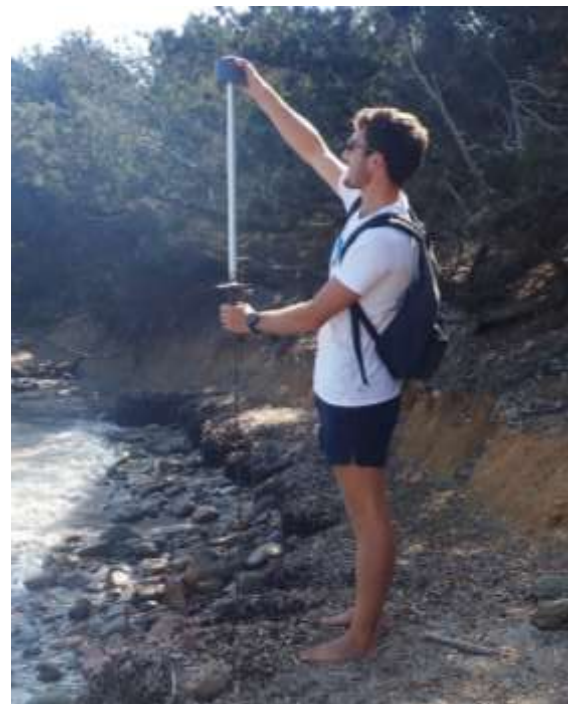
I banchi di Posidonia sono stati caratterizzati 1 volta al mese da gennaio 2019 a gennaio 2020 grazie all'associazione di un monitoraggio effettuato dall'OEC tra gennaio 2019 e agosto 2019 e un monitoraggio effettuato da STARESO da agosto 2019 a gennaio 2020.

Per quanto riguarda il monitoraggio effettuato da STARESO, per ogni sito, 1 volta al mese a partire dal mese di agosto 2019 al mese di gennaio 2020:

- la distribuzione dei diversi depositi di banchi è stata geolocalizzata grazie all'impiego di un GPS. L'operatore ha preso in esame ogni banco rilevando punti GPS con elevata frequenza (ogni 5-10 m) sul suo tragitto. In totale, sono stati rilevati 1056 punti GPS per l'insieme delle 2 spiagge. Al fine di anticipare e semplificare il lavoro invernale riguardante lo studio del tenore di sedimenti dei diversi tipi di banchi, è stata eseguita una differenziazione tra le formazioni che sembrano più vecchie, solitamente in posizione più arretrata sulla spiaggia, e le formazioni che sembrano essere più recenti, attraverso semplici osservazioni e basate sulla valutazione dell'operatore durante ogni missione sul campo;
- delle misurazioni della compattezza sono state eseguite a caso e in modo generalizzato e relativamente omogeneo mediante l'impiego di un penetrometro 1 volta al mese ad ogni missione sul campo (Francour *et al.*, 1999) (Fig. 8). Questo metodo, solitamente impiegato per l'analisi dei parametri di vitalità della prateria di Posidonia, consiste nello sganciare un peso di 5 kg lungo un tubo di 1 m al fine di misurare la profondità di seppellimento del penetrometro (asta graduato), indicatrice della compattezza del substrato in

questione. Queste misurazioni di compattezza hanno permesso di determinare e di verificare il numero di categorie (o di tipologie) di banchi.

il volume dei depositi di banchi è stato stimato grazie alla misurazione della loro superficie e della loro altezza in diversi punti (Fig. 9). Oltre a calcolare



e a conoscere l'altezza media di ogni banco, è stato possibile, grazie a un numero sufficiente di rilievi, mettere in risalto le variazioni di spessore di ogni deposito. È stata realizzata una cartografia illustrante i gradienti di spessore longitudinali e trasversali su tutte le superfici ricoperte. Tuttavia, sembra importante segnalare che i monitoraggi effettuati da parte dell'OEC e di STARESO, benché siano entrambe rappresentative delle osservazioni sul campo, non hanno impiegato esattamente lo stesso protocollo per quanto concerne il parametro "spessore". In effetti, l'OEC ha annotato, per ogni banco, lo spessore minimo, medio e massimo. L'operatore di STARESO, invece, ha effettuato delle misurazioni

dello spessore in corrispondenza di numerosi punti georeferenziati (in totale 896 da agosto 2019 a gennaio 2020 per le 2 spiagge) e distribuiti in modo casuale e omogeneo all'interno di ogni banco. Anche se questi 2 protocolli non riguardano per nulla il calcolo delle superfici e dei volumi totali a livello della spiaggia, quest'ultimo metodo offre il vantaggio di valutare in modo più accurato i gradienti di spessore all'interno di ogni deposito ;

- per ogni mese è stata realizzata una cartografia in scala 1:2000 (sistema di proiezione di Lambert 93/RGF 93), associata a una documentazione fotografica geolocalizzata (1 punto GPS per ogni foto) che rappresenta la distribuzione dei diversi depositi.



Figura 9: Misurazione dello spessore a nord della spiaggia di Rondinara il 23 gennaio 2020

Per ogni sito, la quantità di sedimento presenti nelle diverse tipologie di banchi, preventivamente individuati e discriminati sulla base delle misurazioni di compattezza, è stata calcolata nel mese di gennaio 2020.

Al fine di analizzare la composizione di questi banchi:

- è stato eseguito un numero rappresentativo di carotaggi mediante un carotiere di 20 cm per lato, vale a dire 0,008 m³ di volume. Il disciplinare prevedeva di prendere in considerazione almeno 2 banchi da 50 m di lunghezza minima su ogni sito, di tracciare 3 transetti trasversali (perpendicolari alla linea di costa) per banco, poi di realizzare 3 carote per transetto nel modo seguente:
 - o se lungo un transetto lo spessore del banco non avesse mai superato gli 80 cm, sarebbero stati effettuati 3 carotaggi in 3 punti equidistanti;
 - o se lungo un transetto il banco avesse superato gli 80 cm, sarebbero stati effettuati 3 carotaggi in corrispondenza di 2 punti diversi: 1 carotaggio nel punto in cui il banco avesse misurato meno di 80 cm e 2 carotaggi a 2 profondità diverse nel punto in cui si fossero misurati più di 80 cm (1 in superficie e 1 in profondità).

2.4. Composizione dei banchi di sedimenti

Tuttavia, poiché i banchi lungo la linea di costa erano relativamente stretti, si è deciso, in accordo con il committente dello studio, di eseguire dei carotaggi in modo omogeneo, esclusivamente in superficie e longitudinalmente alla linea di costa all'interno di ogni tipo di banco (di scarsa compattezza, di media compattezza e di forte compattezza) (Fig. 10).



Figura 10: Carota ottenuta in un vecchio banco al centro della spiaggia di Rondinara il 24 gennaio 2020



Figura 11: Insacchettamento di una carota ottenuta in un banco fresco a nord della spiaggia di Rondinara il 24 gennaio 2020

È stato tuttavia rispettato il piano di campionamento globale che prevedeva 18 campioni per spiaggia. In tal modo è stato recuperato un numero equivalente di carote per tipologia di banco tale da avere la stessa rappresentatività per ogni tipologia (Fig. 11).

Quando vi erano 3 tipologie, sono state prelevate 6 carote per tipo di banco; quando ve ne era 1, sono stati realizzati 18 campioni. Ogni campione è stato accuratamente geolocalizzato.

È stata calcolata la frazione sedimentaria di ogni carota. Per questo, è stata integralmente setacciata la carota in acqua al fine di separare i sedimenti dai detriti vegetali (Fig. 12). La frazione sedimentaria è stata recuperata, poi messa in forno (Fig. 13) e il peso a secco è stato calcolato ed espresso in kg/m^3 di banco (Fig. 14).



Figura 12: Setacciatura di una carota in acqua



Figura 13: Messa in forno delle frazioni sedimentarie estratte dalle carote



Figura 14: Pesatura di una frazione sedimentaria originata da una carota di banco di Posidonia e asciugata in studio

3 Periodi di monitoraggio e campionamento

Per le 2 spiagge, le missioni sul campo effettuate da OEC, STARESO e ASTERE sono state eseguite rispettivamente nelle modalità seguenti (Tab. 2):

Va osservato che, a causa di una scarsa probabilità di trovare banchi nel mese di dicembre, l'incarico di eseguire tale missione è affidato a un operatore dell'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) che si trova sul luogo.

Tabella 2: Riepilogo delle date delle missioni sul campo e delle diverse manipolazioni effettuate da OEC, STARESO e ASTERE sulle spiagge di Balistra e di Rondinara.

Missioni sul campo di STARESO	Vegetazione	Evoluzione dei banchi	Composizione dei banchi
Gennaio 2019		OEC	
Febbraio 2019		OEC	
Marzo 2019		OEC	
Aprile 2019		OEC	
Maggio 2019		OEC	
Giugno 2019		OEC	
Luglio 2019		OEC	
Agosto 2019	ASTERE	OEC / STARESO	
Settembre 2019	ASTERE	STARESO	
Ottobre 2019		STARESO	
Novembre 2019		OEC	
Dicembre 2019		STARESO	
Gennaio 2020		STARESO	STARESO





Risultati

RISULTATI

1 Studio sull'occupazione del suolo

Il Sig. Guilhan PARADIS, botanico specializzato in fitosociologia, dottore in scienze e presidente di ASTERE (Association Scientifique de Travaux, Études et Recherches sur l'Environnement) ha realizzato uno studio fitosociologico e cartografico dei litorali sabbiosi dei siti di Rondinara e di Balistra nel maggio 1993. Per il presente studio e al fine di disporre dello stesso protocollo e delle stesse conoscenze sul campo, il sig. PARADIS ha riprodotto lo stesso lavoro tra la fine del mese di agosto e l'inizio del mese di settembre 2019.

Il confronto di questi 2 studi, che comprendono una caratterizzazione precisa della vegetazione dell'area dunare e una valutazione dell'impatto antropico ha permesso:

- di quantificare il fenomeno di artificializzazione del suolo analizzando in modo descrittivo l'evoluzione temporale delle superfici costruite e del suolo nudo;
- d'individuare il tipo (o lo stadio evolutivo) delle dune esistenti in base alle comunità vegetali presenti.

1.1. Spiaggia di Rondinara

1.1.1. Introduzione

Ubicata nel comune di Bunifaziu, la spiaggia di Rondinara fa parte integrante della Riserva Naturale delle Bocche di Bonifacio (RNBB) e della zona Natura 2000 «Tre Padule de Suartone, Rondinara» all'interno della quale sono state individuati, in particolare, 17 habitat naturali d'interesse comunitario (di cui 2 prioritari: lagune costiere e dune costiere a *Juniperus spp.*) (DOCOB Natura 2000, 2015). Ubicata a sud ovest del golfo di Rondinara, l'omonima spiaggia si trova tra le rocce della base della collina Punta di Rondinara a sud e le rocce della collina situata subito a nord dello sbocco transitorio (grau) dello stagno di Rondinara. Una formazione rocciosa emergente separa il quarto nord dal resto della spiaggia (Fig. 15). Relativamente protetta dalle tempeste e dalle forti ondate grazie alle colline e alla stretta apertura del golfo, questa spiaggia misura circa 550 m di lunghezza. La sua metà sud è più stretta (circa 15 m di larghezza) e ha una pendenza più debole rispetto alla metà nord, larga circa 50 m.

Estremamente frequentata nel periodo estivo, questa spiaggia vede coabitare, su uno spazio relativamente ristretto, vegetazione dunare, depositi di banchi di Posidonia e attività balneari (ristorazione, attività ricreative, nautica da diporto...).



Figura 15: Delimitazione della spiaggia di Rondinara

1.1.2. Impatti antropici

Lo studio dell'occupazione del suolo della spiaggia di Rondinara e della sua integrazione in un contesto geografico più ampio ha permesso e permette di quantificare gli impatti dell'Uomo sulla vegetazione dunare e d'individuare le cause.

a. Impatti precedenti (nel 1994)

Nel 1994, PARADIS e PIAZZA avevano messo in evidenza che, per via della sua bellezza paesaggistica e della sua relativa distanza dalla strada statale N198, la spiaggia di Rondinara rappresentava un sito frequentato già a partire dalla fine della primavera. In effetti, la creazione di una strada sterrata di qualità abbastanza buona e un parcheggio dietro la spiaggia, oltre a un piccolo bar e a un ristorante sulla spiaggia hanno contribuito a rendere questo sito facilmente accessibile e ambito.

In generale, gli impatti inventariati nel 1994 erano:

- la perdita delle specie perenni di *Ammophiletea* e *Helichryso-Crucianelletea* legata alla pulizia della spiaggia in primavera con raccolta dei depositi di *Posidonia*. La scarsità di queste specie perenni favoriva lo sviluppo delle terofite primaverili (*Malcolmietalia* e delle *Brometalia*);
- il calpestio delle specie perenni e delle terofite estive *Salsolo-Cakiletum* dovuto all'enorme frequentazione balneare;
- l'alleggerimento degli alberi e degli arbusti di forteto e la moltiplicazione di sentieri che attraversano legata al campeggio libero;
- la nitrificazione della sabbia in seguito al pascolo di bovini in primavera che favorisce alcune specie vegetali come *Scolymus hispanicus* e le terofite *Brometalia*).

b. Impatti attuali (nel 2019)

In 25 anni, si sono susseguiti numerosi lavori che favoriscono l'aumento della frequentazione, in particolare nel periodo estivo.

b.1 Strada e parcheggio:

La strada sterrata di accesso alla spiaggia è stata asfaltata (fig. 16), il parcheggio privato è diventato a pagamento e si è allargato in aree prima occupate da campi (Fig. 17).



Figura 16: La strada di accesso alla spiaggia, un tempo sterrata, è oggi asfaltata



Figura 17: Parcheggio privato a pagamento alla base della strada che conduce alla spiaggia

b.2 Bar-ristorante:

La superficie occupata dal piccolo bar e dal ristorante si è decisamente ingrandita nel corso degli ultimi 20 anni. Oggi si tratta di un grande stabilimento considerato un "bar-ristorante". Quest'ultimo, installando sdraio

e lettini da spiaggia protetti da numerosi ombrelloni, ha letteralmente monopolizzato una gran parte della metà sud della spiaggia (Fig. 24). La costruzione di un piccolo pontile che conduce al ristorante e l'allargamento della strada hanno provocato il parziale riempimento di un piccolo talweg caratterizzato da un ruscelletto a scorrimento temporaneo, oltre al totale riempimento di un piccolo stagno temporaneo che presentava la specie rara protetta *Littorella uniflora*.

b.3 Negoziotto:

Un negoziotto che vende cappelli e abbigliamento estivo si è installato sulla spiaggia accanto allo sbocco del talweg parallelo alla strada e contribuisce anch'esso a favorire il calpestio (Fig. 24).

b.4 Pascolo di bovini:

Il pascolo di bovini sembra essere completamente scomparso dalla spiaggia di Rondinara a causa della totale assenza di vegetazione commestibile.

b.5 Depositi di detriti di Posidonia:

Negli anni 2005-2010, degli ammassi di detriti di Posidonia si sono ammassati direttamente sulla spiaggia, su tutta la lunghezza della sua metà settentrionale (Fig. 18). Successivamente, questi ammassi si sono raggruppati all'estremità nord. Mescolati a sabbia, hanno formato una grande collina, ben visibile ancora oggi (Fig. 24).



Figura 18: depositi di egagropile di Posidonia nella porzione alta della spiaggia

b.6 Frequentazione balneare:

La frequentazione della spiaggia consiste in un afflusso molto elevato di visitatori via terra e via mare in alta stagione, in particolare durante i 2 mesi estivi di luglio e agosto. Queste persone invadono la spiaggia, dove praticano varie attività ricreative (pedalò, bagno in mare...) e mangiano al ristorante. A causa delle alte temperature e di una forte esposizione al sole, i turisti sono solitamente costretti a cercare ombra sotto i pini nella porzione alta della spiaggia, cosa che comporta il calpestio di numerose specie vegetali dell'area retrostante della spiaggia (Fig. 19, 23 e 24).



Figura 19: Turisti all'ombra dei pini nella porzione alta della spiaggia

b.7 Bilancio:

Il risultato di questa eccessiva frequentazione è un calpestio estremo (Fig. 20) che distrugge il biotopo delle specie infeudate del litorale sabbioso (che appartengono alle classi fitosociologiche delle *Cakiletea maritima*e e delle *Euphorbio-Ammophiletea*).



Figura 20: *Lotus cytisoides* calpestato

Inoltre, nel settembre 2019, nessuna specie erbacea è stata osservata né nella porzione alta della spiaggia, né davanti alla macchia, né tra la formazione rocciosa emergente (a nord) e il limite della spiaggia (a sud). Il solo luogo in cui, alla fine dell'estate, resta un po' di vegetazione, si trova allo sbocco del talweg che costeggia la strada che conduce alla spiaggia e che passa davanti al grande bar-ristorante (associazione di *uncus acutus* e *Scirpoides holoschoenus* 21 e 22).



Figura 21: *Scirpoides holoschoenus*



Figura 22: *Juncus acutus* e *Dittrichia viscosa*

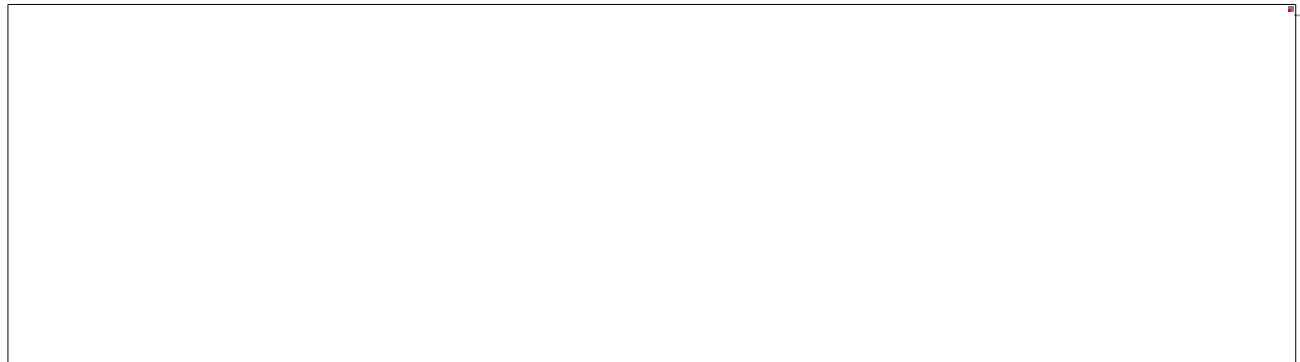


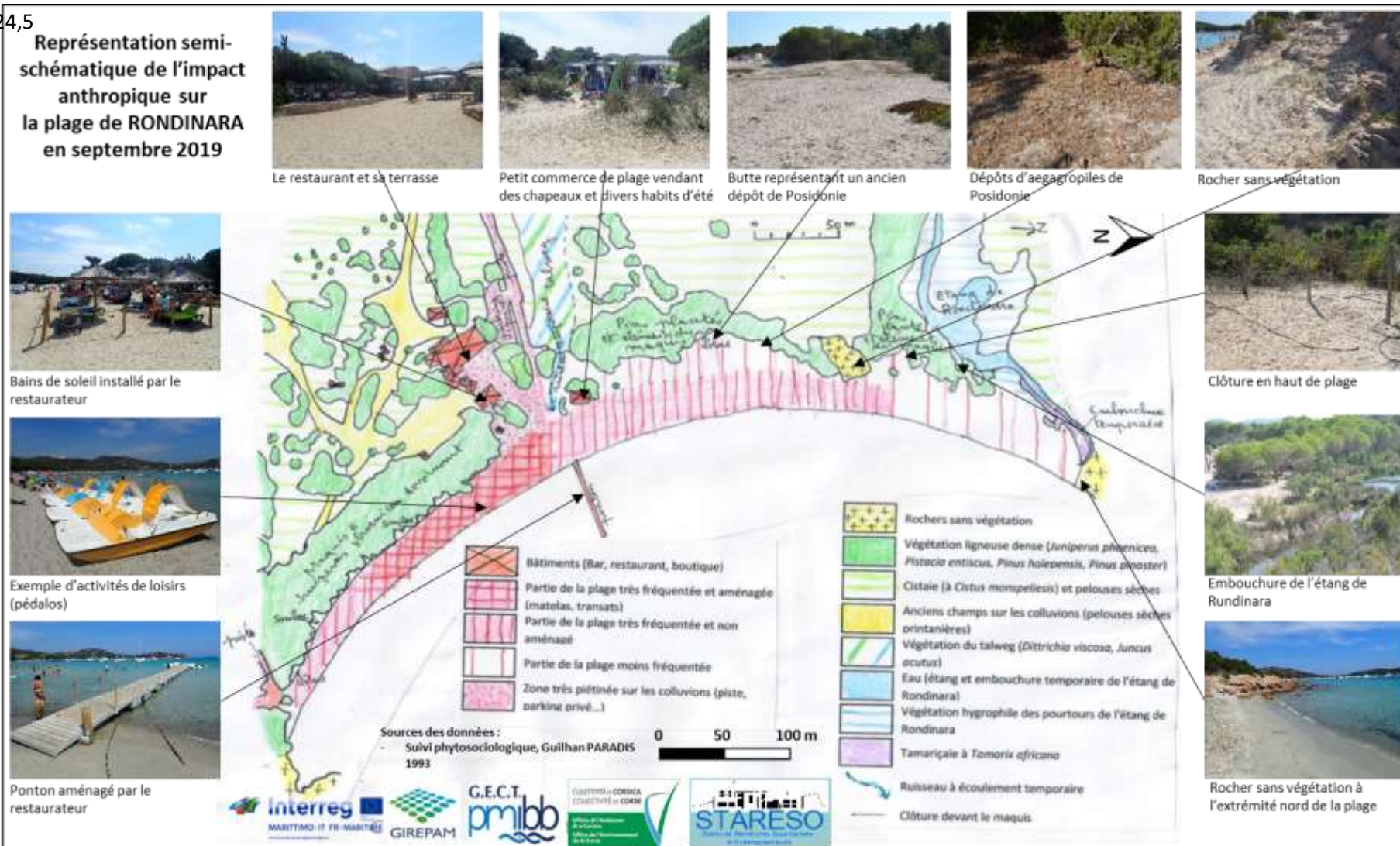
Figura 23: illustrazione della frequentazione della spiaggia di Rondinara nell'agosto 2019

È dunque apparso necessario, di fronte all'impatto crescente legato a questa frequentazione balneare, caratterizzare le comunità vegetali di questo cordone litorale al fine di valutare lo stato e l'evoluzione degli habitat dunari della spiaggia di Rondinara.

Inoltre, i depositi di Posidonia (ammassi di egagropili o banchi) sono sottoposti ad asportazione meccanica e sono oggetto di malcontento da parte dei bagnanti ma, al tempo stesso, fondamentali per il mantenimento e lo sviluppo della flora dunare, che rappresenta un elemento da considerare in accordo con la gestione di questa vegetazione.

24,5

Représentation semi-schématique de l'impact anthropique sur la plage de RONDINARA en septembre 2019



23

Figura 24: Rappresentazione semi-schematica dell'impatto antropico e di alcuni elementi naturali di riferimento sulla spiaggia di Rondinara nell'agosto 2019



1.1.3. Descrizione della vegetazione

La descrizione della vegetazione si basa su rilievi fitosociologici dettagliati, eseguiti il 5 settembre 2019, secondo il metodo fitosociologico sigmatista (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

La nomenclatura tassonomica segue Flora Gallica (Tison & de Foucault, 2014) ad eccezione di *Lotus cytisoides* L. sottospecie *conradiae* Gamisans, determinate con Flora Corsica (Jeanmonod & Gamisans, 2013) e denominate secondo questa flora.

La nomenclatura sintassonomica è, in generale, quella di Prodrôme des végétations de France (Bardat et al., 2004), abbreviato in PVF 2004.

Gli habitat sono denominati secondo diversi sistemi di riferimento gerarchizzati che propongono una classificazione degli habitat naturali:

- CORINE Biotopes (ENGREF, 1997);
- EUNIS (Conservatoire Botanique National de Corse, 2016);
- Manuale d'interpretazione degli habitat dell'Unione Europea (Anonymous, 2007).

Così, le mappe disponibili per lo studio della vegetazione sulla spiaggia di Rondinara sono:

- le carte della vegetazione del 1993 semi-schematiche e digitalizzate mediante GIS in scala 1:2500;
- le carte della vegetazione del 2019 semi-schematiche (Fig. 25) e digitalizzate mediante GIS in scala 1:2500, che corrispondono a una sintesi delle 3 carte seguenti;
- le 3 carte della vegetazione del 2019 semi-schematiche della parte nord, centrale e sud della spiaggia in scala

1:700. Queste mappe "intermedie" sono state realizzate in scala più accurata per avere una rappresentazione più precisa e fedele della realtà sul campo (Fig. 25).

La digitalizzazione mediante GIS (software QGIS) delle carte della vegetazione del 1993 e del 2019 in scala 1:2500 ha richiesto:

- l'implementazione e la georeferenziazione della mappa semi-schematica mediante GIS grazie all'individuazione di numerosi "punti di calibrazione" (26). Questa manipolazione consente di trasformare la carta del formato immagine in formato raster correttamente proiettata e georeferenzata (Fig. 27 a sinistra);
- il tracciato delle diverse associazioni vegetali (poligoni) e dei rilievi fitosociologici (punti) grazie a una sovrapposizione e a un gioco di trasparenza tra la mappa in formato raster e la lastra ortofotografica (fotografia aerea 2A-2016-1220-6065-LA93-0M20-E080) ad alta risoluzione (20 cm) del 2016 (Fig. 27 a destra).
- il rispetto della nomenclatura in vigore citata precedentemente.

L'analisi della copertura vegetale del 2019 e il confronto dei risultati attuali con quelli del 1993 hanno consentito di effettuare una valutazione qualitativa e quantitativa dell'evoluzione della vegetazione sulla spiaggia di Rondinara su un periodo di 25 anni.

L'analisi sviluppata nel seguito potrebbe permettere l'individuazione di proposte di misure di gestione della frequentazione da parte dell'uomo e dei banchi di Posidonia.

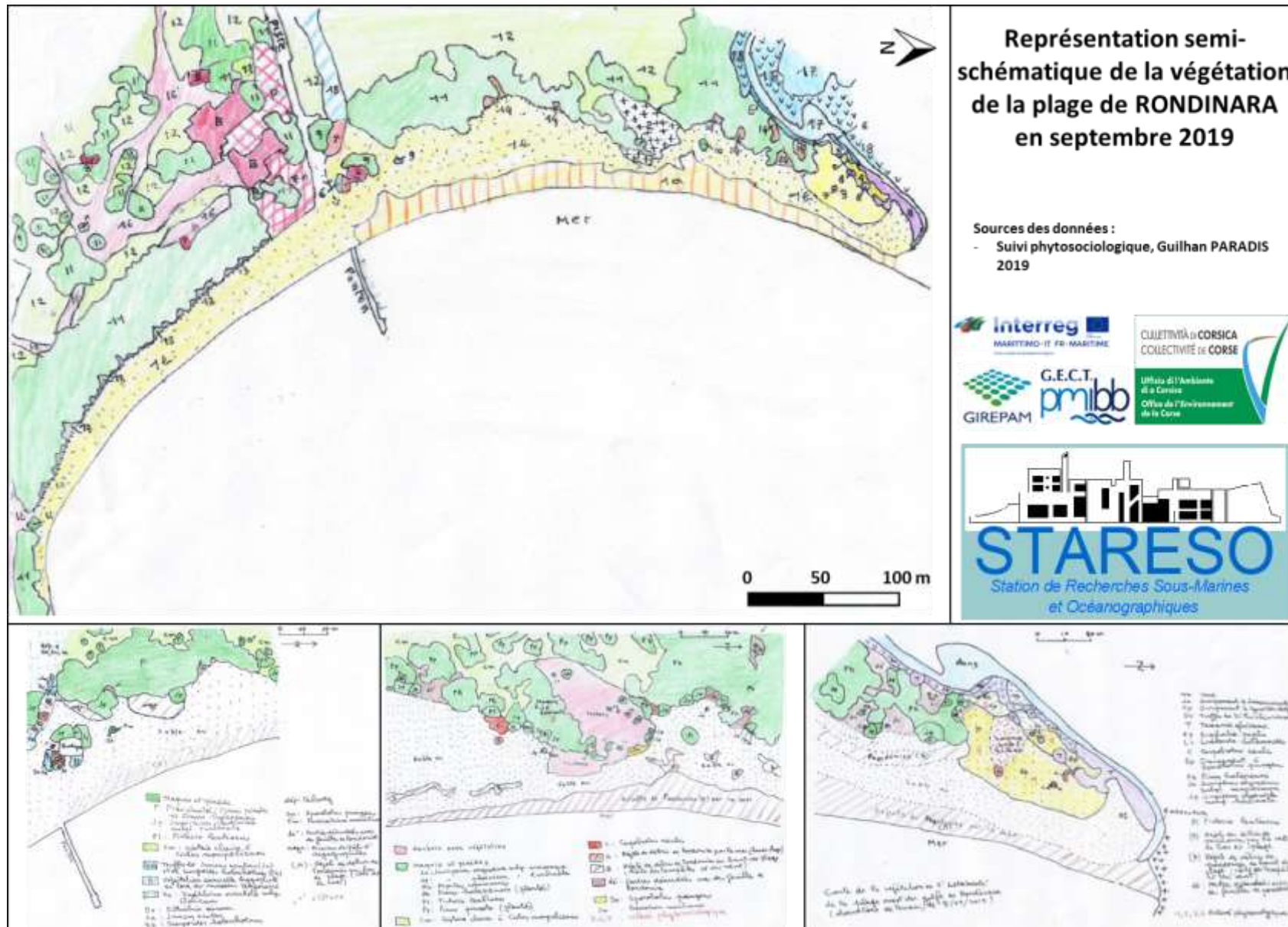


Figura 25: Carte semi-schematiche della vegetazione della spiaggia di Rondinara in scala 1:2500 (in alto) e 1:700 (in basso) dall'inizio di settembre 2019 (Guilhan PARADIS, 2019)

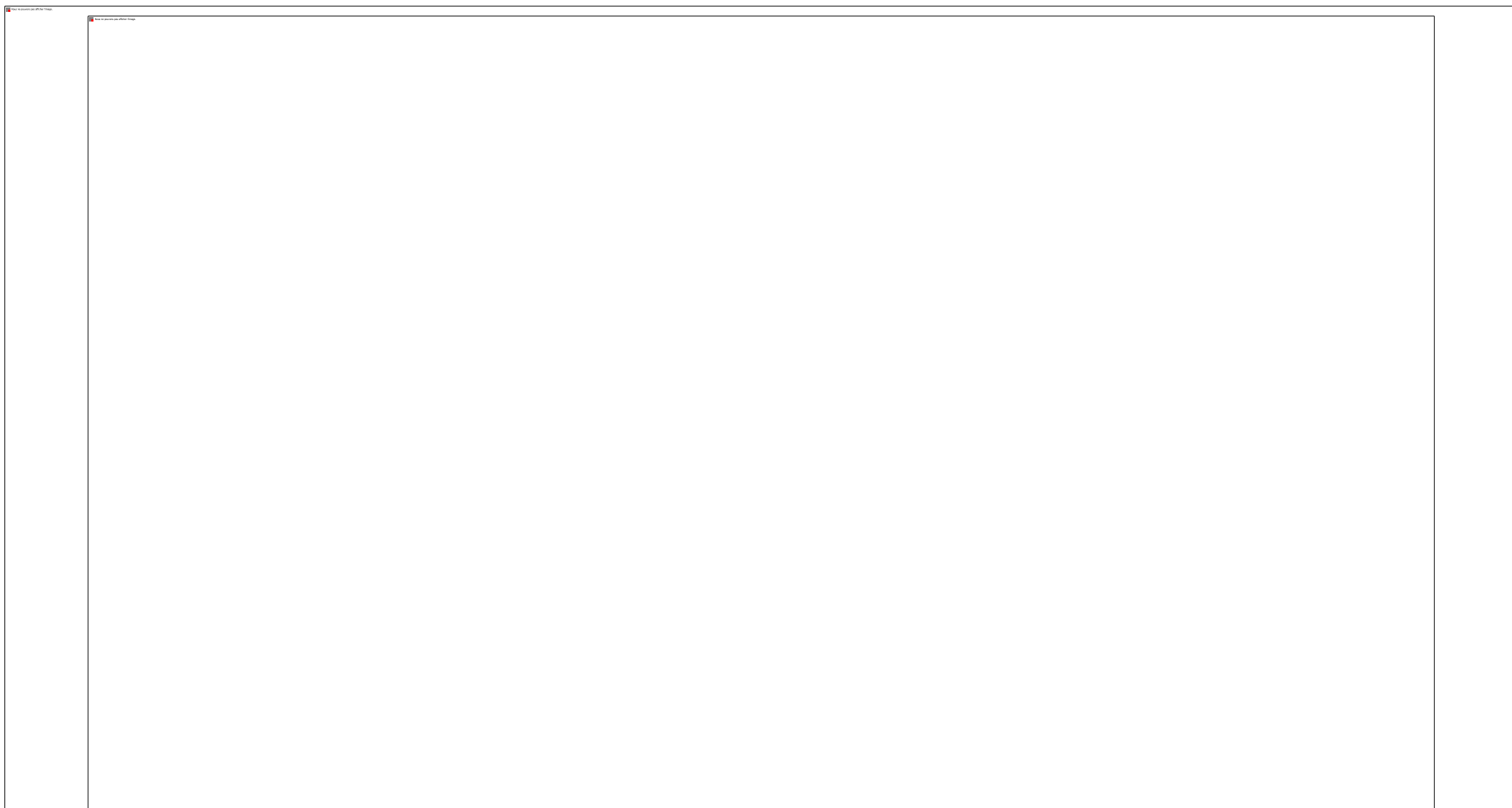


Figura 26: Georeferenziazione della carta semi-schematica della vegetazione della spiaggia di Rondinara in scala 1:2500 (a destra) del settembre 2019 grazie all'individuazione di punti di calibrazione (punti rossi) rispetto all'ortofotografia ad alta risoluzione del 2016 (a sinistra).

Figura 27: Carta semi-schematica della vegetazione della spiaggia di Rondinara dall'inizio di settembre 2019 correttamente georeferenziata in formato raster nel sistema di proiezione Lambert 93 (a sinistra) e la stessa mappa digitalizzata in formato vettoriale in scala 1:2500 (a destra).



a. Descrizione della vegetazione nel 2019

L'insieme dei risultati presentati qui di seguito è osservabile sulle carte della vegetazione digitalizzate del 1993 e del 2019 (Fig. 47 e 48)

a.1 Quarto nord della spiaggia:

La sola porzione della spiaggia che mostra ancora alcune specie erbacee caratteristiche del litorale sabbioso è il quarto nord della spiaggia, compreso tra la formazione rocciosa emergente e il grau (sbocco) transitorio dello stagno di Rondinara (Fig. 28).

Questa porzione di spiaggia:

- è la più lontana dalla strada di accesso alla spiaggia, strada che passa davanti al bar-ristorante;

- conosce la densità di turisti di gran lunga più bassa, sinonimo di minor calpestio e favorevole allo sviluppo di specie litoranee psammofile (che vivono all'interno di un substrato sabbioso).

La prossimità dello stagno e del grau permetterebbe alla sabbia di restare umida più a lungo e così di aumentare la capacità delle specie di riparare le ferite della loro struttura vegetativa causate dal calpestio.

All'interno dei diversi settori della spiaggia, sono state individuate numerose grandi associazioni vegetali (insieme di specie caratterizzate da una specie dominante e da altre specie di strati potenzialmente diversi) al momento dell'esecuzione dei rilievi per i quali sono stati precisati la superficie considerata e l'indice di copertura (in %).

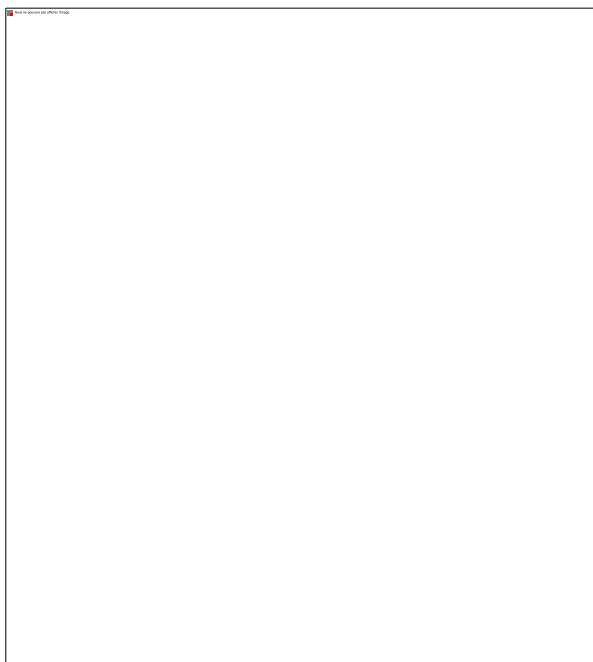


Figura 28: Ubicazione dei 3 settori studiati sulla porzione Quarto nord della spiaggia.

a.1.1 Settore 1: Associazione rada di *Sporobolus pungens* sulla porzione alta del cordone sabbioso (Fig. 29; Allegato 1):

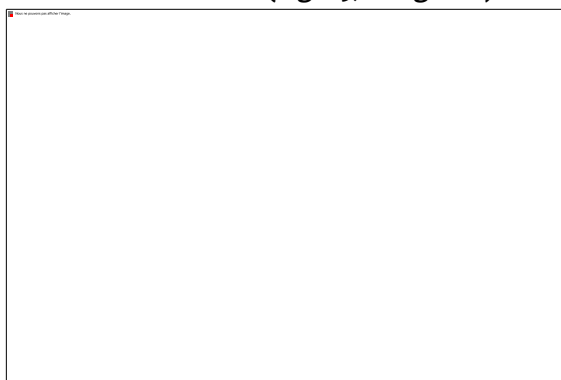


Figura 29: *Sporobolus pungens* individuato sul settore 1 del quarto nord della spiaggia di Rondinara

Il rilievo 1 è stato realizzato su una superficie molto grande tra la spiaggia (a est), una precedente collina di accumulo di depositi di *Posidonia* (a sud) e il tamarisco della riva destra del grau dello stagno (a ovest e a nord).

Superficie: circa 600 m².

Copertura vegetale: scarsa (dal 30% al 40%).

Composizione floristica:

Le specie perenni maggiormente rappresentate sono *Sporobolus pungens* e *Eryngium maritimum*.

All'interno di questa associazione persiste un grande ciuffo di *Limbarda crithmoides* e un tappeto di *Carpobrotus edulis* (Fig. 30).

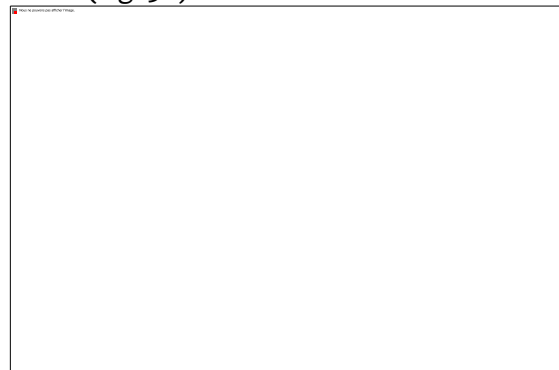


Figura 30: Ciuffo di *Limbarda crithmoides* su un tappeto di artiglio della strega (*Carpobrotus edulis*)

È stata osservata anche una specie annuale protetta a livello nazionale. Si tratta di *Euphorbia peplis* (Fig. 31). Questa specie è relativamente abbondante all'interno dell'associazione con circa 110 gambi censiti.

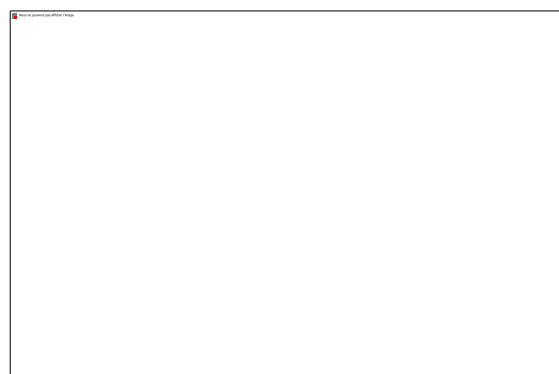


Figura 31: Gambi di *Euphorbia peplis* minacciati dal calpestio

Il rilievo 2 è stato realizzato tra la precedente collina di accumulo dei depositi di *Posidonia* (a nord) e la vegetazione legnosa dominata da *Juniperus phoenicea subsp. turbinata* e *Pinus halepensis* (a sud).

Superficie: circa 200 m².

Copertura vegetale: circa 15 %.

Composizione floristica:

Sono state censite sette specie perenni, tra cui *Sporobolus pungens* e *Medicago marina*, oltre a 2 specie annuali: (*Euphorbia peplis*, *Kali australis* (= *Salsola kali*)).

Il rilievo 3 è stato eseguito sulla sabbia che sormonta le porzioni nord e nord-est della formazione rocciosa emergente (Fig. 32).

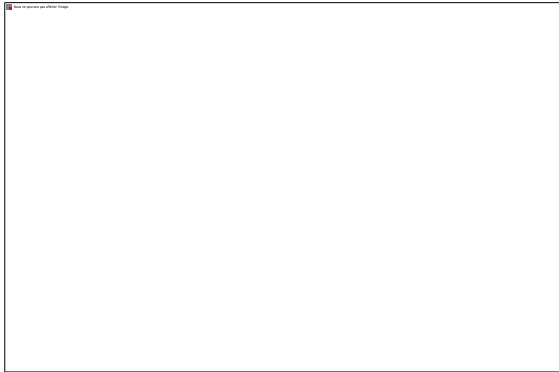


Figura 32: Porzione nord della formazione rocciosa

Superficie: 20 m²

Copertura vegetale: 20 %

Composizione floristica:

Sono state individuate solo due specie (*Sporobolus pungens* e *Medicago marina*)

Inclusione sintassonomica relativa all'associazione con *Sporobolus pungens*:

Euphorbia paraliae-*Ammophiletea*, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Sporobolenion arenarii* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.1).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.2112 (Dune embrionali mediterranee).

Codice Natura 2000: 2110 (Dune embrionali mobili)

Codice EUNIS : B1.312 (Dune embrionali del dominio tetieno occidentale).

a.1.2 Settore 2: Vegetazione del bordo orientale dello stagno di Rondinara e della porzione bassa del cordone sabbioso (Lorenzoni et Paradis, 1996) (Fig. 33; Allegato 1):

Popolamento di *Juncus acutus* lungo i bordi dello stagno:

Una cintura di scarsa larghezza a ciuffi di giunco acuto (*Juncus acutus*) poco densi è ubicata sotto il cordone sabbioso a contatto con lo stagno (Fig. 33).

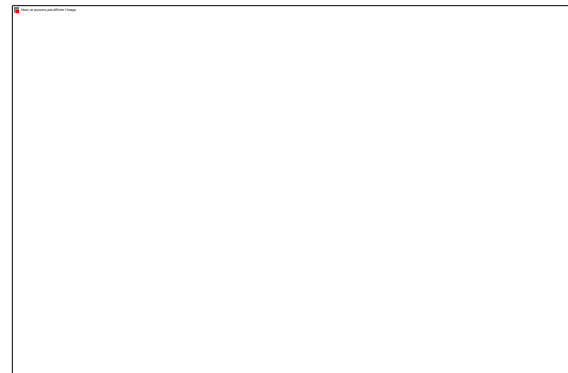


Figura 33: Giunco acuto (*Juncus acutus*) sul bordo dello stagno

Un po' arretrate rispetto ai giunchi, si osservano *Scirpoides holoschoenus* e *Dittrichia viscosa* (Fig. 34 e 35)

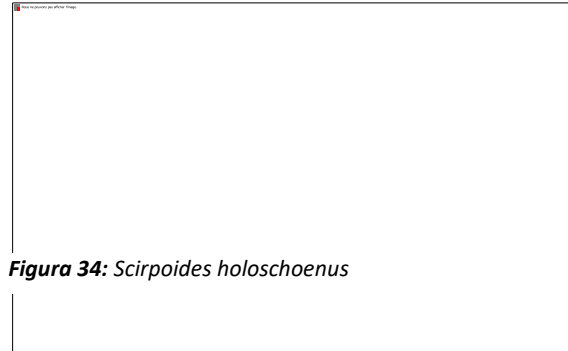


Figura 34: *Scirpoides holoschoenus*



Figura 35: *Dittrichia viscosa* dietro ai giunchi (*Juncus acutus*)

Inclusione sintassonomica :

Juncetea maritimi, *Juncetalia maritimi*,
Plantaginion crassifoliae (PVF 2004:
35.0.1.0.3).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE Biotopes (ENGREF, 1997);
15.53 (praterie mediterranee salate).

Codice EUNIS: A2.522 (paludi salmastre
mediterranee di *Juncus maritimus* e *Juncus
acutus*).

**Popolamento di *Tamarix africana*
lungo i bordi dello sbocco (grau):**

Le tamerici (*Tamarix africana*, specie protetta
a livello nazionale) costituiscono un
popolamento monospecifico, molto esteso
sulla riva destra dello sbocco temporaneo (o
grau) dello stagno, in basso rispetto alla
sabbia. Anche alcune tamerici si trovano sul
pendio dietro al cordone sabbioso, a
un'altitudine un po' più elevata.

Queste tamerici sono giovani e non erano
presenti nel 1993. La loro altezza è compresa
tra 1,5 m e 4 m e la loro copertura varia tra l'80
% e il 100 % (Fig. 36).

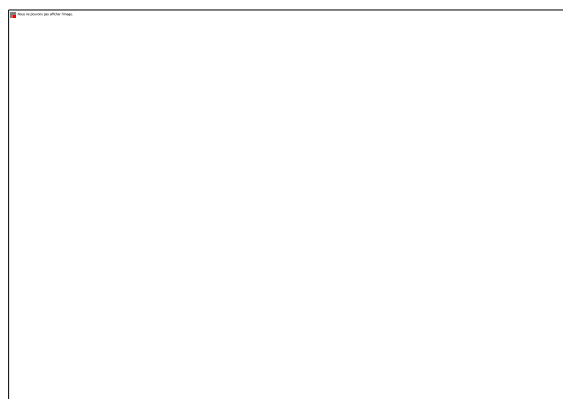


Figura 36: *Tamarix africana*

Inclusione sintassonomica:

Nerio oleandri-Tamaricetea africanae,
Tamaricetalia africanae, *Tamaricion africanae*
(PVF 2004:46.0.1.0.1).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE Biotopes (ENGREF, 1997);
44.81.31 (Forteti di tamaris del Mediterraneo
occidentale).

Codice Natura 2000: 92DO.1 (Foreste a
galleria e forteti meridionali).

Codice EUNIS: F9.3131 (Forteti del
Mediterraneo occidentale di Tamaris).

**Associazione della porzione inferiore
del cordone di *Cynodon dactylon*, *Plantago
coronopus*, *Polygonum aviculare* e *Dittrichia
viscosa* (Allegato 2):**

Un rilevamento eseguito tra la precedente
collina di accumulo di depositi di *Posidonia* e
la cintura di *Juncus acutus* (su 30 m², con il 40
% di copertura) mostra:

- Un prato dominato da specie
prostrate sul substrato: *Cynodon
dactylon*, *Plantago coronopus* subsp.
coronopus, *Polygonum aviculare*,
Lobularia maritima, *Polygonum
maritimum*, *Cakile maritima*;
- alcune specie erette: *Dittrichia
viscosa*, *Dittrichia graveolens*,
Glaucium flavum.

**Associazione nella porzione bassa
del cordone di *Euphorbia peplis* (Allegato 3):**

Un altro rilievo eseguito un po' più a nord, tra
gli *Juncus acutus* e le *Tamarix africana* (su 100
m² lineari, con il 40 % di copertura) mostra un
prato di *Euphorbia peplis* molto abbondante
(più di 160 gambi) (Fig. 37).

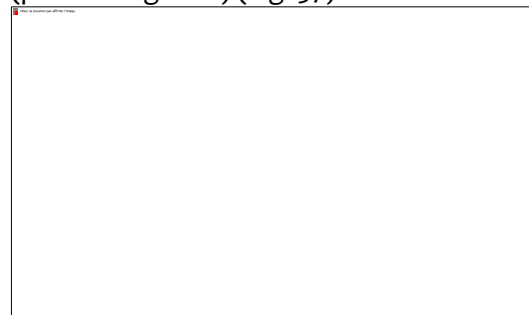


Figura 37: Prato di *Euphorbia peplis* tra *Dittrichia viscosa*
e *Tamarix africana*

Presenza di tappeto di artiglio della strega (*Carpobrotus edulis*):

Sono presenti numerosi piccoli tappeti di *Carpobrotus edulis*, su un lato nella parte alta della spiaggia nell'associazione di *Sporobolus pungens* e, d'altra parte, ad altitudine inferiore, a contatto con il popolamento di *Tamarix africana* (Fig. 38).

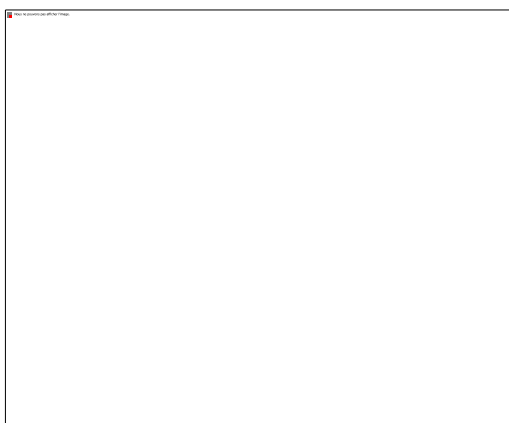


Figura 38: Tappeto di *Carpobrotus edulis*

È noto che *Carpobrotus edulis* fa parte delle specie invasive più temibili, che si raccomanda di estirpare (Muller, 2004; Fried, 2013; Jeanmonod & Gamisans, 2013).

a.1.3 Settore 3: Vegetazione legnosa della sabbia (macchia):

Rilievo: eseguito su una superficie di 100 m² di cui la percentuale di copertura vegetale era dell'80 %; tale rilievo ha consentito di censire *Juniperus phoenicea*, *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Ruscus aculeatus* (Allegato 4).

Inclusione sintassonomica:

uercetea ilicis, Pistacio lentisci-Rhamnetaalia alaterni, Juniperion turbinatae (PVF 2004: 56.0.2.0.4).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.27 (Dune a ginepri); 16.28 (Forteti dunari di sclerofille).

Codice Natura 2000: 2250 (Dune costiere di *Juniperus* spp.).

Codice EUNIS: B1.63 (Forteti dunari di *Juniperus*).

Richiamo della composizione floristica generale della macchia delle dune di Rondinara:

- Pino. Sono state piantate due specie di pino per rimboschire il sito:
 - o *Pinus pinaster* (Pino marittimo), piantato in passato (intorno agli anni '80) nella parte centrale, sulla duna alta (Fig. 39);



Figura 39: *Pinus pinaster*

- *Pinus halepensis* (Pin d'Aleppo), piantato più di recente (tra la fine degli anni '90 e l'inizio degli anni 2000), soprattutto nella parte nord del cordone (Fig. 40).

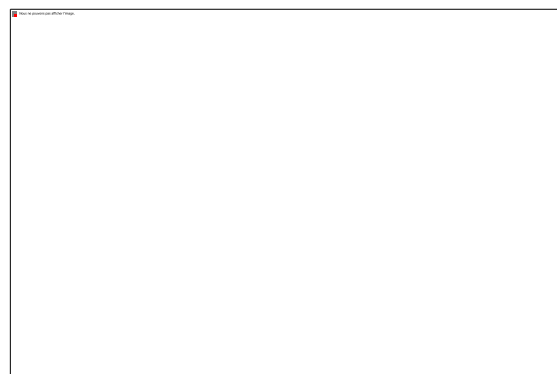


Figura 40: *Pinus halepensis*

- *Juniperus phoenicea subsp. turbinata* (Ginepro fenicio). La presenza di alcuni individui, molto alti e dai tronchi di diametro non trascurabile (20 cm), per tutta la lunghezza del sito nell'area posteriore della spiaggia, fa pensare che questo ginepro corrisponda alla specie arbustiva dominante che colonizza naturalmente la porzione dunare del sito. Alcuni piccoli individui, identificati nel 2019, sono stati certamente impiantati sulla sabbia.

Le colline che circondano il golfo di Rondinara presentano una macchia molto estesa, dominata da numerose piante di ginepro fenicio. Questa macchia, caratteristica del piano termomediterraneo, corrisponde alla vegetazione climacica di questa micro-regione (Paradis *et al.*, 2006).

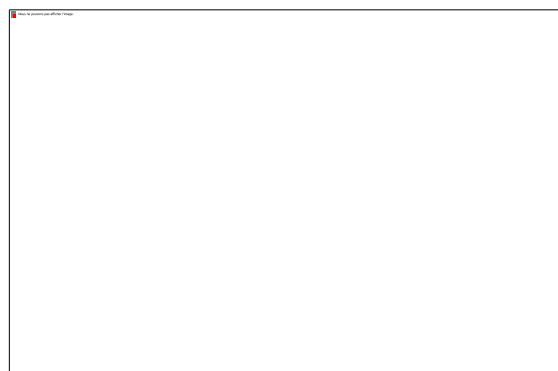
- *Juniperus oxycedrus sottospecie macrocarpa* (Ginepro ossicedro dai grandi frutti), taxon protetto a livello regionale. Sono stati osservati solo 5 individui, tutti di piccola taglia (meno di 1 m di altezza), ubicati nel quarto nord sulla sabbia. Si tratta di individui piantati (Fig. 41).



Figura 41: *Juniperus oxycedrus* sottospecie

- *Pistacia lentiscus* (Lentisque). I lentischi, senza essere abbondanti, sono distribuiti in modo abbastanza regolare nella macchia sulla sabbia. Coesistono in diversi punti con i ginepri fenici.

Un gambo isolato di lentisco, di 0,9 m di altezza, è presente nella porzione alta della spiaggia (Fig. 42).



Irrigazione degli individui piantati

Figura 42: *Pistacia lentiscus*

Essendo molto bassa la percentuale di successo dell'impianto di giovani pini e ginepri sulla sabbia, i servizi forestali li irrigano per migliorarne le possibilità di sopravvivenza. Nel 2019 restano ancora sulla sabbia numerosi lunghi tubi di gomma utilizzati per l'irrigazione (Fig. 43).

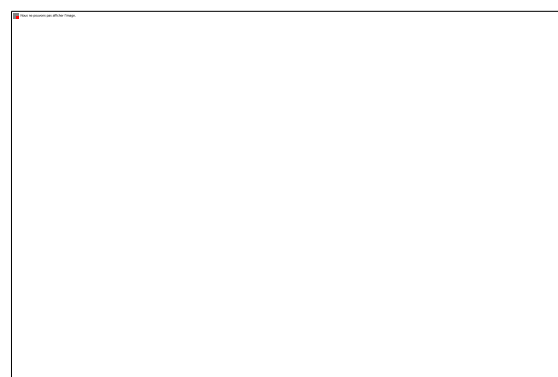


Figura 43: Tubi lasciati sulla spiaggia per l'irrigazione dei giovani pini e ginepri

Protezione della macchia mediante una recinzione

Per impedire ai turisti di andare sotto i pini, nella porzione anteriore della macchia, lungo tutta la spiaggia, è stata posizionata una recinzione a griglia solitamente associata a un filo spinato.

e i ginepri per non nuocere alla loro rigenerazione (Fig. 44).

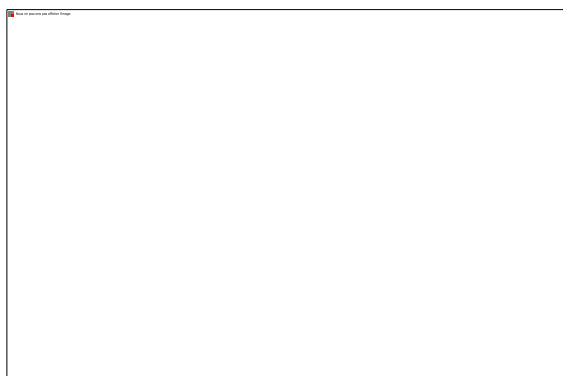


Figura 44: Recinzione a griglia e filo spinato

a.2 Parte centrale della spiaggia:

Questa porzione della spiaggia si estende dalla formazione rocciosa emergente (a nord) fino al talweg che presenta un minuscolo ruscello a scorrimento temporaneo (a sud) (Fig. 45).

In estate, la sua occupazione è molto densa, anche se non vi sono né lettini da spiaggia né sdraio. Va osservato che non vi si trova più alcuna specie erbacea.

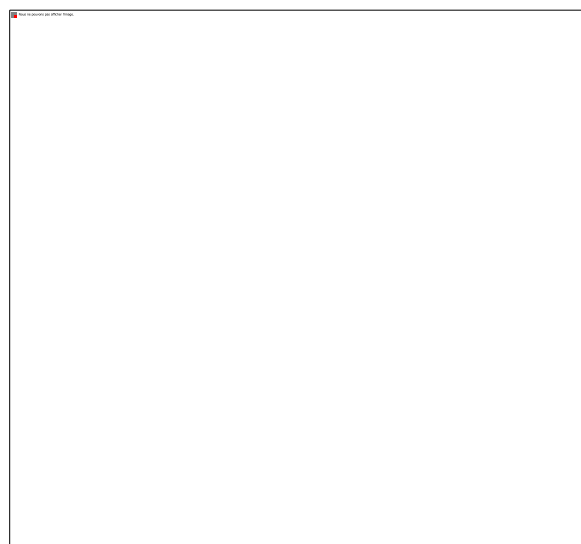


Figura 45: ubicazione dei 2 settori studiati sulla parte centrale della spiaggia.

a.2.1 Settore 1: Macchia di *Juniperus phoenicea subsp. turbinata*:

Sulla sabbia che ricopre la parte meridionale della formazione rocciosa

emergente si trova una macchia dominata da *Juniperus phoenicea subsp. turbinata* e che presenta *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis* e *Ruscus aculeatus*.

a.2.2 Settore 2: Associazione di *Juncus acutus* e *Scirpoides holoschoenus* (Allegato 5):

Accanto all'estremità terminale del ruscello temporaneo, il rilievo eseguito su una superficie di 70 m² con l'80% di copertura ha permesso di individuare:

- 5 specie perenni erette (*Juncus acutus*, *Scirpoides holoschoenus*, *Dittrichia viscosa*, *Pancratium maritimum*, *Scolymus hispanicus*);
- 3 specie perenni basse (*Convolvulus soldanella*, *Lobularia maritima*, *Carpobrotus edulis*);
- 1 specie annuale (*Xanthium orientale subsp. italicum*), che è una specie alloctona invasiva di numerosissime

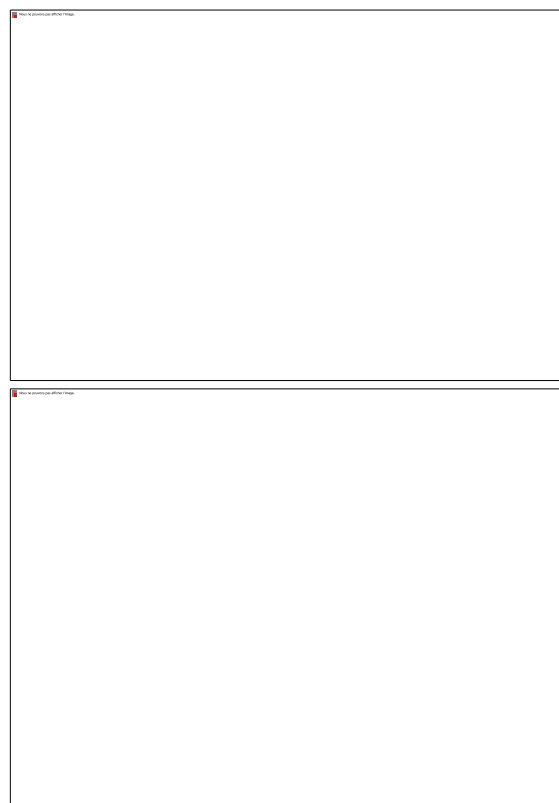


Figura 46: *Xanthium orientale subsp. Italicum* (pianta in alto e frutti in basso) spiagge (Fig. 46).

A sud della porzione centrale della spiaggia, sono presenti individui di *Juniperus phoenicea subsp. turbinata* lontano e davanti al forteto, in prossimità dell'estremità terminale del ruscello temporaneo. Alcuni sono associati a *Pistacia lentiscus*. Un altro individuo più piccolo è isolato tra *Pancratium maritimum* e *Scirpoides holoschoenus*.

a.3 Parte sud della spiaggia:

L'area sud del sito comprende (Fig.47):

- la spiaggia sabbiosa, satura di persone a partire dal mese di giugno, che non presenta alcuna specie vegetale erbacea;
- una macchia densa situata a un'altitudine un po' più elevata rispetto alla spiaggia e separata da quest'ultima mediante una recinzione di filo spinato.

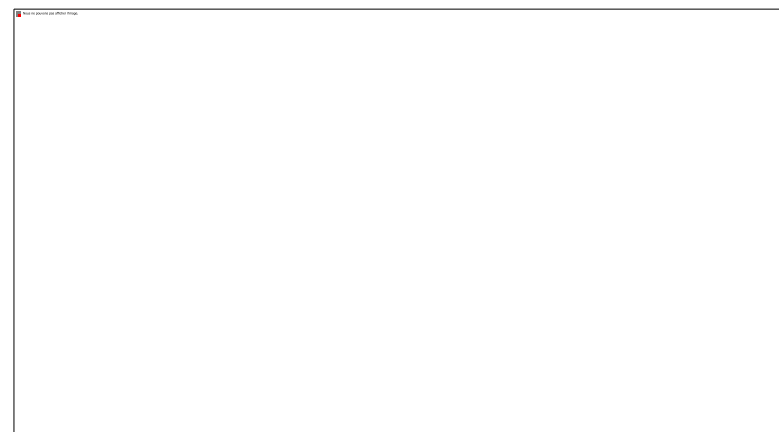


Figura 47: ubicazione della parte sud della spiaggia.

Questa macchia colonizza i sedimenti colluviali. È dominata da *Juniperus phoenicea subsp. turbinata*, con alcuni *Pistacia lentiscus* (Allegato 4).

a.4 Conclusione:

Nel 2019, solo il quarto nord della spiaggia di Rondinara presenta taxa protetti:

- *Euphorbia peplis* (Euphorbiaceae), annuale (terofita) il cui ciclo di vita si svolge d'estate. Nel settembre 2019 abbiamo contato oltre 250 gambi su una superficie tuttavia scarsamente estesa;
- *Tamarix africana* (Tamaricaceae) forma un buon popolamento giovane sulla riva destra del grau dello stagno;

Inclusione sintassonomica:

Agrostietea stoloniferae, *Holoschoenetalia vulgaris*, *Agrostion stoloniferae-Scirpoidion holoschoeni* (PVF 2004: 42.0.2.0.1).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 37.4 (Praterie umide mediterranee a piante erbacee alte).

Sul retro della recinzione esistono delle piccole superfici rientranti più o meno nude e colonizzate da *Smilax aspera*.

Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa (Cupressacée) qui è rara, con soltanto cinque individui piantati.

Essendo stato realizzato lo studio alla fine dell'estate, non è stato possibile verificare se la specie annuale primaverile protetta *Pseudorhiza pumila* (Apiacea) fosse ancora presente sul sito. Era stata citata da Paradis & Piazza nel 1994 nei loro transetti T1 e T3.

Confronto tra carta della vegetazione del 1993 e del 2019

Nonostante il diverso periodo di esecuzione e la diversa durata dell'analisi tra questi 2 anni (in primavera il 30 e 31 maggio per il 1993 e a fine estate, il 5 settembre per il 2019), il confronto tra le mappe (Fig. 49 e 50) è giustificato per quanto riguarda le specie perenni e ha consentito di analizzare l'evoluzione dei suoli nudi e artificiali.

b.1 Evoluzione della vegetazione:

La digitalizzazione delle 2 carte della vegetazione ha consentito di quantificare questa evoluzione grazie alla possibilità di calcolare delle superfici per ciascun popolamento sul GIS. Tuttavia, essendo stati questi ultimi realizzati manualmente attraverso giochi di trasparenze tra la mappa semi-schematica e l'ortofotografia, è importante valutare con cautela i risultati che restano solo delle stime (Fig. 49 e 50).

b.1.1 Progressione della copertura vegetale tra il 1993 e 2019:

Mentre nel 1993 la sabbia della parte nord della spiaggia, compresa tra l'estremità terminale dello stagno e il mare, era interamente nuda, nel 2019 è proprio là che si posizionano la vegetazione dunare e tamaricea.

L'associazione di *Sporobolus pungens* si è estesa (passando da 278 m² a 1101 m²). Le tamaricee (*Tamarix africana*) non erano presenti nel 1993 lungo il bordo dello sbocco ma popolano oggi una superficie importante (371 m²), ed *Euphorbia peplis*, taxon caratteristico della *Cakiletea maritima* non osservato nel 1993 nonostante un'attenta ricerca, è abbondante nel 2019 a nord della spiaggia (168 m²).

b.1.2 Stabilizzazione della copertura vegetale tra il 1993 e il 2019:

Unità 24 nel 1993 e unità 11 nel 2019: le specie vegetali legnose *Pistacia lentiscus* e la macchia a *Juniperus phoenicea* presentano superfici pressoché identiche nel 1993 (551,2 m² tra tutte e due) e 2019 (805,6 m² tra tutte e due).

L'associazione di *Scirpus holoschoenus* e *Juncus acutus* si trova nello stesso luogo del 1993, in alto rispetto alla spiaggia aerea, in prossimità dell'estremità terminale del ruscello temporaneo che scorre all'interno del talweg parallelo alla strada.

Unità 28 nel 1993 e unità 7 nel 2019: nel 1993, i ciuffi di *Juncus acutus* erano abbondanti nel talweg parallelo alla strada (104 m²). Nel 2019, nonostante una riduzione del loro numero, questi ciuffi erano ancora visibili (21 m²).

Unità 29 nel 1993 e unità 7 nel 2019: lo scirpo, il cui nome attuale è *Scirpoides holoschoenus*, era abbondante nel talweg parallelo alla strada nel 1993 (116 m²). Nel 2019, è ancora presente in questo luogo (21 m²).

Unità 31 nel 1993 e unità 7 e 9 nel 2019: nel 2019, gli *Juncus acutus* e i *Tamarix africana* sono molto più estesi lungo i bordi dello sbocco (505 m² tra tutti e due) rispetto al 1993 (70 m² tra tutti e due).

b.1.3 Scomparsa di numerose unità di vegetazione tra il 1993 e il 2019:

Il confronto delle 2 mappe mostra che molte unità cartografiche individuate nel 1993 erano assenti nel 2019 e sostituite dalla sabbia nuda.

Il fatto che nel 2019 non sia stato osservato alcun gambo di *Elytrigia juncea* (= *Elymus farctus*) significa che l'associazione di *Elymetum farcti* e delle sue varianti non esistono più sul sito. Queste unità 2, 3, 4 e 5 del 1993 rappresentavano tuttavia una superficie di circa 1045 m² al centro della spiaggia a sud della formazione rocciosa emergente.

Inoltre, poiché il lavoro sul campo del 2019 è stato eseguito alla fine dell'estate, non era possibile verificare se erano ancora presenti sul sito alcune specie annuali primaverili. Invece, benché osservate nel quarto nord della spiaggia nel 1993, nessuna specie perenne dei mosaici di *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*, *Lotus cytisoides*, *Medicago marina*, *Echinophora spinosa*, *Lomelosia rutifolia* (= *Pycnocomon rutifolium*), *Asphodelus ramosus* è stata osservata nel 2019. Queste unità da 6 a 14 che coprivano una superficie di circa 2386 m² nel 1993 sono state completamente sostituite da sabbia nuda.

Mentre nel 1993, i ciuffi di scrofularia perenne (*Scrophularia ramosissima*) (unità 19 del 1993) erano numerosi (342 m²), nel 2019 ne è stato osservato un solo ciuffo secco, quindi morto.

La specie perenne *Pycnocomon rutifolium* (attualmente denominata *Lomelosia rutifolia*) (unità 20 di 83 m² nel 1993) non è stata osservata da nessuna parte nel 2019.

b.1.4 Conclusioni:

Nonostante la progressione e la comparsa di alcune specie su una superficie di circa 1639 m², in particolare a nord della spiaggia, numerose specie perenni sono completamente scomparse per lasciar spazio a sabbia nuda (Fig. 48). La superficie di copertura vegetale andata perduta è di circa 4504 m².

Questo impatto è certamente legato all'aumento della frequentazione balneare e al calpestio della copertura vegetale. In effetti, laddove la frequentazione è meno consistente, la vegetazione si è sviluppata e viceversa.

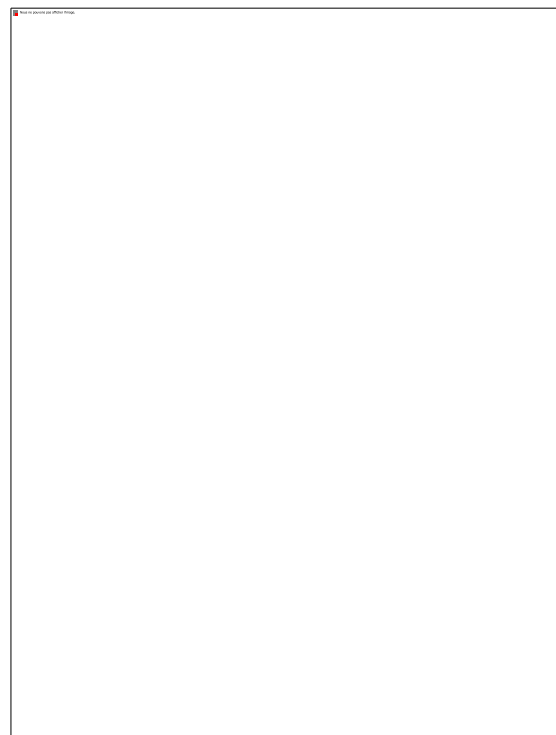


Figura 48: Evoluzione della vegetazione della spiaggia di Rondinara tra il 1993 e il 2019

b.2 Evoluzione di altre unità cartografiche:

In 25 anni la strada si è allargata e la superficie occupata dall'edificio (bar-ristorante, terrazza...) si è ingrandita notevolmente, passando da 174 m² nel 1993 a 1323 m² nel 2019.

Il parcheggio per i turisti è stato spostato più a ovest.

Nel 2019, la superficie della sabbia nuda si era allargata ovunque (da circa 12594 m² nel 1993 a 12988 m² nel 2019), tranne nel quarto nord in cui la vegetazione è progredita.

Nel 2019, l'estremità terminale dello stagno di Rondinara non è cambiata rispetto al 1993.

La carta mostra che nel 1993 i detriti di Posidonia si ammassavano sulla spiaggia del quarto meridionale del sito che, oggi, è ampiamente occupato dai lettini da spiaggia e dalle sdraio. Stessa cosa per la collina di scarti di egagropile che si trovava di fronte alla strada

di accesso alla spiaggia, sulla riva sinistra del ruscello temporaneo e che è scomparsa. Nel 2019 non è stato osservato alcun ammasso. Le egagropile sono sparse un po' ovunque sulla spiaggia.

1.1.4. Conclusione

La spiaggia di Rondinara è una spiaggia molto frequentata nel periodo estivo. Numerosi visitatori vengono qui a fare il bagno, godersi il sole e l'acqua calda e trasparente, praticare varie attività ricreative e mangiare al ristorante.

Tuttavia, l'eccessiva frequentazione di una spiaggia relativamente stretta come quella di Rondinara non è priva di impatti sulla vegetazione e sull'ambiente in generale.

In effetti, nonostante l'installazione di recinzioni e di un impianto d'irrigazione, il sovrappopolamento estivo e l'aumento della superficie costruita provocano il calpestio e la scomparsa di numerose specie perenni sostituite progressivamente dalla nuda sabbia.

Eppure, nel 1993 era stato lanciato un avvertimento da Guilhan PARADIS in merito al fatto che, in mancanza di un avvicinamento delle recinzioni al mare, protezione tutto sommato limitata che avrebbe potuto permettere la riconolizzazione progressiva del sito grazie alla moltiplicazione delle terofite e delle camefite (*Scrophularia ramosissima* e *Pycnocomon rutifolium*) e degli arbusti (*Juniperus phoenica* e *Pistacia lentiscus*), "si devono temere la perdita di valore in fitocenosi e la riduzione della fitodiversità".

La spiaggia di Rondinara, sito complesso in cui coesistono dune embrionali mobili, paludi salmastre mediterranee, forteti di Tamarice e dune costiere di *Juniperus*, deve essere sottoposta a misure di protezione.

Quindi, di fronte alle crescenti sfide legate alla protezione della vegetazione e ai banchi di *Posidonia*, sembra necessario apportare elementi di conoscenza relativi alle funzioni ecologiche rivestite da tali banchi e di riflettere su una modalità di gestione idonea che consenta il mantenimento delle loro funzioni all'interno dell'ecosistema in accordo con il rispetto di questa vegetazione dunare.

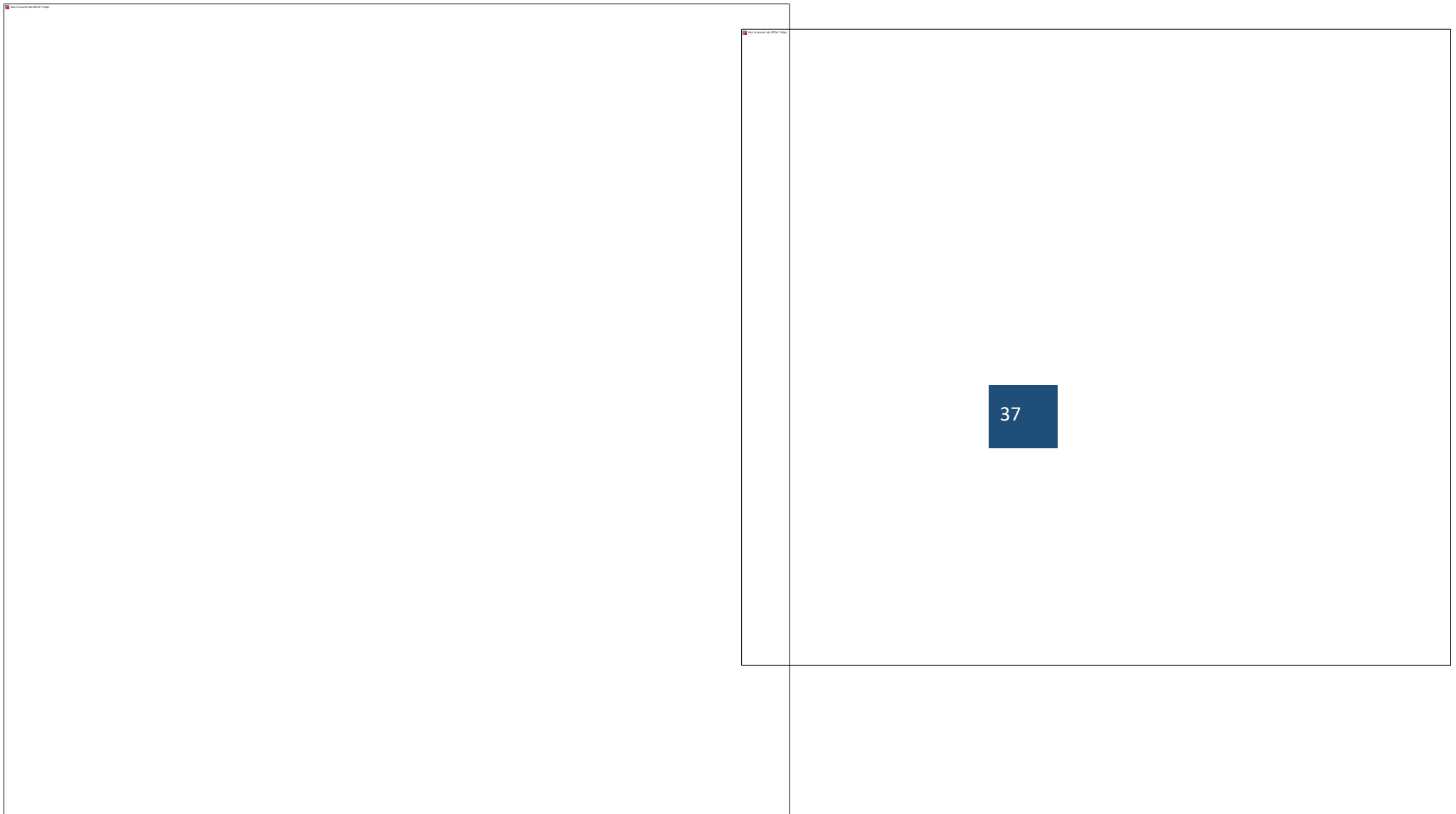


Figura 49: Carta della vegetazione della spiaggia di Rondinara nel maggio 1993



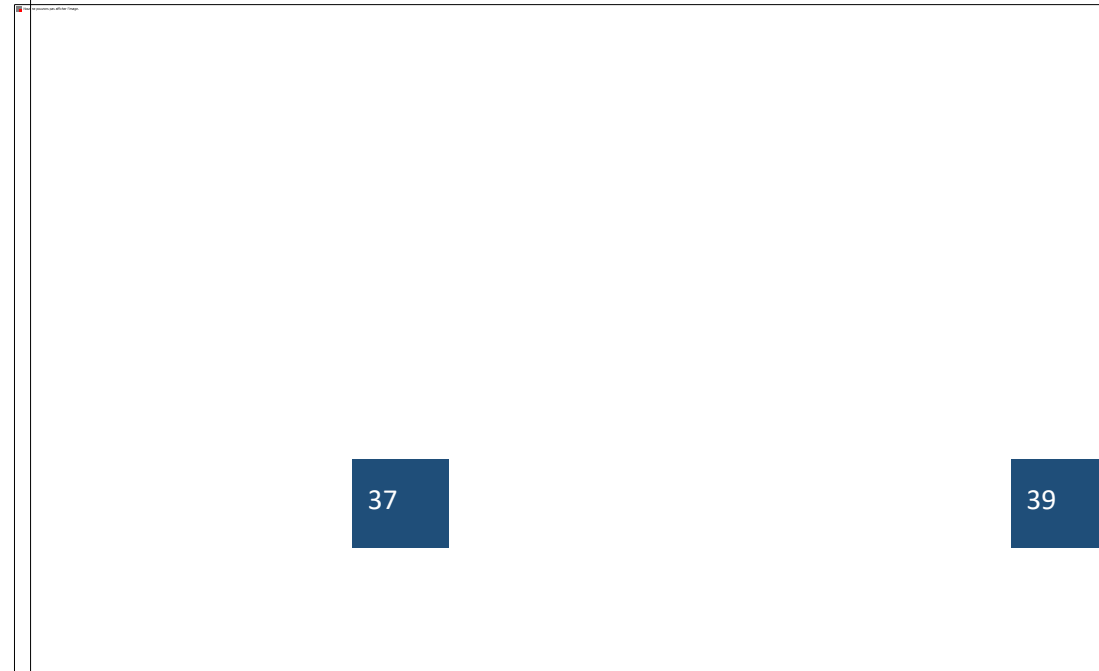
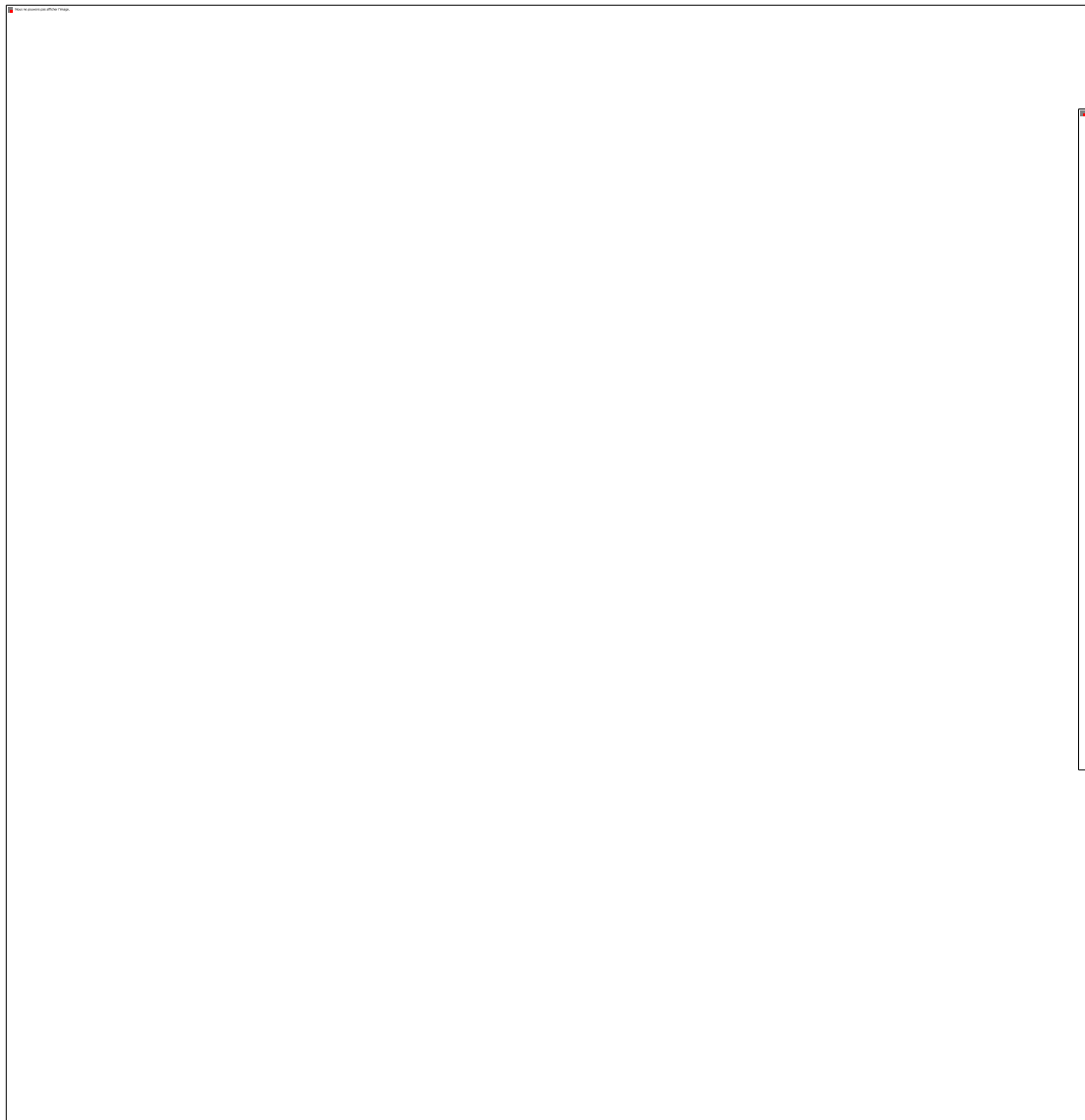


Figura 50: Carta della vegetazione della spiaggia di Rondinara nel settembre 2019



1.2. Spiaggia di Balistra

1.2.1. Introduzione

Situata anch'essa nel comune di Bunifaziu, la spiaggia di Balistra fa parte integrante della Riserva Naturale delle Bocche di Bonifacio (RNBB). Ubicata a nord del golfo di Sant'Amanza, la spiaggia di Balistra è una lingua di sabbia (o cordone litorale) che isola uno stagno (stagno di Balistra) dal mare e che è, verosimilmente, il risultato di una deriva litoranea orientata da sud verso nord (Fig. 51). Questa lingua si fissa, in corrispondenza della sua estremità meridionale, alle colline calcaree e, al centro, a una base di granito (Fig. 52).

I principali venti responsabili delle ondate provengono da sud-est (scirocco), da est (levante) e da nord-est (grecale). L'ondata generata dallo scirocco è fortemente deviata dalla Punta di Cappicciolu.

La combinazione dei venti da sud-ovest e da sud-est contribuisce a ridistribuire rispettivamente la sabbia dello stagno e del mare davanti al cordone e, di conseguenza, a mantenere la lingua di sabbia limitandone l'erosione.



Figura 51: Ubicazione della spiaggia di Balistra all'interno del golfo di Sant'Amanza (mappa derivante dall'Etude phytosociologique et cartographique d'un site littoral sableux en voie de dégradation anthropique : le cordon de Balistra (Sud de la Corse) di Piazza et Paradis, 1994)



Figura 52: Delimitazione della spiaggia di Balistra

1.2.2. Impatti antropici

Lo studio dell'occupazione del suolo della spiaggia di Balistra e della sua integrazione in un contesto geografico più ampio ha permesso e permette di quantificare gli impatti sulla vegetazione dunare e d'individuare le cause.

a. Impatti precedenti (nel 1993)

Nel 1993, Paradis e Piazza avevano messo in evidenza che, a causa della creazione di una strada che partiva dall'arteria T10 (ex strada statale N198) molti anni fa, la spiaggia di Balistra era già un sito ad elevata frequentazione a partire dalla fine della primavera e del mese di maggio.

La creazione di un parcheggio allo sbocco della strada ricoperto di ciottoli, sassi e blocchi, ha comportato l'erosione di questo vecchio terrapieno e la copertura della sabbia della porzione alta della spiaggia da parte di vari tipi di sedimento e, infine, una modifica della vegetazione situata in prossimità.

In generale, gli impatti inventariati nel 1993 erano:

- la perdita di specie perenni, tra cui le oyate (*Ammophila arundinacea*), le spartine (*Spartina patens*), i ginepri fenici (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) o i lecci (*Quercus ilex*) a causa del campeggio libero, del calpestio da parte dei visitatori estivi e del pascolo dei bovini. Queste oyate, che nel passato dovevano formare delle belle dune, non esistono più se non sotto forma di collinette sparse e lontane le une dalle altre;
- la parziale messa a nudo del cordone da parte della circolazione di veicoli 4x4 che creano ampi sentieri paralleli e trasversali al mare e allo stagno. Le operazioni di pulizia eseguite dall'amministrazione comunale per liberare la spiaggia dai detriti di *Posidonia* all'inizio dell'estate, mediante dei macchinari simili a bulldozer, hanno inciso fortemente il

cordone e favorito fenomeni di deflazione.

b. Impatti attuali (nel 2019)

Gli impatti legati al campeggio libero, alla circolazione di fuoristrada e al pascolo di bovini presenti nel 1993 sono oggi scomparsi.

Tuttavia, in 25 anni si sono succeduti alcuni lavori che favoriscono l'aumento della frequentazione, in particolare nel periodo estivo.

b.1 Bar-ristorante:

La creazione di un bar-ristorante di superficie non trascurabile e aperto solitamente dal mese di giugno al mese di settembre ha comportato un afflusso di visitatori (Fig. 53). Questa frequentazione ha provocato un aumento delle superfici spogliate sul cordone e la creazione di sentieri nella macchia a ovest e a sud dello stabilimento balneare (Fig. 54). Tale struttura non viene smontata nel resto dell'anno e alcune persone che vi lavorano vivono all'interno di roulotte situate dietro allo stabilimento e presenti sul sito durante tutto l'arco dell'anno.



Figura 53: Bar-ristorante sulla spiaggia di Balistra

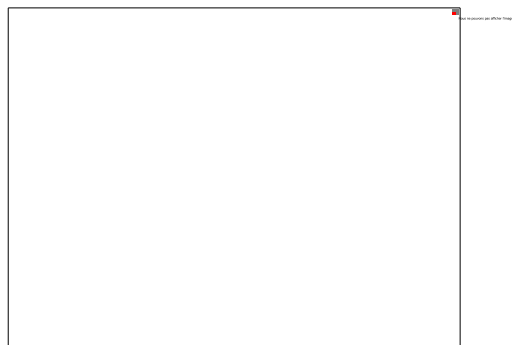


Figura 54: Sentiero di accesso tra il parcheggio e il bar-ristorante attraverso la macchia

b.2 Campo di beach-volley:

L'installazione di un campo di beach-volley ha probabilmente perturbato lo sviluppo naturale della copertura vegetale al centro della spiaggia a est del ristorante (Fig. 55).

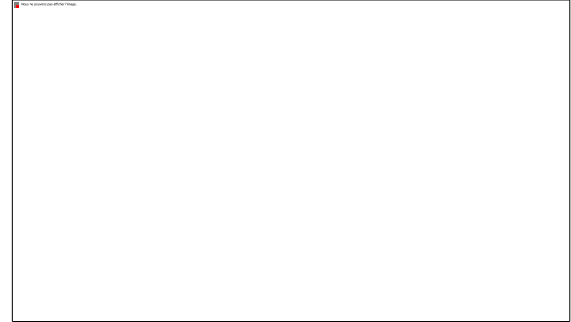


Figura 55: Campo di beach-volley esattamente di fronte al bar-ristorante

b.3 Windsurf:

Durante l'estate vengono organizzati corsi di windsurf nella porzione sud-est dello stagno, appena dietro il cordone, o in mare, a seconda delle condizioni del vento (Fig. 56 e 57). La pratica di questo sport nautico ha generato, a causa del calpestio dei suoi adepti e della quantità di materiale necessario, la messa a nudo del cordone alla sua base e la creazione di un sentiero di accesso allo stagno attraverso la vegetazione in direzione sud-est/nord-ovest (Fig. 58).

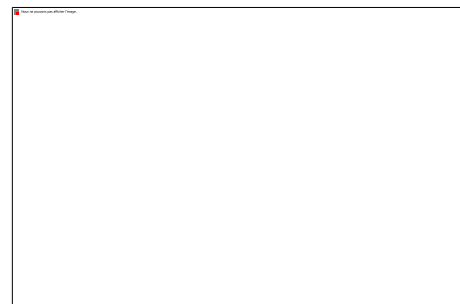


Figura 56: Windsurfer che si preparano a fare attività nello stagno



Figura 57: Windsurfer che si preparano a fare attività in mare

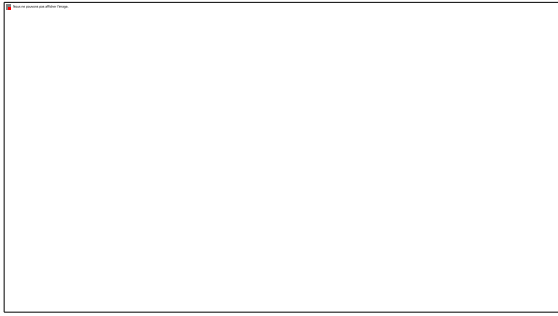


Figura 58: Materiale da windsurf e sentiero di accesso allo stagno

b.4 Parking:

Il parcheggio, oggi di grandi dimensioni, è a diretto contatto con la spiaggia e comporta la perdita di vegetazione della porzione alta della spiaggia a causa dell'erosione del substrato granitico e della modifica della granulometria (Fig. 59, 60 e 61).



Figura 59: Parcheggio a diretto contatto con la spiaggia

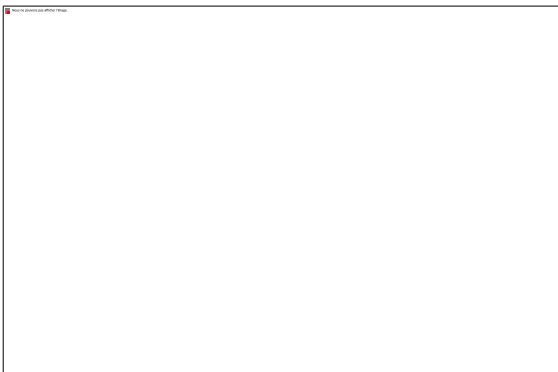


Figura 60: Tappeto per l'accesso di PMR (persone a mobilità ridotta) direttamente connesso al parcheggio

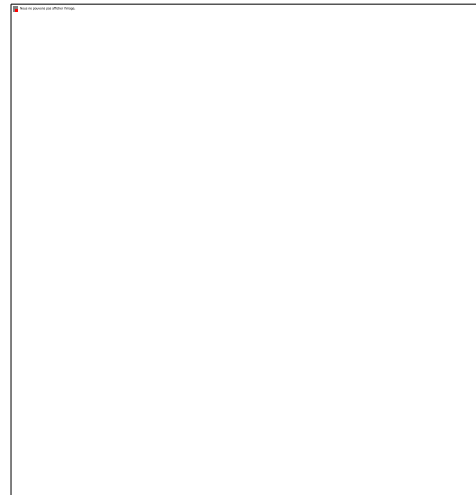


Figura 61: Fotografia aerea del 2017 che illustra l'influenza del bar-ristorante e del parcheggio, oltre alla creazione di sentieri attraverso la spiaggia

b.5 Postazione di pronto soccorso:

Anche la postazione di pronto soccorso che è installata su fondamenta non smontabili ha comportato un'immediata perdita di vegetazione (Fig. 62).



Figura 62: Postazione di pronto soccorso a sud del parcheggio

b.6 Pulizia della spiaggia:

Attualmente, i depositi di Posidonia sono respinti in più punti verso la porzione posteriore del cordone, esattamente davanti alla macchia (Fig. 63) o nella porzione alta della spiaggia o a sud del sito (Fig. 64).



Figura 63: Ammasso di egagropile nella porzione posteriore del cordone sabbioso.

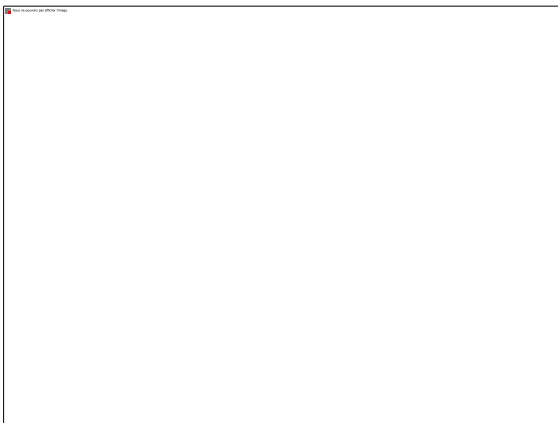


Figura 64: Depositi di Posidonia nella porzione alta della spiaggia o a sud del sito

Queste saltuarie operazioni di asportazione, realizzate da numerosi anni mediante veicoli a motore che si spostano sul cordone, non sono prive di conseguenze sulla vegetazione (Fig. 65).



Figura 65: Tracce di veicoli nella vegetazione del cordone dunare

b.7 Bilancio:

Rispetto allo studio di Piazza e Paradis del 1994, sono cessati determinati impatti. Tuttavia, l'artificializzazione di alcune superfici e l'eccessiva frequentazione estiva (Fig. 66) hanno determinato un aumento del numero delle vie di accesso, un aumento del calpestio, un ampliamento della denudazione e un diradamento di tutte le associazioni vegetali.

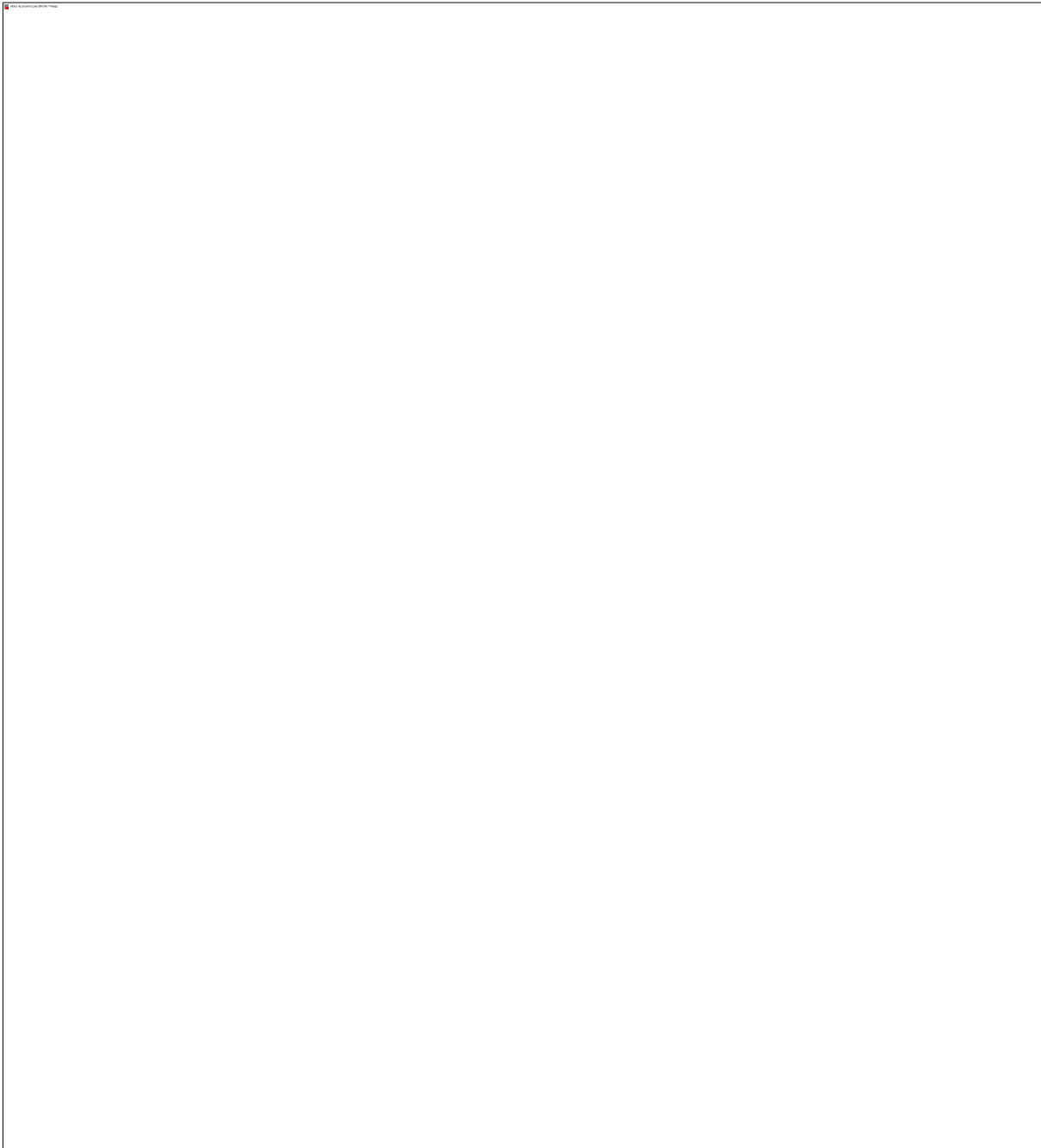


Figura 66: Forte frequentazione della spiaggia di Balistra alla fine del mese di agosto con turisti che evitano i depositi di Posidonia sulla spiaggia (in basso a sinistra) e altri a cui non sembra diano fastidio

È dunque apparso necessario, di fronte all'impatto crescente legato a questa frequentazione balneare, caratterizzare accuratamente le comunità vegetali di questo sito al fine di valutare lo stato e l'evoluzione degli habitat dunari della spiaggia di Balistra.

Inoltre, essendo sottoposti ad asportazione meccanica annuale, ed essendo motivo di malcontento da parte di alcuni visitatori (in basso alla Fig. 74), ma restando di primaria importanza per il mantenimento e lo sviluppo della flora dunare, i depositi di Posidonia (ammassi di egagropile o banchi) rappresentano una sfida importante da considerare in accordo con la vegetazione dunare.

1.2.3. Descrizione della vegetazione

La descrizione della vegetazione della spiaggia di Balistra si basa su rilievi fitosociologici dettagliati (esattamente 83) ed eseguiti il 27 agosto e il 5 settembre 2019, secondo il metodo fitosociologico sigmatista (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

La nomenclatura tassonomica segue Flora Gallica (Tison & de Foucault, 2014) ad eccezione di *Lotus cytisoides* L. sottospecie *conradiae* Gamisans, determinate con Flora Corsica (Jeanmonod & Gamisans, 2013) e denominate secondo questa flora.

La nomenclatura sintassonomica è, in generale, quella di Prodrome des végétations de France (Bardat *et al.*, 2004), abbreviato in PVF 2004.

Gli habitat sono denominati secondo diversi sistemi di riferimento gerarchizzati che propongono una classificazione degli habitat naturali:

- CORINE Biotopes (ENGREF, 1997);
- EUNIS (Conservatoire Botanique National de Corse, 2016);
- Manuale d'interpretazione degli habitat dell'Unione Europea (Anonymous, 2007).

I coefficienti di copertura sono stati calcolati seguendo la pratica utilizzata da Vanden Berghen, 1982 e Géhu, 2006.

Così, le mappe disponibili per lo studio della vegetazione sulla spiaggia di Balistra sono:

- le carte della vegetazione del 1993 semi-schematiche e digitalizzate mediante GIS in scala 1:2500;
- la carta della vegetazione del 2019 digitalizzata mediante GIS in scala 1:2500 che corrisponde a una sintesi

delle 4 mappe semi-schematiche seguenti (a destra Fig. 67);

- le 4 carte della vegetazione del 2019 semi-schematiche delle parti nord, centrale e sud della spiaggia in scala 1:700. Essendo la spiaggia di Balistra relativamente grande, queste mappe "intermedie" sono state realizzate in scala più accurata per avere una rappresentazione più precisa e fedele della realtà sul campo (a sinistra Fig. 67).

La digitalizzazione mediante GIS (software QGIS) delle carte della vegetazione del 1993 e del 2019 in scala 1:2500 ha richiesto:

- l'implementazione e la georeferenziazione della mappa semi-schematica mediante GIS grazie all'individuazione di numerosi "punti di calibrazione". Questa manipolazione consente di trasformare la carta del formato immagine in formato raster correttamente proiettata e georeferenzata (al centro Fig. 67);
- il tracciato delle diverse associazioni vegetali (poligoni) e dei rilievi fitosociologici (punti) grazie a una sovrapposizione e a un gioco di trasparenza tra la mappa in formato raster e la lastra ortofotografica (fotografia aerea 2A-2016-1220-6065-LA93-0M20-E080) ad alta risoluzione (20 cm) del 2016.
- il rispetto della nomenclatura in vigore citata precedentemente.

L'analisi della copertura vegetale del 2019 e il confronto dei risultati attuali con quelli del 1993 hanno consentito di effettuare una valutazione qualitativa e quantitativa dell'evoluzione della vegetazione sulla spiaggia di Balistra su un periodo di 25 anni.



L'analisi sviluppata nel seguito potrebbe essere all'origine dell'introduzione di misure di gestione proprie del sito di Balistra o simili a quelle di Rondinara.

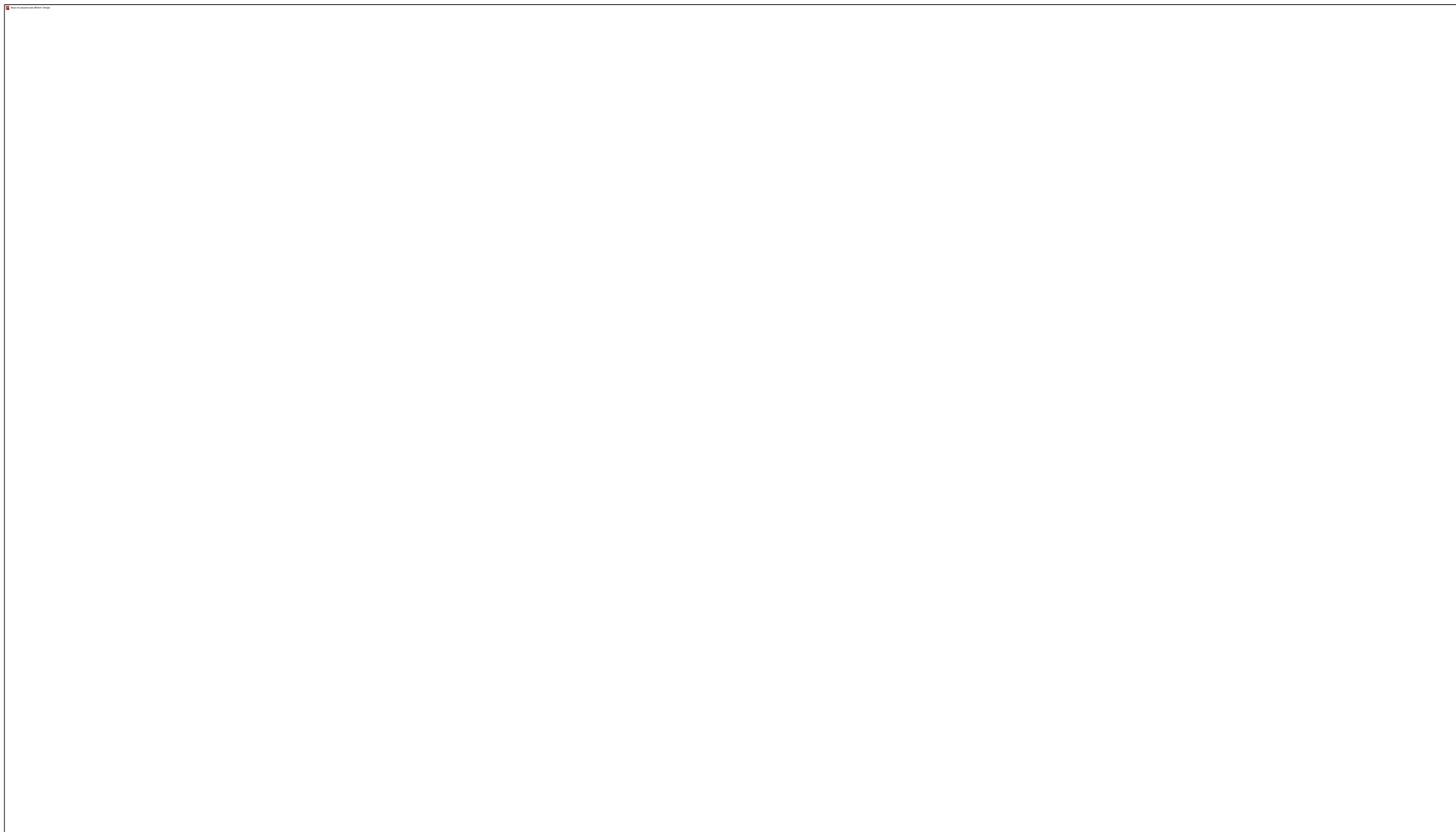
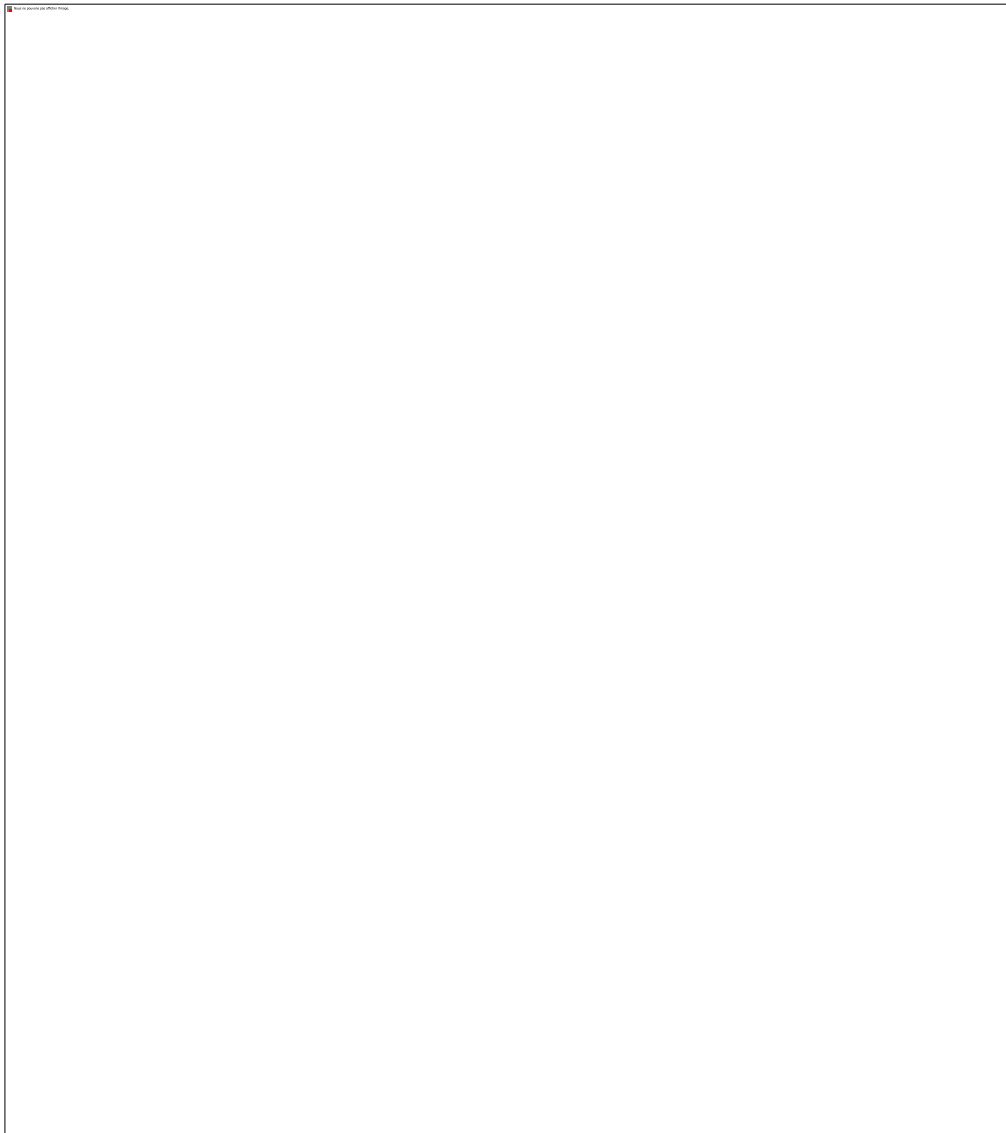


Figura 67: Carte semi-schematiche della vegetazione della spiaggia di Balistra nel 2019 in scala 1:700 (a sinistra), georeferenziazione di tali mappe sulla base dell'ortofotografia aerea ad alta risoluzione del 2016 (al centro) e digitalizzazione in scala 1:2500 (a destra) (Guilhan PARADIS, 2019)





a. Descrizione della vegetazione nel 2019

L'insieme dei risultati presentati qui di seguito è osservabile sulle carte della vegetazione digitalizzate del 1993 e del 2019 (Fig. 95 e 96) riportate nell'allegato 6. Contrariamente a quanto avvenuto per Rondinara, la cui descrizione è stata fatta per settori, qui, a causa dell'estensione del sito, si tratterà di una caratterizzazione per associazioni a livello dell'intera spiaggia.

Come si è ricordato prima, la spiaggia di Balistra presenta un'ampia estensione di sabbia nuda e una frammentazione di

numerose associazioni. Inoltre, per comprendere l'assenza di una zona dunare continua a oyate (*Ammophila arundinacea*) e la presenza di molte piccole collinette sparse che presentano questo taxon, è necessario tener conto dei numerosi impatti subiti dal sito da lungo tempo e che sono appena stati elencati.

Tuttavia, la zonazione della vegetazione resta relativamente visibile. È anche possibile osservare le associazioni seguenti:

- *Sporobolium arenarii*;
- *Sporobolium-Elymetum*;
- *Eryngio-Elymetum farcti* di *Achillea maritima*;

- *Eryngio-Elymetum farcti typicum*;
- *Elymetum farcti* di *Limbarda crithmoides*;
- associazione di *Limbarda crithmoides*;
- associazione più o meno densa di *Spartina patens*;
- *Eryngio-Elymetum farcti* di *Polygonum maritimum*;
- associazione molto rada che può essere inclusa nell'*Helichryso italici-Scrophularietum ramosissimae*.

a.1 Associazione di *Sporobolus pungens* (*Sporobolus arenarii*) (Allegato 7):

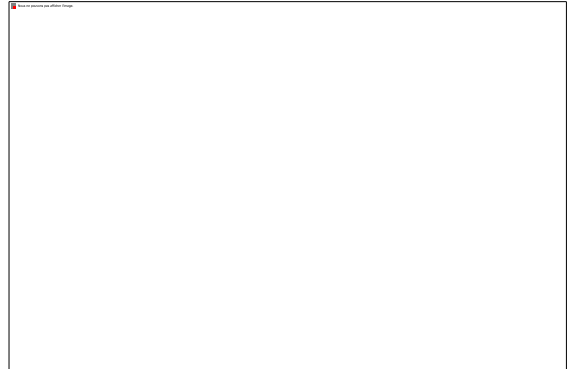
Lo sporobolo pungente *Sporobolus pungens* (vecchio nome: *Sporobolus arenarius*) è una poacea geofita dal rizoma orizzontale lungo (tracciante), che emette degli steli fogliati ortotropi che terminano con un'infiorescenza d'estate (Fig. 68). Il rizoma permette così alla pianta di non soffrire troppo a causa del calpestio. Lo sporobolo è utilizzato spesso come indicatore della frequentazione di un sito costiero. In effetti, qui, *S. pungens* è abbondante sulla sabbia pura, sulla sabbia coperta di egagropile, oltre che sulla sabbia mescolata a terra derivante da erosione dei sedimenti colluviali utilizzati per il parcheggio. *S. pungens* è stata osservata:

- nella porzione posteriore della spiaggia aerea (Allegato 7: rilievi 1 e 2);



Figura 68: *Sporoboletum arenarii*

- sul retro del cordone, nei pressi dello stagno (Allegato 7: rilievi 3 e 4);
- alla base della collina a sud del sito (Allegato 7: rilievi 5).



Inclusione sintassonomica:

Euphorbio-Ammophiletea, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Sporobolenion arenarii* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.1). Questo gruppo corrisponde all'associazione *Sporoboletum arenarii* (Arènes 1924) Géhu & Biondi 1994.

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.2112 (Dune embrionali mediterranee).

Codice Natura 2000: 2110 (Dune embrionali mobili)

Codice EUNIS: B1.312 (Dune embrionali del dominio tetieno occidentale).

a.2 Associazione di *Sporobolus pungens* e *Elytrigia juncea* (*Sporobolus pungentis-Elymetum farcti*) (Allegato 8):

Questa associazione somiglia alla precedente per la sua struttura ma *Elytrigia juncea* (vecchio nome: *Elymus farctus*) è ben rappresentata poiché presenta un maggior numero di specie (in media 7,3) (Fig. 69). La costanza e l'abbondanza di *Eryngium maritimum* (Fig. 70) hanno consentito di supporre che si trattasse di un'associazione di sostituzione di *Eryngio maritimi-Elymetum farcti*

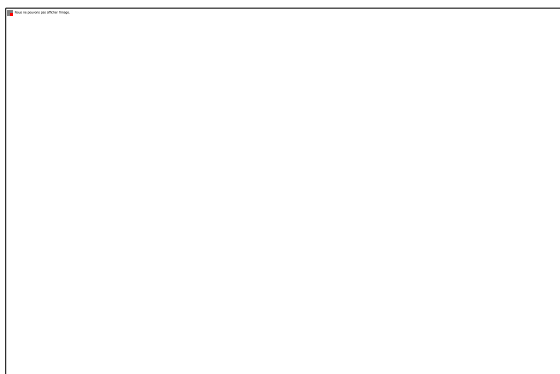


Figura 69: *Elytrigia juncea*

Figura 70: *Eryngium maritimum*

Sulla spiaggia di Balistra, questa associazione è ubicata a nord del sito (Allegato 8, rilievi da 1 a 4), davanti al parcheggio (rilievi 5, 6 e 8), e nella porzione alta della spiaggia aerea a sud del sito (rilievi 7, 9 e 10).

Sono state osservate tre specie annuali caratteristiche della *Cakiletea maritima* (*Kali australis*, *Euphorbia peplis* e *Cakile maritima*) (Allegato 8).

Inclusione sintassonomica:

Euphorbio-Ammophiletea, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Sporobolo arenarii-Elymenion farcti* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.2). Questo gruppo corrisponde all'associazione *Sporobolo pungentis-Elymetum farcti* (Braun-Blanquet 1933) Géhu et al. 1984.

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.2112 (Dune embrionali mediterranee).

Codice Natura 2000: 2110 (Dune embrionali mobili)

Codice EUNIS : B1.312 (Dune embrionali del dominio tetieno occidentale).

a.3 Associazione di *Eryngium maritimum* e *Elytrigia juncea* (*Eryngio maritimi-Elymetum farcti*):

a.3.1 Associazione di *Eryngium maritimum* e *Elytrigia juncea typicum* (Allegato 9):

Questa associazione è ampiamente dominata dalle due specie caratteristiche e presenta un numero medio di taxa pari a 7,4. Questa associazione è qui ben rappresentata, in particolare nella porzione centrale del cordone. Si tratta della sotto-associazione *typicum* all'interno dell'associazione *Eryngio maritimi-Elymetum farcti* (Géhu 1987).

a.3.2 Associazione di *Eryngium maritimum* e *Echinophora spinosa* (Allegato 9):

Echinophora spinosa (Fig. 71) è presente nell'associazione precedente con una frequenza del 66%.

Il rilievo 11 eseguito nella parte centrale a sud-est dello stagno, dove i passaggi per raggiungere le attività di windsurf sono molto frequenti, ha mostrato l'abbondanza di *Eryngium maritimum* ma l'assenza locale di *Elytrigia juncea* probabilmente estirpata dal calpestio.

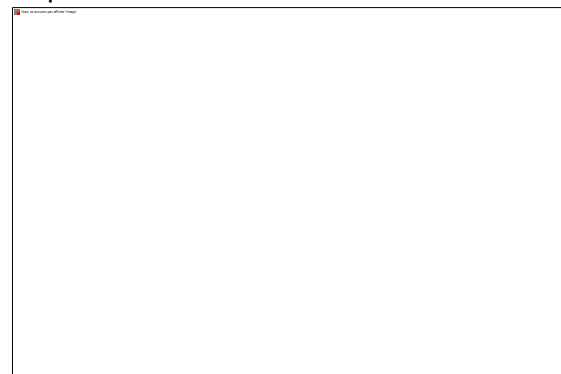


Figura 71: *Echinophora spinosa*

a.3.3 Associazione di *Eryngium maritimum* e *Sporobolus pungens* (Allegato 9):

Esattamente come per l'associazione precedente, il rilievo 12, eseguito molto vicino al ristorante e mostrante l'abbondanza di *Eryngium maritimum* e di *Sporobolus pungens* oltre all'assenza di *Elytrigia juncea*, illustra le probabili conseguenze del calpestio all'origine della perdita di alcune specie e della persistenza di altre specie dominanti.

a.3.4 Associazione di *Eryngium maritimum*, *Elytrigia juncea* e *Achillea maritima* (Allegato 10):

Achillea maritima (vecchio nome: *Otanthus maritimus*) (Fig. 72 e 73) è rappresentata piuttosto bene sul cordone, soprattutto nella parte centrale e relativamente vicino al mare. Si tratta di un taxon camefitico, formante ciuffi a cuscinetto che resiste bene agli spruzzi e che può essere stato all'origine della formazione delle dune embrionali. Tuttavia, i suoi cuscinetti sono solitamente esposti al passaggio dei veicoli 4x4 che schiacciano gli steli aerei, distruggono i germogli che possono dar vita a nuovi ramoscelli e limitano la crescita degli individui. La ripetizione del passaggio finisce per uccidere numerosi ciuffi.

I rilievi della tabella 4A hanno mostrato che sulla spiaggia di Balistra, a causa del mancato passaggio di fuoristrada, la dominanza di *Achillea maritima* era forte rispetto ad *Elytrigia juncea* e *Eryngium maritimum*. Si può considerare che si tratti della sotto-associazione *otanthetosum maritimae* Géhu et al. 1987 all'interno dell'associazione *Eryngio maritimi-Elymetum farcti* Géhu 1987.

Quindi, la popolazione di *Achillea maritima* potrebbe in futuro diventare più densa.



Figura 72: Ciuffo di *Achillea maritima*



Figura 73: Ciuffi di *Achillea maritima* sparsi sul cordone dunare

a.3.5 Associazione di *Polygonum maritimum* (Allegato 10):

Il poligono marittimo *Polygonum maritimum* (nome corso: *erba sciappa petra*) (Fig. 74) è una specie perenne solitamente presente nella porzione alta della spiaggia in cui, d'estate, coesiste con le specie annuali del *Salsolo-Cakiletum* (*Cakileta maritimae*). Qui, è abbondante a nord del ristorante. L'origine di tale insolita ubicazione per questa specie non è stata spiegata. Forse si sviluppa su un substrato ricco di depositi di detriti di *Posidonia*.

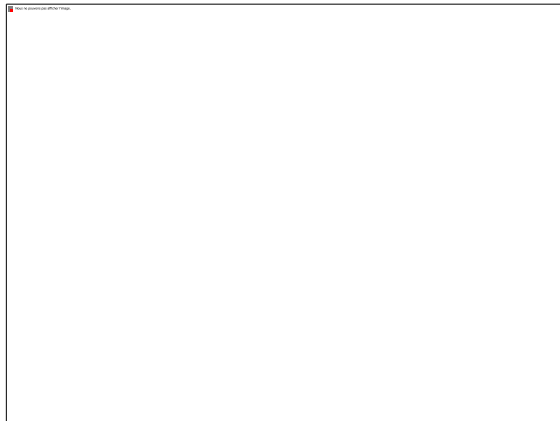


Figura 74: Polygonum maritimum

a.3.6 Associazione di Limbarda crithmoides subsp. longifolia ed Elytrigia juncea (Allegato 10):

L'inula critmoide *Limbarda crithmoides subsp. longifolia* (vecchio nome: *Inula crithmoides*) (Fig. 75 e 76) è una camefita formante ciuffi di altezza compresa tra 20 e 50 cm, molto frequente sui bordi delle acque salmastre degli stagni, dei canali, dei fossati e dei corsi inferiori dei fiumi.

Qui, questa inula è ben rappresentata sulla parte retrostante del cordone, dal bordo dello stagno fino a un'altitudine un po' più elevata. In molti punti forma piccole collinette di origine eolica.

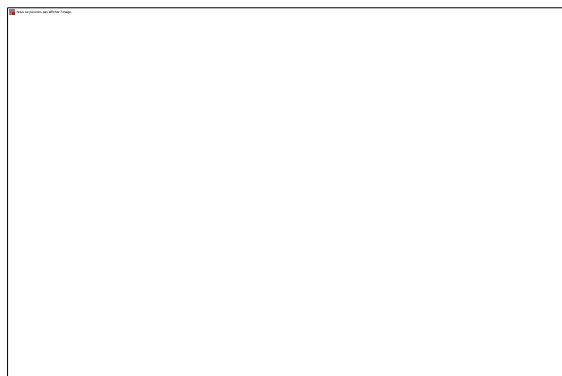


Figura 75: Limbarda crithmoides



Figura 76: Collina di Limbarda crithmoides

I rilievi mostrano la sua dominanza e l'abbondanza di *Elytrigia juncea*. Ciò corrisponde all'associazione costiera di *Inula crithmoides-Elymetum farcti* (Piazza & Paradis 1994).

Inclusione sintassonomica:

Euphorbio-Ammophiletea, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Sporobolus arenarii-Elymenion farcti* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.2.).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.2112 (Dune embrionali mediterranee).

Codice Natura 2000: 2110 (Dune embrionali mobili)

Codice EUNIS: B1.312 (Dune embrionali del dominio tetieno occidentale).

a.4 Collinette di origine eolica (dune) di oyate (*Ammophila arenaria subsp. arundinacea*) (*Ammophiletum arundinaceae*) (Allegato 11):

Come indicato in precedenza, è probabile che in passato, la lingua costiera presentasse in tutta la sua lunghezza una duna tipica di oyate (*Ammophila arenaria subsp. arundinacea*) il cui numero di ciuffi era relativamente scarso (circa 15) ma la continuità considerevole. Visti i numerosi impatti, questa duna è stata frammentata in colline di origine eolica che presentano un numero di ciuffi di oyate molto più elevato (Fig. 77). A causa del diradamento delle oyate, numerose specie di *Euphorbio-Ammophiletea* vi si sono associate (*Sporobolus pungens*, *Elytrigia juncea*, *Eryngium maritimum*, *Glaucium flavum*, *Pancratium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Polygonum maritimum* e *Lotus cytisoides subsp. conradiae*).



Figura 77: Ciuffi di *Ammophila arundinacea* e *Achillea maritima*

Inclusione sintassonomica:

Euphorbio-Ammophiletea, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Ammophilenion australis* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.3).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.2122 (Dune bianche del Mediterraneo).

Codice Natura 2000: 2110 (Dune embrionali mobili)

Codice EUNIS: B1.322 (Dune bianche del dominio tetieno).

a.5 Associazioni di *Helichryso italicum*-*Crucianelletea maritimi* (Allegato 12):

Le specie caratteristiche di questa classe sono *Crucianella maritima* (assente dal sito), *Helichrysum italicum*, *Scrophularia maritima*, *Armeria pungens* (assente dal sito), *Lomelosia rutifolia* (vecchio: *Pycnocomon rutifolium*) e *Cyperus capitatus*.

a.5.1 Associazione rada di *Helichrysum italicum* e *Scrophularia*

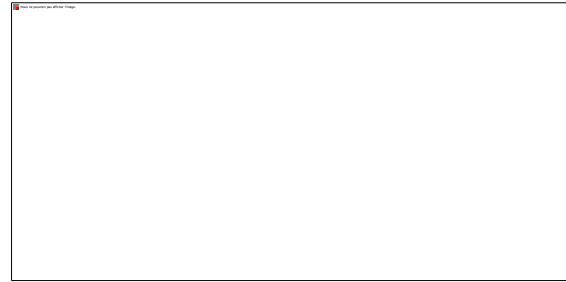
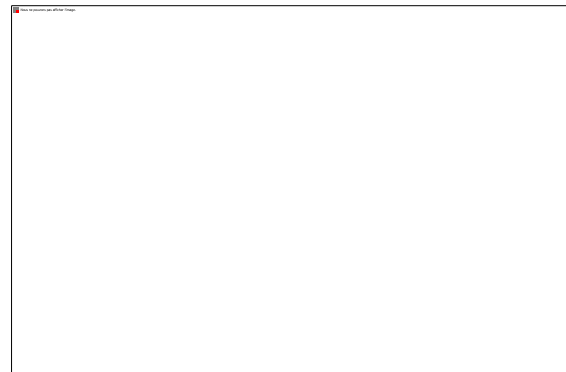


Figura 78: Ciuffi di *Helichrysum italicum*



***ramosissima* (*Helichryso italicum*-*Scrophularietum ramosissimae*) (Allegato 12):**

Figura 79: Ciuffi di *Scrophularia maritima*

L'osservazione di un certo numero di ciuffi di queste due camefite sulla sabbia del pendio, vicina alla macchia, a nord del ristorante, consente di ammettere la presenza del gruppo corrispondente all'associazione *Helichryso italicum*-*Scrophularietum ramosissimae* (Géhu et al. 1987) (Fig. 78 e 79).

Sulla spiaggia di Balistra, questa associazione è caratterizzata da un basso livello di copertura (Tab. 8: rilievi da 1 a 5).

a.5.2 Associazione di *Lomelosia rutifolia* (Allegato 12):

La scabiosa a foglie di ruta *Lomelosia rutifolia* (vecchio nome: *Pycnocomon rutifolium*) è un'emicriptofita a rosette di foglie applicate sul substrato e a stelo fogliato non legnoso e fiorifero che può raggiungere i 60 cm di altezza (Fig. 80).

Mentre era relativamente abbondante nel 1993 (Piazza & Paradis, 1994),

L. rutifolia è attualmente ben rappresentata unicamente:

- nella parte nord, dove il cordone è più alto e più largo;
- a sud del ristorante, piuttosto lontano dalla spiaggia.

La sua inclusione nelle Helichryso-Crucianelletea (Géhu & Biondi, 1994) ci sembra contestabile (Paradis & Piazza, 2019) poiché questa classe è caratterizzata da camefite legnose mentre la *Lomelosia rutifolia* è una pianta erbacea.



Figura 80: Lomelosia rutifolia

Inclusione sintassonomica:

Helichryso italici–*Crucianelletea maritima*,
Helichryso italici–*Crucianelletalia maritima*,
Crucianellion maritima (PVF 2004: 25.0.1.0.3).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.223 (Dune grige mediterranee).

Codice Natura 2000: 2210 (Dune fissate del litorale di *Crucianellion maritima*).

Codice EUNIS: B1.43 (Dune grige fissate della regione mediterraneo-atlantica).

a.6 Diversi tipi di macchia (Allegato 13):

Prima di essere frequentemente rovinata dagli incendi, la macchia mediterranea (o matorral) colonizzava i sedimenti colluviali delle colline.

Oggi, alcune specie formano forteti, vale a dire macchia bassa (da 1 a 2 metri di altezza) o macchia media (da 2 a 4 metri di altezza) ai piedi delle colline, sulla sabbia eolica (Fig. 81).

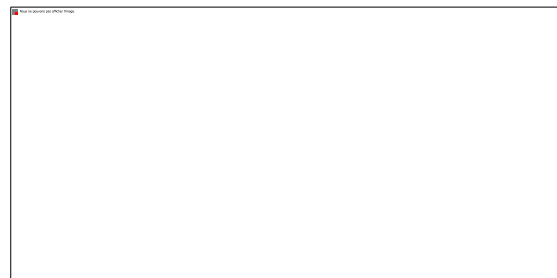


Figura 81: Macchia mediterranea bassa ai piedi della collina a sud della spiaggia di Balistra

In base alla composizione floristica e alle specie dominanti, si sono distinti cinque tipi di macchia.

a.6.1 Macchia da includere nell'Oleo-Ceratonion:

- **Macchia di *Pistacia lentiscus* (Allegato 13).** Il lentisco (*Pistacia lentiscus*) presenta:
 - un individuo isolato a nord del cordone (rilievo 1);
 - un individuo dominante associato a *Phillyrea angustifolia* su una collina sabbiosa, a sud del ristorante (rilievo 2).
- **Macchia di *Phillyrea angustifolia* (Allegato 13).** La filaria a foglie strette (*Phillyrea angustifolia*) forma piccoli tappeti isolati sulla sabbia fine di origine eolica a sud del ristorante (rilievi 3, 4 e 5).
- **Macchia di *Myrtus communis* (Allegato 13).** Il mirto (*Myrtus communis*), associato a *Pistacia lentiscus* e *Phillyrea angustifolia*, forma numerosi piccoli tappeti sulla sabbia a sud del ristorante.

- **Macchia di *Pistacia lentiscus* e *Quercus ilex* (Allegato 13).** Il leccio (*Quercus ilex*), associato a *Pistacia lentiscus*, costituisce una macchia media di altezza compresa tra 3 e 4 m:

- a sud del ristorante, sulla sabbia (rilievo 9);
- sulla sabbia che ricopre i sedimenti colluviali nella parte bassa della collina granitica a nord del ristorante (rilievi 10 e 11). Il corbezzolo (*Arbutus unedo*) è associato al leccio sulla sabbia che ricopre i



sedimenti colluviali.

Inclusione sintassonomica:

Quercetea ilicis, *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*, *Oleo-Ceratonion* (PVF 2004 : 56.0.2.0.2).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.28 (Forteti dunari di sclerofille).

Codice EUNIS: F5.112/F5.12 (Matorral acidofilo dell'area del Mediterraneo occidentale con Leccio/Matorral di lentisco).

a.6.2 Macchia di *Pistacia lentiscus* e *Juniperus phoenicea* subsp. *Turbinata* (Allegato 13):

Una macchia che presenta il ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) (Fig.. 82) associata al lentisco (*Pistacia lentiscus*) e, localmente, al mirto (*Myrtus communis*), al leccio (*Quercus ilex*) e al corbezzolo (*Arbutus unedo*), è stata localizzata sulla sabbia della parte retrostante il cordone tra lo stagno e l'area nord del ristorante.

Le altre specie presenti sono salsapariglia (*Smilax aspera*) e caprifoglio delle Baleari (*Lonicera implexa*).

La presenza di *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*, specie caratteristica in Corsica dello stadio bioclimatico termomediterraneo, consente di includere questa macchia nell'alleanza denominata *Juniperion turbinatae*.

Inclusione sintassonomica:

Quercetea ilicis, *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*, *Juniperion turbinatae* (PVF 2004: 56.0.2.0.4).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 16.27 (Bosco e boschetti dunari di ginepro).

Codice Natura 2000: 2250 (Dune costiere di *Juniperus* spp.).

Figura 82: Macchia di *Juniperus phoenicea*

Codice EUNIS: F5.1322 (Matorral mediterraneo arborescente di *Juniperus phoenicea*).

a.7 Associazione di *Limbarda crithmoides* subsp. *longifolia* (Allegato 14):

Il rilievo eseguito nelle immediate vicinanze dello stagno mostra che l'inula critmoide (*Limbarda crithmoides* subsp. *longifolia*) è associata a specie delle zone umide salmastre o anche abbastanza salate: giunchi (*Juncus maritimus*, *Juncus acutus*) e specie tipiche dei substrati salati (*Sarcocornia fruticosa*, *Limonium narbonense*).

Inclusione sintassonomica:

Juncetea maritimi, *Juncetalia maritimi*,
Juncion maritimi (PVF 2004: 35.0.1.0.1).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 15.51 (praterie mediterranee salate).

Codice EUNIS: A2.522 (paludi salmastre mediterranee di *Juncus maritimus* e *Juncus acutus*).

a.8 Associazioni dominate da *Spartina patens* (Allegato 15):

La spartina *Spartina patens* (precedentemente denominata *Spartina versicolor*) è una specie di origine americana attualmente considerata una specie invasiva in piena espansione nel bacino del Mediterraneo (Tison & de Foucault, 2014). In Corsica ha recentemente invaso numerosi siti costieri, tra cui l'isola di Lavezzi (Paradis & Pozzo di Borgo, 2015) o il ruscello del sito sabbioso di Cupabia (Paradis & Piazza, 2018).

Sulla spiaggia di Balistra, e più precisamente lungo il bordo dello stagno, risulta presente da lungo tempo (Transetti T4, T5, T8 sulla carta della vegetazione di Piazza & Paradis del 1994. Nel 2019 le osservazioni hanno mostrato che sembrava formare 3 associazioni rispettivamente situate:

- vicino allo stagno, dove la spartina è associata a specie tipiche delle zone umide (*Limbarda crithmoides*, *Juncus acutus*, *Juncus maritimus*, *Phragmites australis*, *Limonium virgatum*, *Limonium narbonense*) (Tab. 11A; Fig. 83);

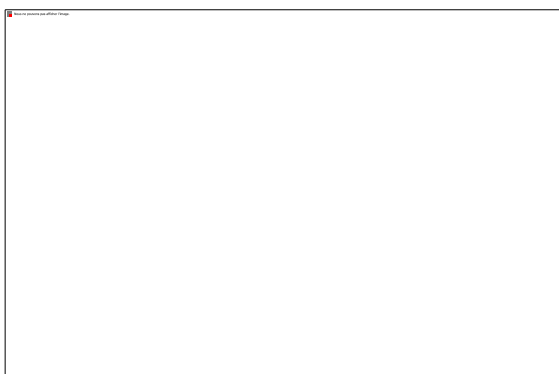


Figura 83: *Spartina patens*

- più lontano dallo stagno, sul pendio del cordone litorale, dove la spartina è associata a specie di *Euphorbio-Ammophiletea* (*Eryngium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Convolvulus soldanella*, *Elytrigia juncea*, *Lotus cytisoides* subsp. *conradiae*, *Achillea*

maritima, *Pancratium maritimum*) (Tab. 11B; Fig. 84). Sembra probabile che questa associazione corrisponda a un'invasione di *Eryngio maritimi-Elymetum farcti* (classe delle *Euphorbio-Ammophiletea*) da parte di *Spartina patens*, il cui biotopo ottimale è solitamente il bordo dello stagno (Associazione A).

- dietro allo stagno, dove *S. patens* è associata a numerosi ciuffi di



Figura 84: *Spartina patens* e *Ammophila*

Limbarda crithmoides.

Inclusione sintassonomica:

Agrostietea stoloniferae, *Holoschoenetalia vulgaris*, *Agrostio stoloniferae-Scirpoidion holoschoeni* (PVF 2004: 42.0.2.0.1).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 37.4 (Praterie umide mediterranee alte).

Codice EUNIS: C3.25 (Formazioni a graminoidi di medie/grandi dimensioni tipiche delle aree in riva alle acque).

a.9 Vegetazione pioniera che colonizza la sabbia che ha subito perturbazioni (Allegato 16):

Il cordone sabbioso, in prossimità dell'estremità sud dello stagno, ha subito perturbazioni (incisione della sabbia e depositi di detriti di Posidonia).

La vegetazione che colonizza attualmente questa porzione è dunque poco strutturata e comprende un mix di specie:

- perenni, caratteristiche degli habitat umidi (*Phragmitetalia australis*, *Juncetalia maritimi*, *Holoschoenetalia vulgaris*);
- perenni, caratteristiche dei litorali sabbiosi (*Euphorbio-Ammophiletea*);
- annuali, caratteristiche delle linee di marea (*Cakiletea maritimae*).

È quindi probabile che in futuro *Spartina patens* diventi più densa e coesista con le specie di *Euphorbio-Ammophiletea*, per arrivare a un'associazione dello stesso tipo di quella rilevata nella precedente tabella 11B.

a.10 Associazione di *Elytrigia acuta* (Allegato 17):

L'elimo *Elytrigia acuta* (vecchi nomi: *Elymus pycnanthus*, *Elytrigia atherica*) (Fig. 85) è una poacea geofitica che forma solitamente popolazioni quasi monospecifiche lungo il bordo dell'acqua degli stagni salmastri, come lo stagno di Palo sulla costa est dell'isola. Si tratta di una specie più idrofita che sabulicola.



Figura 85: *Elytrigia acuta*

Sulla spiaggia di Balistra questo elimo non è né frequente né abbondante. In effetti, mentre sarebbe stato logico osservarlo lungo il bordo dello stagno, è stato individuato solo a sud del ristorante, vale a dire lontano dallo stagno. In quel punto si presenta sotto forma di associazione a mosaico con una popolazione di inula viscosa (*Dittrichia viscosa*), asteracea camefitica fortemente competitiva (Fig. 86).

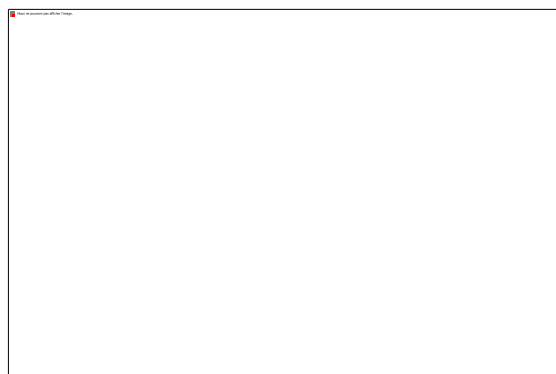


Figura 86: *Dittrichia viscosa*

tra le piante che accompagnano *Elytrigia acuta*, vi sono:

- molte specie delle *Euphorbio-Ammophiletea* (tra cui *Elytrigia juncea* e *Sporobolus pungens*);
- alcune altre specie, tra cui *Carex flacca* e *Plantago lanceolata*.

Questa insolita ubicazione di *Elytrigia acuta* è verosimilmente spiegata dall'esistenza, nel passato, di una piccola depressione inondabile d'inverno. Questa depressione è certamente stata

colmata, forse naturalmente, dalla sabbia proveniente dal cordone e asportata dal vento.

Inclusione sintassonomica:

Juncetea maritimi, *Juncetalia maritimi*,
Juncion maritimi (PVF 2004: 35.0.1.0.1).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 15.51 (praterie mediterranee salate).

Codice EUNIS: A2.522 (paludi salmastre mediterranee di *Juncus maritimus* e *Juncus acutus*).

a.11: Associazione di *Cynodon dactylon* (Allegato 18):

La gramigna a zampa di gallina (*Cynodon dactylon*) è una poacea rampicante considerata una geofita o una emicriptofita (Fig. 87) che si sviluppa soprattutto d'estate.

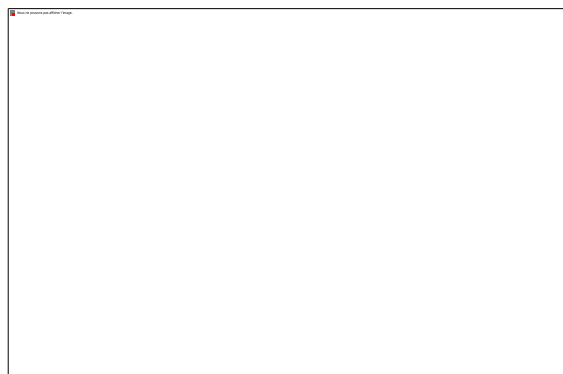


Figura 87: *Cynodon dactylon*

I suoi biotopi preferiti sono i substrati calpestati, in altre parole i luoghi in cui vi sono poche altre specie potenzialmente competitive. Forma quindi delle associazioni estive nelle praterie soggette a pascolo eccessivo, in cui il substrato è sabbia o terra

fine, lungo i bordi delle strade e dei sentieri, oltre che dei parcheggi.

Qui costituisce un'associazione estesa tutto intorno al parcheggio (Fig. 88) e lungo i bordi del sentiero in basso alla collina a sud del parcheggio.



Figura 88: *Cynodon dactylon*

Inclusione sintassonomica:

Arrhenatheretea elatioris, *Plantaginetalia majoris*, *Trifolio fragiferi-Cynodontion dactylonis* (PVF 2004: 6.0.3.0.2).

Classificazione dell'habitat naturale:

Codice CORINE: 35.3 (Prati silicei mediterranei).

Codice EUNIS: E1.E (Prati xerici calpestati di specie annuali).

a.12: Altri tipi di vegetazione:

a.12.1: Micro-popolazione di *Sarcocornia fruticosa*:

La salicornia fruticosa *Sarcocornia fruticosa* (vecchi nomi: *Salicornia fruticosa*, *Arthrocnemum fruticosum*) è una specie legnosa perenne, camefitica che però può raggiungere un'altezza di 80 cm. È molto frequente in Corsica, lungo i bordi degli stagni costieri. Si tratta della salicornia perenne più abbondante e del principale componente

delle formazioni vegetali denominate “sansouire”.

Sulla spiaggia di Balistra, è presente sotto forma di una decina di piccoli ciuffi nei pressi dell'estremità terminale dello stagno e nella porzione bassa del cordone litorale, in una depressione il cui substrato è un fango di colore nero (Fig. 89).



Figura 89: *Sarcocornia fruticosa*

È probabile che con il riscaldamento climatico, lo stagno di Balistra si asciughi sempre più di anno in anno, cosa che dovrebbe provocare un innalzamento della salinità del suo substrato e favorire questa salicornia perenne.

Inclusione sintassonomica:

Salicornietea fruticosae, *Salicornietalia fruticosae*, *Salicornion fruticosae* (PVF 2004: 63.0.1.0.2).

a.12.2: Mosaico con abbondanza di ciuffi di *Dittrichia viscosa*:

Sui sedimenti colluviali ricoperti dalla sabbia della spiaggia, tra il parcheggio e il ristorante, si estende un insieme vegetale



Figura 90: *Dittrichia viscosa*

complesso comprendente quattro associazioni più o meno connesse (Fig. 90):

- un prato di *Asphodelus ramosus*, *Agrostis stolonifera*, *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, *Carlina corymbosa*, *Scabiosa atropurpurea*, *Daucus carota*, *Carex flacca* subsp. *serrulata*, *Plantago lanceolata*, *Sporobolus pungens*, *Lotus cytisoides* subsp. *conradiae*, *Pancratium maritimum*;
- di numerosissimi ciuffi della camefita *Dittrichia viscosa* di diverse dimensioni;
- rari ciuffi mingherlini che sembravano residuali di *Schoenus nigricans* e di *Juncus acutus*;
- numerose camefite e nanofanerofite: *Juniperus phoenicea*, *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea*, *Erica scoparia*, *Myrtus communis*, *Olea europaea*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus monspeliensis*, *C. salviiifolius*, *C. creticus*, *Helichrysum italicum*, *Asparagus acutifolius*.

Nota: i gambi di *Dittrichia viscosa* sembravano essere sempre più numerosi sul sito di Balistra, in particolare sulle colline di origine eolica della parte nord del cordone (Fig. 91).



a.12.3: Presenza di *Carpobrotus edulis*

Alcuni tappeti di questa specie invasiva sono presenti vicino al bar-ristorante, sul pendio del parcheggio, tra quest'ultimo e la spiaggia e davanti alla macchia a sud della spiaggia (Fig. 92).



Figura 92: *Carpobrotus edulis*

a.13: Conclusioni:

a.13.1: Specie patrimoniali legalmente protette:

A causa di una fortissima densità di occupazione della spiaggia da parte dei turisti estivi, sono stati osservati rarissimi individui di *Euphorbia peplis* (Fig. 93), euforbiacea annuale il cui ciclo di vita si svolge d'estate.



Figura 93: *Euphorbia peplis*

Essendo stato realizzato lo studio alla fine dell'estate, non è stato possibile verificare se l'apiacea annuale primaverile *Pseudorlaya pumila*, spesso rilevata da Piazza & Paradis nel 1994, fosse ancora presente sul sito. 94).



Figura 94: *Pseudorlaya pumila*

a.13.2: Specie invasive:

Le osservazioni hanno consentito di mettere in evidenza:

- una grande distesa di *Spartina patens* che sembra estendersi lungo il bordo dello stagno, oltre che a monte del cordone sabbioso;
- la presenza di piccoli tappeti di artiglio della strega (*Carpobrotus edulis*) che, per il momento, non è molto esteso in questo sito.

- Confronto tra carta della vegetazione del 1993 e del 2019

Rispetto allo studio di Piazza & Paradis (1994), alcuni impatti sono terminati (campeggio libero, circolazione di fuoristrada sulla parte nord del cordone e pascolo di bovini).

Tuttavia, la creazione del bar-ristorante ha provocato un aumento del numero di vie di accesso, il loro allargamento e la notevole ampiezza della denudazione sulla sabbia (Fig. 96). In effetti, considerando una superficie di studio comune ai monitoraggi del 1993 e del 2019, la superficie di sabbia nuda (unità 28 del 1993 e unità 1 e 2 nel 2019) è passata da 14.423 m² a 20.593 m².

La frequentazione della spiaggia, già forte nel 1993, è cresciuta e ha comportato un aumento del calpestio, con i seguenti effetti:

- diradamento di tutte le associazioni vegetali, salvo quella di *Spartina patens* (unità 18, 19 e 23 nel 1993 e unità 16, 17 e 18 nel 2019) vicina allo stagno, che è passata da 1047 m² a 3097 m²;
- il forte aumento della superficie di sabbia denudata.

In relazione a questa eccessiva frequentazione, la superficie del parcheggio è aumentata a spese della vegetazione circostante (da 3903 m² nel 1993 a 4210 m² nel 2019) (unità 30 nel 1993 e unità 28 nel 2019). Solo l'associazione di *Cynodon dactylon*, specie competitiva sui substrati poco profondi e calpestati, ha potuto svilupparsi lungo i bordi del parcheggio su una superficie di circa 603 m² (unità 21 nel 2019).

La pulizia occasionale della spiaggia eseguita dall'amministrazione comunale di Bonifacio, comportando il prelievo dei depositi di *Posidonia*, richiede d'individuare uno o più luoghi di conservazione permettendo di limitare i danni dei depositi e dei mezzi di trasporto sulle associazioni psammofile.

1.2.4. Conclusione

La spiaggia di Balistra, situata a metà strada tra 2 città balneari importanti della Corsica (Bonifacio e Portovecchio) è, come la spiaggia di Rondinara, una spiaggia molto frequentata nel periodo estivo. In effetti, numerosi visitatori vengono qui a fare il bagno, godersi il sole e l'acqua calda e trasparente, praticare varie attività ricreative e mangiare al ristorante.

Tuttavia, l'eccessiva frequentazione di una spiaggia caratterizzata da una forma a freccia (o cordone sabbioso) dietro la quale esiste uno stagno, non è priva di impatti sulla vegetazione psammofila ed infeudata delle zone umide presenti.

In effetti, la forte frequentazione estiva, le attività all'aria aperta e l'aumento della superficie costruita provocano il calpestio e la scomparsa di numerose specie perenni sostituite progressivamente dalla nuda sabbia. (Fig. 95 e 96).

Delle misure di protezione, quali la creazione di una riserva che includa lo stagno, erano state tuttavia previste in seguito a vecchi studi e dalle associazioni per la protezione dell'area per consentire la ricolonizzazione del cordone da parte delle specie perenni (Roux, 1989; Piazza e Paradis 1994).

La spiaggia di Balistra, sito complesso ove coesistono sedimenti colluviali, uno stagno, un cordone sabbioso, una macchia bassa, deve quindi essere sottoposta a misure di protezione.

Proprio come sulla spiaggia di Rondinara, le sfide legate alla protezione della vegetazione e ai banchi di *Posidonia* sono in aumento. Sembra quindi necessario apportare elementi di conoscenza relativi alle funzioni ecologiche rivestite da tali banchi e di riflettere su una modalità di gestione idonea che consenta il mantenimento delle loro funzioni all'interno dell'ecosistema in accordo con il rispetto di questa vegetazione dunare.



Figura 95: Carta della vegetazione della spiaggia di Balistra nel





Figura 96: Carta della vegetazione della spiaggia di Balistra



2 Caratterizzazione dei depositi di banchi di Posidonia nel 2019

La combinazione del monitoraggio effettuato 1 volta al mese da gennaio ad agosto 2019 da parte dell'Office de l'Environnement de la Corse e del monitoraggio eseguito mensilmente da STARESO da agosto 2019 a gennaio 2020, ha consentito di analizzare l'evoluzione spaziale dei depositi di banchi di Posidonia sull'arco di un intero anno.

Le misurazioni della superficie, dello spessore e della compattezza eseguite in occasione di questi monitoraggi hanno consentito di quantificare il volume di tali accumuli ad ogni data del monitoraggio.

Nonostante l'apporto di elementi coerenti e rappresentativi dell'ubicazione e della quantità dei banchi di Posidonia presenti ogni mese durante l'arco di un anno sulle spiagge di Rondinara e di Balistra, bisogna tuttavia sapere che la variazione spazio-temporale di questi depositi è molto più sottile e aleatoria. In effetti, a seconda delle condizioni meteorologiche, un banco di Posidonia può comparire o scomparire in poche ore. I risultati presentati qui di seguito dipendono dunque fortemente dal giorno in cui sono state effettuate le missioni sul campo.

2.1. Spiaggia di Rondinara

2.1.1. Evoluzione dei banchi

Poiché la spiaggia di Rondinara è una piccola spiaggia relativamente protetta dai venti e dalle onde provenienti da est grazie alla stretta apertura del suo golfo e davanti alla quale si sviluppa una prateria

relativamente piccola di Posidonia, il deposito di banchi dovrebbe essere limitato.

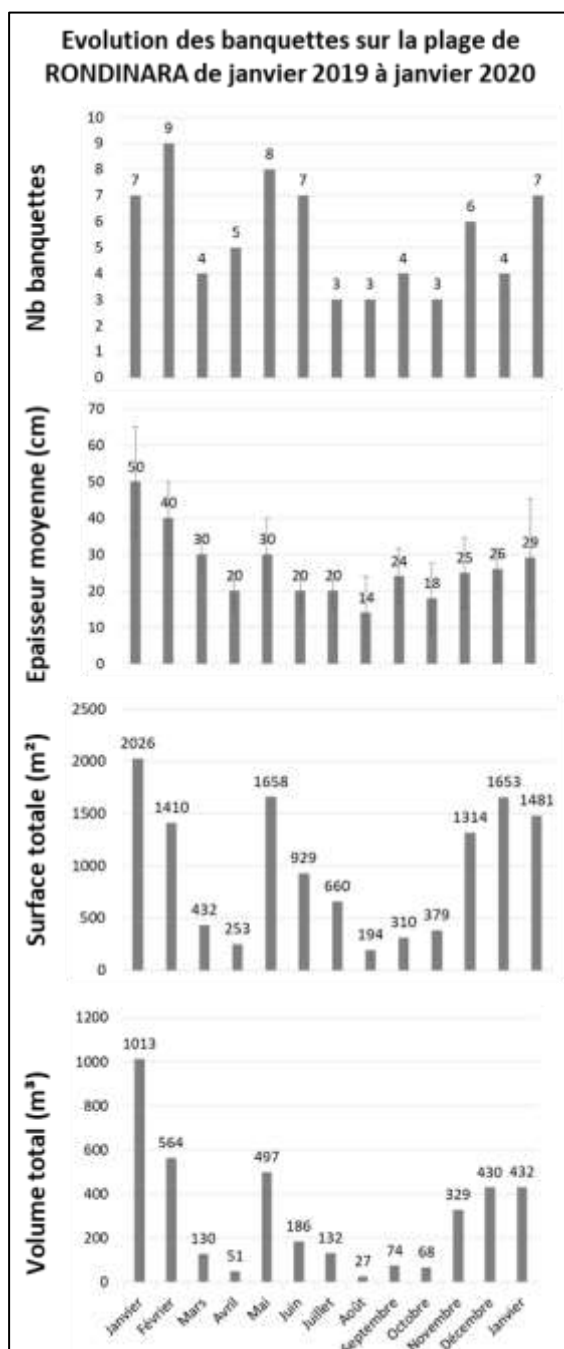
Tuttavia, questi ultimi sono ben presenti, soprattutto nei periodi autunnale e invernale, come lo dimostrano:

- la figura 97 che rappresenta sotto forma di grafico l'evoluzione temporale

(variazione mensile) del numero, dello spessore medio, della superficie e del volume totale dei banchi sulla spiaggia;

Figura 97: Evoluzione mensile del numero, dello spessore medio, della superficie e del volume totale dei banchi sulla spiaggia di

- la figura 98 che illustra mediante la cartografia l'evoluzione spaziale di questi depositi a ogni data del



monitoraggio.

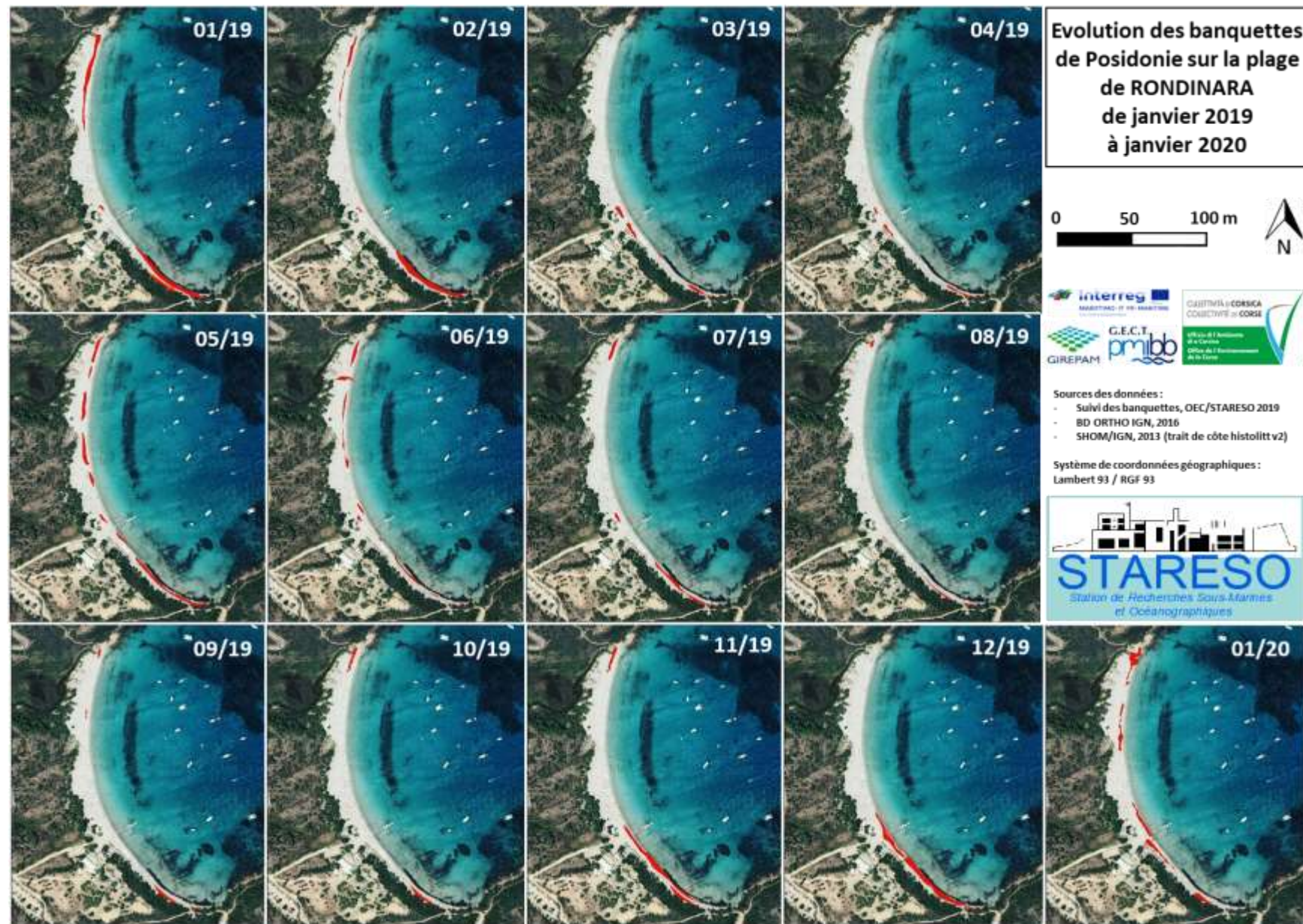


Figura 98: Evoluzione spaziale dei banchi di Posidonia (zone marroni) sulla spiaggia di Rondinara da gennaio 2019 a gennaio 2020

La delimitazione dei banchi si basa sul rispetto di diversi criteri. In altre parole, sono stati distinti 2 banchi nel momento in cui queste presentavano:

- una rottura geografica (non erano contigue) (Fig. 99);
- un'età (o una tipologia) diversa a seconda delle osservazioni e della valutazione dell'operatore.



Figura 99: Due banchi separati da una rottura geografica a nord della spiaggia di Rondinara il 22 gennaio 2020

In totale, sono stati rilevati 428 punti GPS e 340 misurazioni di spessore da agosto 2019 a gennaio 2020 sulla spiaggia di Rondinara (Fig. 100).

I risultati ottenuti sono in perfetto accordo con le conoscenze relative al ciclo di vita della prateria di Posidonia. In effetti, il numero, lo spessore medio, la superficie totale e il volume totale dei depositi a livello della spiaggia variano nel corso del tempo e sono decisamente più consistenti quando la prateria ha perso le sue foglie andando a formare delle lettiere, vale a dire in inverno (a gennaio e febbraio 2019 e a gennaio 2020) e in autunno (da ottobre a dicembre 2019) (Fig. 97 e 101).



Figura 100: Rilievo della misura dello spessore di un banco fresco di circa 1,10 m di altezza a nord della spiaggia di Rondinara il 22 gennaio

I valori massimi sono stati rilevati il 30 gennaio 2019 con 7 banchi di 50 cm (+/- 30cm) di spessore medio, che ricoprivano una superficie totale di circa 2026 m², vale a dire un volume totale di 1013 m³ di banchi di Posidonia sulla spiaggia di Rondinara.

I valori minimi sono stati anch'essi misurati il 27 agosto con solo 3 banchi di 14 cm (+/- 20 cm) di spessore medio che rappresentano una superficie totale di 194 m², vale a dire un volume totale di circa 27 m³.

Le differenze di spessore (deviazione standard) maggiori sono state misurate nei mesi di gennaio e febbraio 2019 e a gennaio 2020, periodi in cui è possibile osservare simultaneamente spessi banchi relativamente giovani e banchi più vecchi, compattati, sparsi e mescolati a grandi quantità di sabbia.



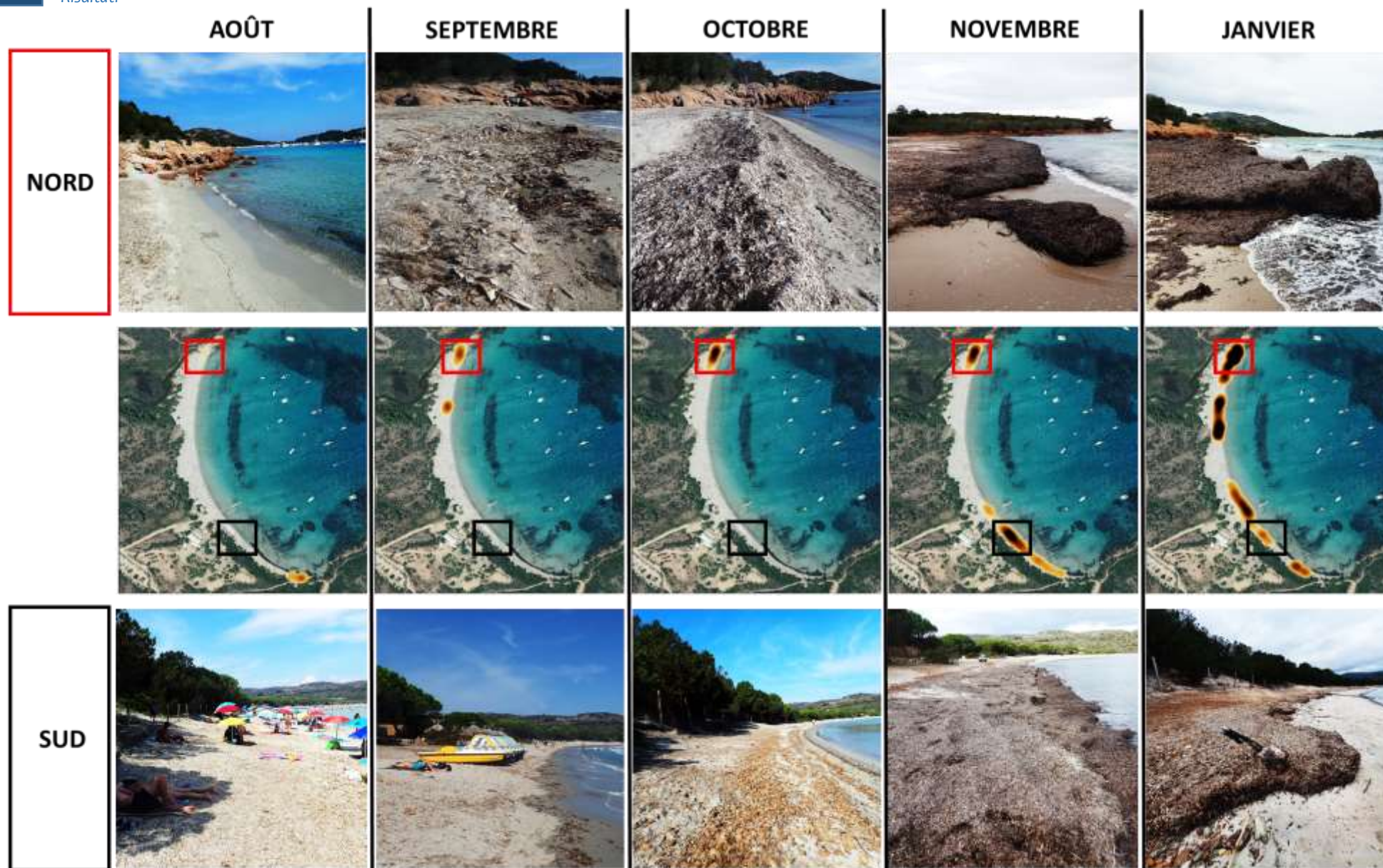


Figura 101: Evoluzione temporale dei banchi di Posidonia a nord (in alto) e a sud (in basso) della spiaggia di Rondinara da agosto a novembre

Del resto, non è sempre scontato individuare l'insieme dei depositi quando le condizioni meteorologiche cambiano molto e, da una volta all'altra, possono essere favorevoli alla creazione o all'erosione della spiaggia e all'asportazione dei banchi. Inoltre, capita che alcuni banchi poco spessi siano stati ricoperti di sedimenti e formino una specie di “millefoglie” costituita da un'alternanza di strati di sabbia e di foglie di Posidonia (Fig. 102).



Figura 102: Struttura a “millefoglie” costituita da un'alternanza di strati di sabbia e di foglie di Posidonia

2.1.2. Compattezza e tipologia(e)

A ciascuna delle 340 misurazioni di spessore dei banchi di Posidonia eseguite da agosto 2019 a gennaio 2020 è stata associata una misurazione della compattezza.

Queste misurazioni della compattezza sono state eseguite in maniera casuale (o indiscriminata) e relativamente omogenea all'interno dei diversi depositi individuati ogni mese sulla spiaggia.

Al fine di anticipare i carotaggi della missione di gennaio 2020 destinati a misurare il tenore di sedimenti delle diverse tipologie di banchi, era necessario distinguere correttamente queste diverse tipologie.

Al momento di ogni missione sul campo i banchi sono stati quindi considerati come:

- piuttosto vecchi quando apparivano relativamente compatti e composti da materiale vegetale secco. Questi depositi solitamente ubicati più in alto rispetto alla spiaggia potrebbero essere stati creati da molti mesi, o molti anni;
- di età media quando erano in parte ancora umidi e sembravano caratterizzati da compattezza media. Questi potevano risalire a qualche settimana o qualche mese;
- piuttosto recenti quando apparivano relativamente poco compatti, composti da materiale vegetale dall'aspetto fresco e umido e a stretto contatto con l'acqua. Questi banchi potevano avere solo pochi giorni di vita.

Ad esempio, la figura 103 nel seguito illustra il modo in cui sono stati rappresentati i tipi di banco previsti al momento della missione di novembre.

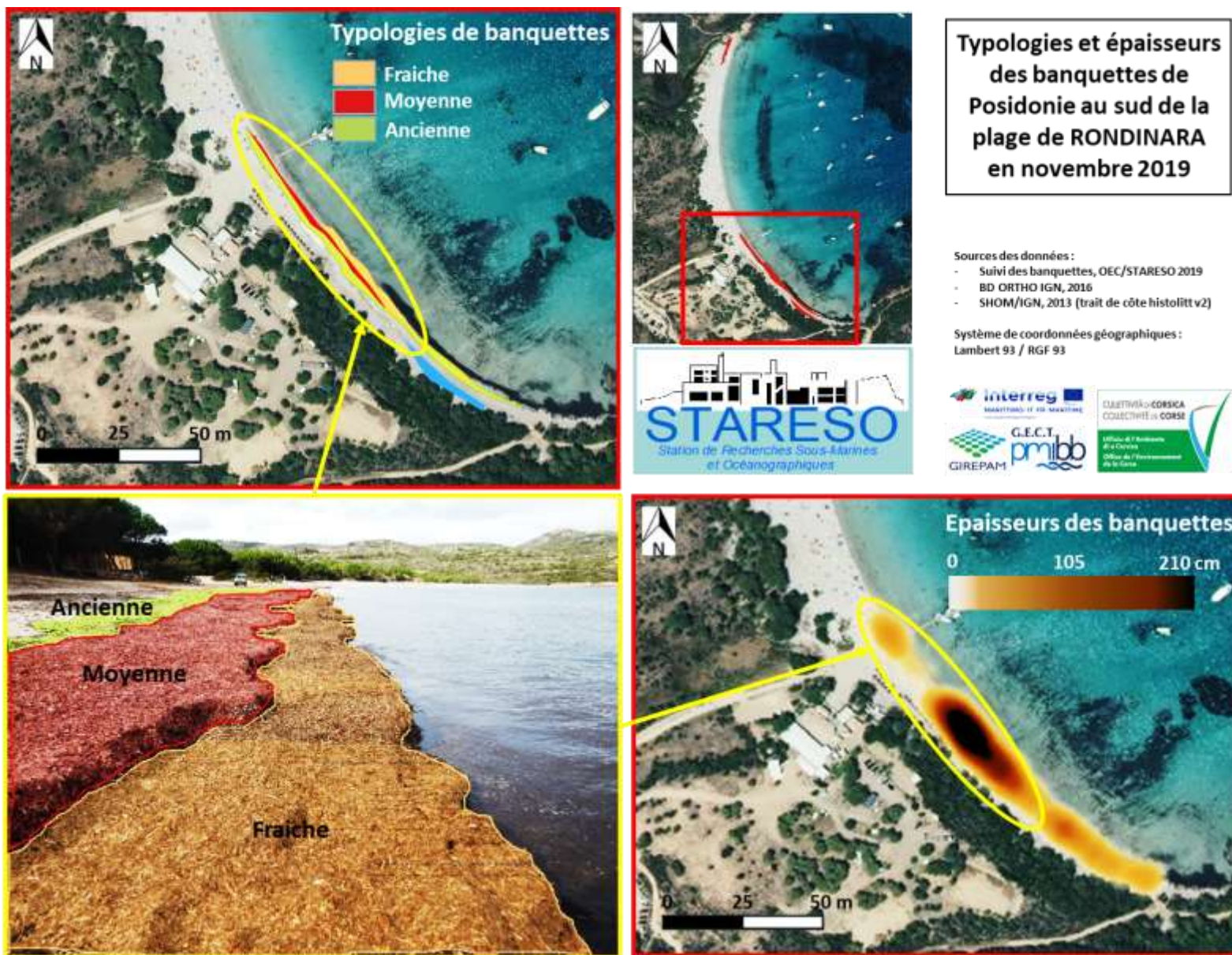


Figura 103: Rappresentazione prevista delle diverse tipologie di banco presenti a sud della spiaggia di Rondinara nel novembre 2019

Il 22 gennaio 2020 sulla spiaggia di Rondinara, l'osservatore ha previsto la presenza di 3 tipologie di banco disposte longitudinalmente alla linea di costa (Fig. 104). Sono stati così individuati:

- numerose chiazze di vecchi depositi di spessore compreso tra 5 e 15 cm, già presenti nel mese di agosto 2019 a sud della spiaggia;
- un banco discretamente fresco di alcune settimane e di spessore di circa 30 cm, esattamente di fronte alla strada di accesso al centro della spiaggia;
- 2 grandi banchi freschi di alcuni giorni e di altezza massima di 2,10 m su tutta la metà nord della spiaggia.

Al fine di verificare questa classificazione ipotetica, è stato realizzato un test di Mann-Whitney per vedere se c'erano differenze significative tra i 3 gruppi precedentemente messi in evidenza grazie a una Classificazione gerarchica ascendente con distanza euclidea e criterio di aggregazione Ward (esempio di analisi di cluster), eseguita sulla base delle 228 misurazioni della compattezza effettuate lo stesso giorno (Fig. 105). Questa analisi ha permesso di verificare l'ipotesi iniziale dell'operatore secondo la quale vi erano 3 tipologie di banchi sulla spiaggia di Rondinara, il 22 gennaio 2020, caratterizzate da profondità di seppellimento del penetrometro (asta graduata) significativamente diverse le une dalle altre (test di Mann-Whitney, $p < 0,05$) (Fig. 106).

Vi erano quindi dei banchi di categoria:

- A: caratterizzati da una scarsa profondità di seppellimento, segno di una forte compattezza (in media 12 cm);
- B: caratterizzati da una grande profondità di seppellimento, sinonimo di una scarsa compattezza (in media 88 cm);
- C: caratterizzati da compattezza media (in media 44 cm).

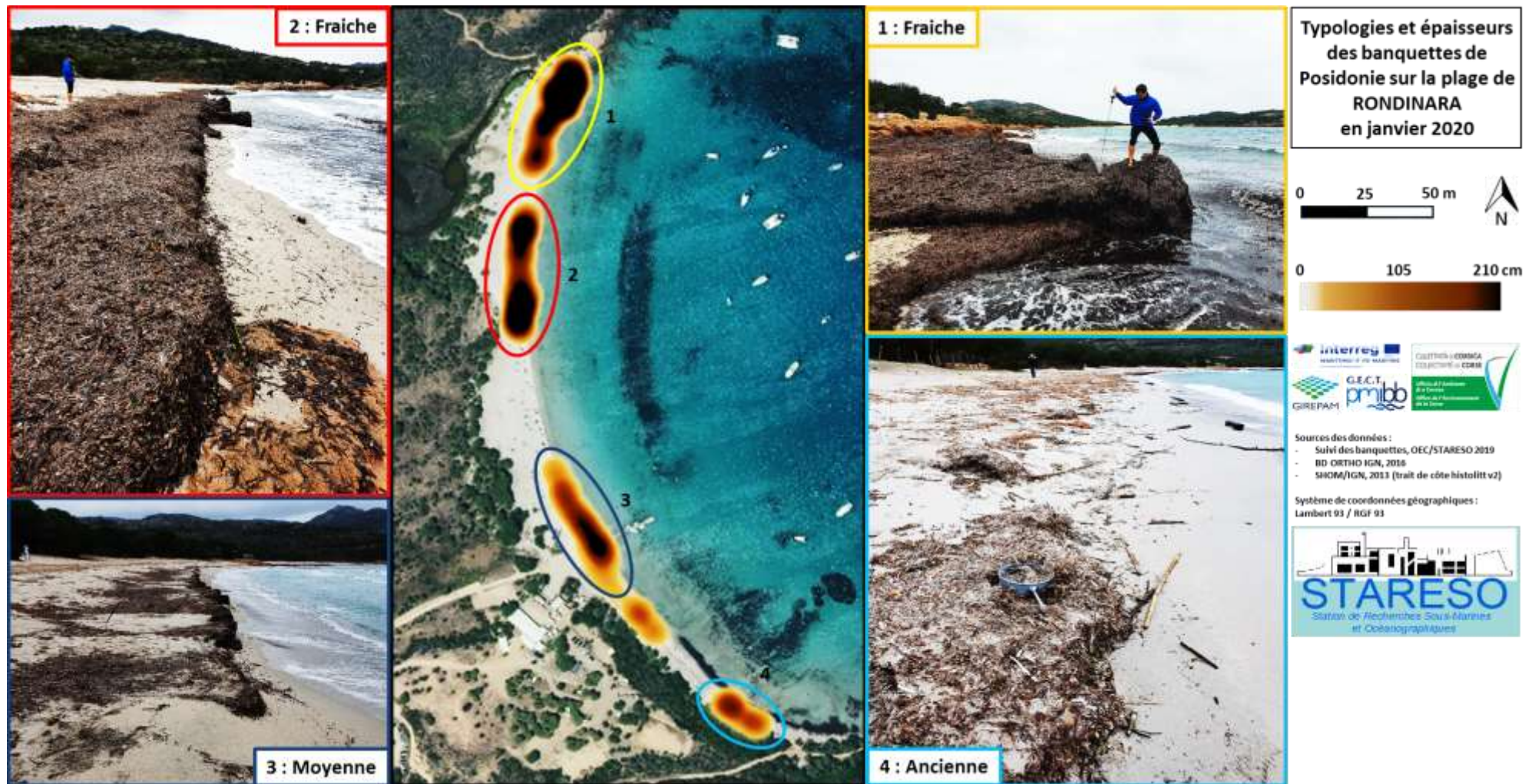


Figura 104: Tipologie e spessori dei banchi a sud della spiaggia di Rondinara nel gennaio 2020

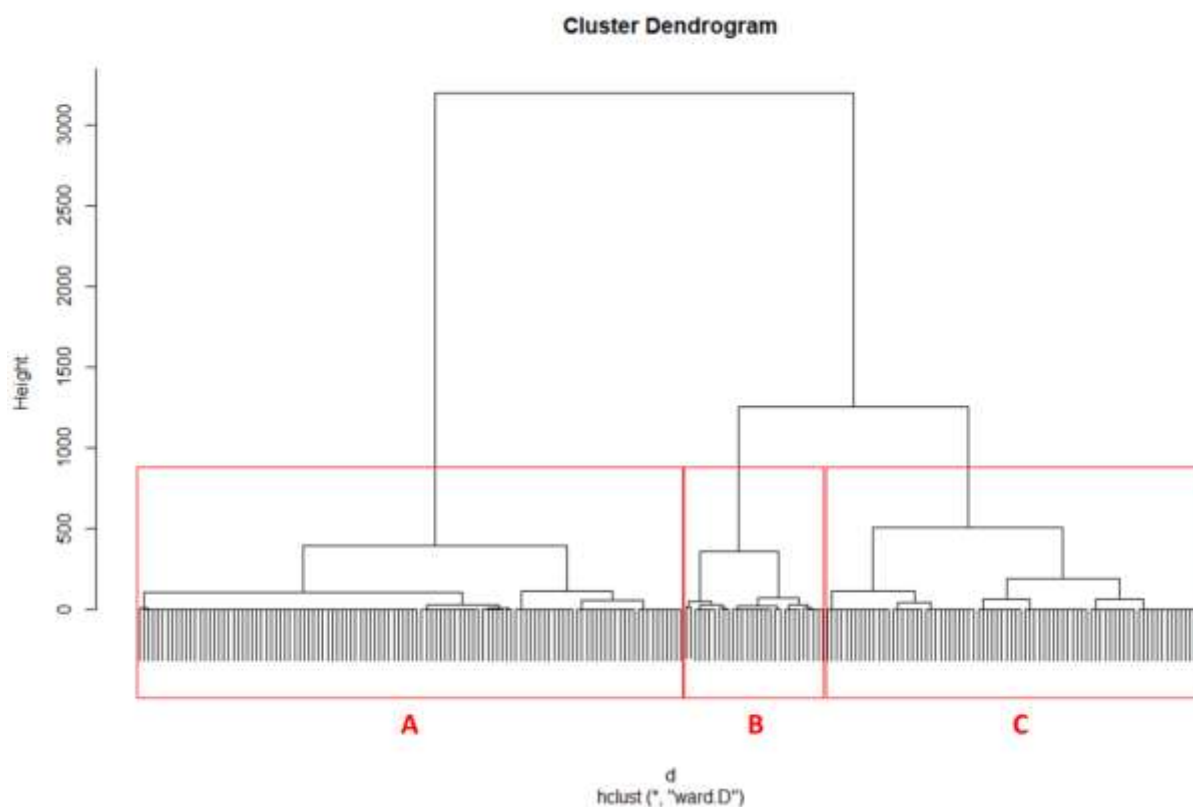


Figura 105: Classificazione gerarchica ascendente, con distanza euclidea e criterio di aggregazione Ward realizzata a partire da misurazioni della profondità di seppellimento eseguite sulla spiaggia di Rondinara il 22 gennaio 2020.

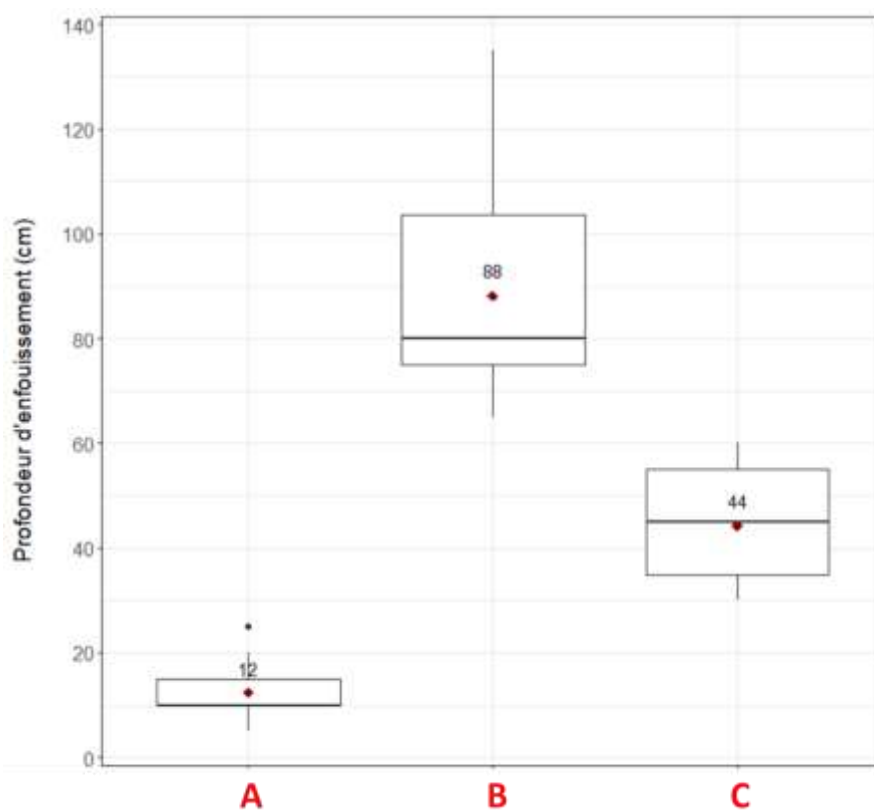


Figura 106: Diagrammi a scatola realizzati a partire da misurazioni della profondità di seppellimento eseguite sulla spiaggia di Rondinara il 22 gennaio 2020, sulla base delle 3 categorie individuate dalla classificazione

2.2. Spiaggia di Balistra

2.2.1. Evoluzione dei banchi

La spiaggia di Balistra, a causa delle sue grandi dimensioni e dell'enorme quantità di prateria di Posidonia presente all'interno del golfo di Sant'Amanza, è un sito relativamente esposto al deposito di banchi di Posidonia, in particolare nei periodi autunnale e invernale, come dimostrato dalla:

- figura 108 che rappresenta sotto forma di grafico l'evoluzione temporale (variazione mensile o stagionale) del numero, dello spessore medio, della superficie totale e del volume totale dei banchi sulla spiaggia;
- figura 109 che illustra, mediante la cartografia, l'evoluzione spaziale di questi depositi a ogni data del monitoraggio.

In totale, sono stati rilevati 628 punti GPS e 454 misurazioni di spessore da agosto 2019 a gennaio 2020 sulla spiaggia di Balistra (Fig. 107).



nord della spiaggia di Balistra il 22 gennaio 2020

Evolution des banquettes sur la plage de BALISTRA de janvier 2019 à janvier 2020

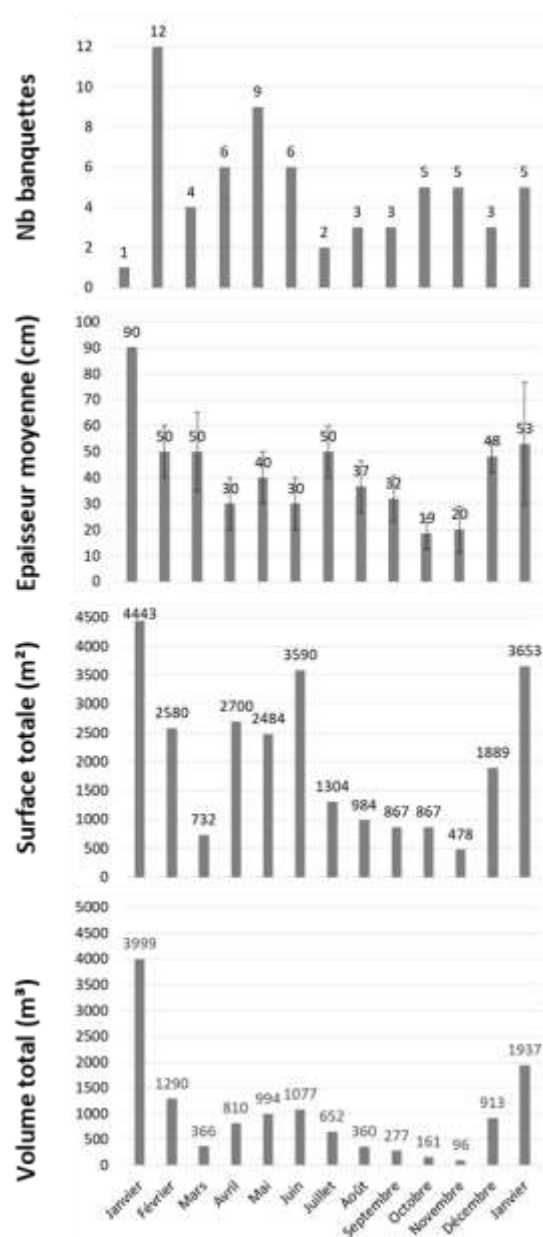


Figura 108: Evoluzione mensile del numero, dello spessore medio, della superficie e del volume totale dei banchi sulla spiaggia di

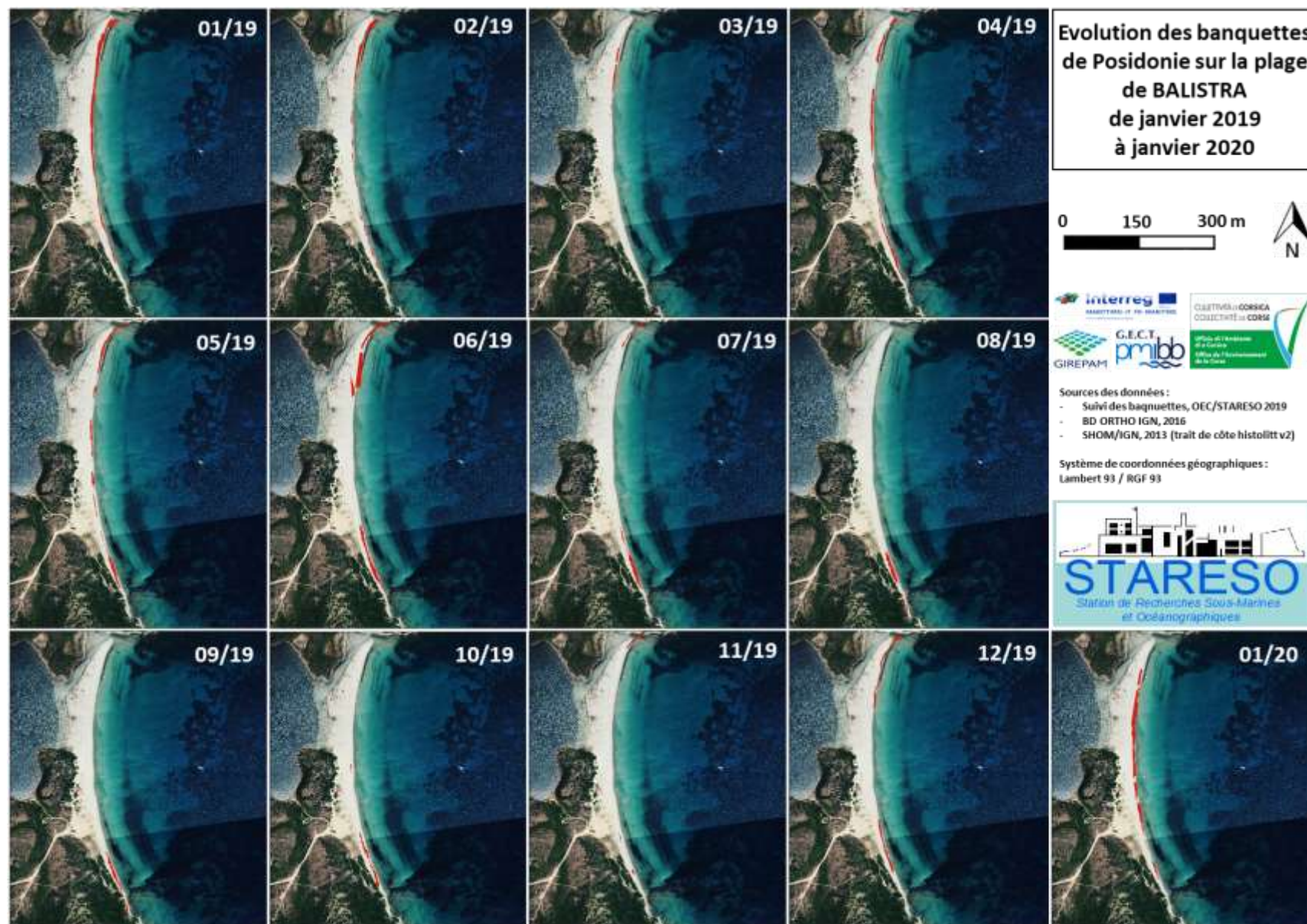


Figura 109: Evoluzione spaziale dei banchi di Posidonia sulla spiaggia di Balistra da gennaio 2019 a gennaio 2020

Proprio come per le osservazioni fatte sulla spiaggia di Rondinara, i risultati ottenuti sono in accordo con le conoscenze relative al ciclo di vita della prateria di Posidonia. In effetti, sulla spiaggia di Balistra, il numero, lo spessore medio, la superficie totale e il volume totale dei depositi a livello della spiaggia variano nel corso del tempo e sono anche più consistenti quando la prateria ha perso le sue foglie, vale a dire in inverno (a gennaio e febbraio 2019 e a gennaio 2020) e in autunno (a dicembre 2019) (Fig. 110).

I valori massimi sono stati rilevati il 30 gennaio 2019 con 1 grande banco di 90 cm di spessore medio, che ricoprivano una superficie totale di circa 4443 m², vale a dire un volume totale di 3999 m³ di banchi di Posidonia sulla spiaggia di Balistra.

I valori minimi sono stati anch'essi misurati il 19 novembre con solo 5 banchi di 20 cm (+/- 18 cm) di spessore medio che rappresentano una superficie totale di 478 m², vale a dire un volume totale di circa 96 m³.

Le differenze di spessore (deviazione standard) più consistenti sono state misurate a marzo 2019 e a gennaio 2020. Queste deviazioni possono essere spiegate da:

- il periodo. In effetti, si tratta della stagione in cui è solitamente possibile osservare simultaneamente banchi spessi accumulati di recente e banchi relativamente più vecchi e compattati;
- la grande varietà di spessore tra diversi banchi umidi o all'interno di uno stesso banco umido.

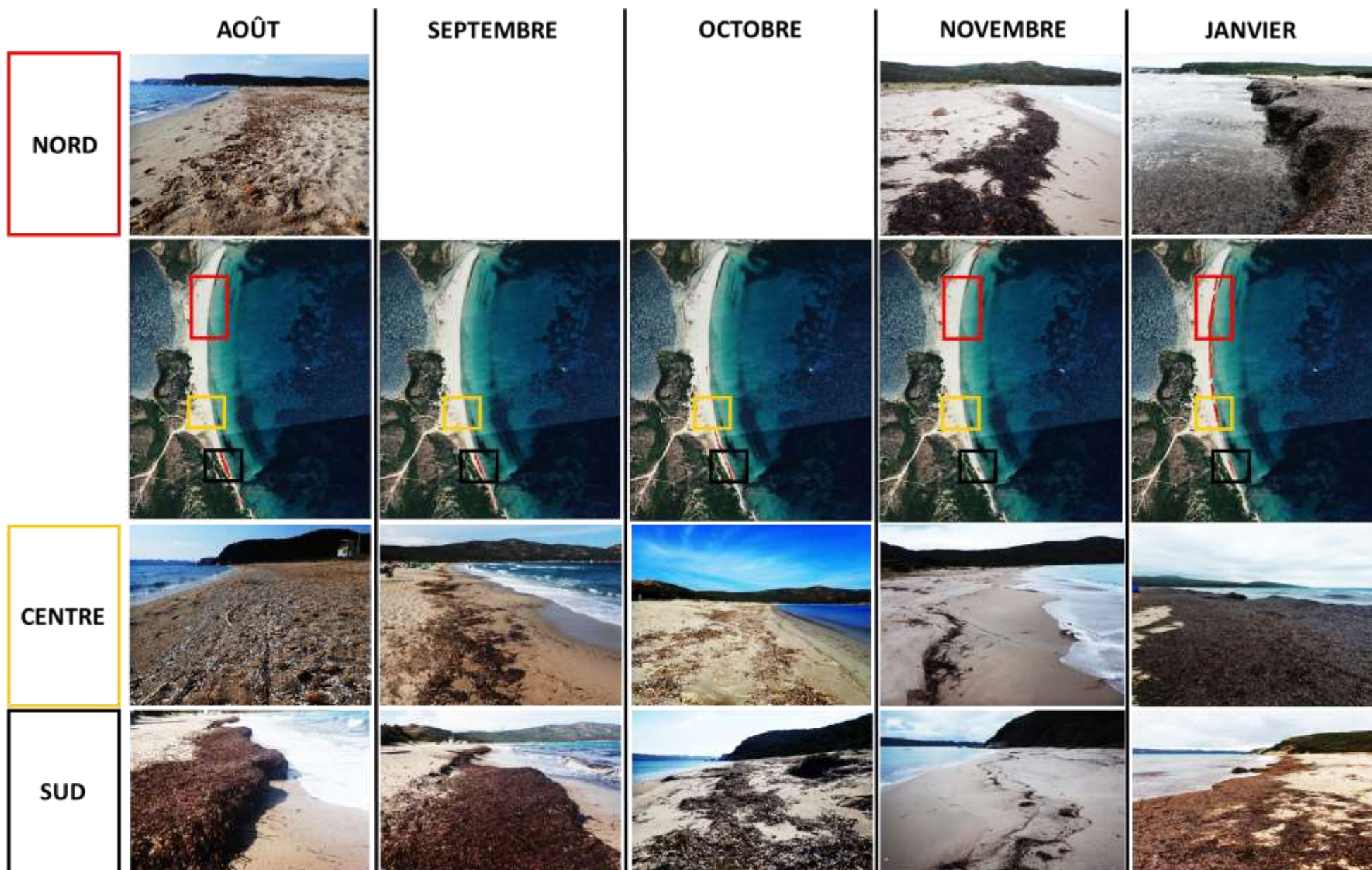


Figura 110: Evoluzione temporale dei banchi di Posidonia a nord, al centro e a sud della spiaggia di Balistra da agosto a novembre 2019 e a

2.1.2. Compattezza e tipologia(e)

Le osservazioni visive e le misurazioni di compattezza effettuate il 22 gennaio 2020 sulla spiaggia di Balistra hanno messo in evidenza, al contrario di quanto avvenuto per la spiaggia di Rondinara, la presenza di 5 banchi appartenenti a una sola tipologia, denominata categoria D per questo caso di studio. In effetti, si tratta di banchi tutti dall'aspetto molto fresco e molto umido e tutti situati in prossimità dell'acqua, quindi certamente sorti da alcuni giorni (Fig. 111).

Le 224 misurazioni di compattezza realizzate in modo omogeneo e casuale all'interno di questi depositi mettono in evidenza che questa tipologia di banco è caratterizzata da una profondità di seppellimento media relativamente grande (91 cm +/- 17,8 cm).

2.3. Conclusione

I banchi di Posidonia evolvono, dal punto di vista spazio-temporale, in base alle condizioni meteorologiche e geomorfologiche locali. A prima vista, considerando queste 2 spiagge, esisterebbero numerose tipologie di banco di età diverse e disposte trasversalmente o longitudinalmente alla linea di costa.

Nonostante vi siano forti variazioni tra un anno e l'altro, le spiagge di Rondinara e di Balistra si rivelano siti particolarmente esposti al deposito di banchi di Posidonia.

Sembra dunque necessario gestire questo ecosistema in modo idoneo, coscienzioso, globale e integrato, vale a dire prendendo in considerazione la sua funzione ecologica non trascurabile, la complessità delle formazioni vegetali adiacenti, la particolare configurazione dei siti e le sfide economiche e turistiche locali.

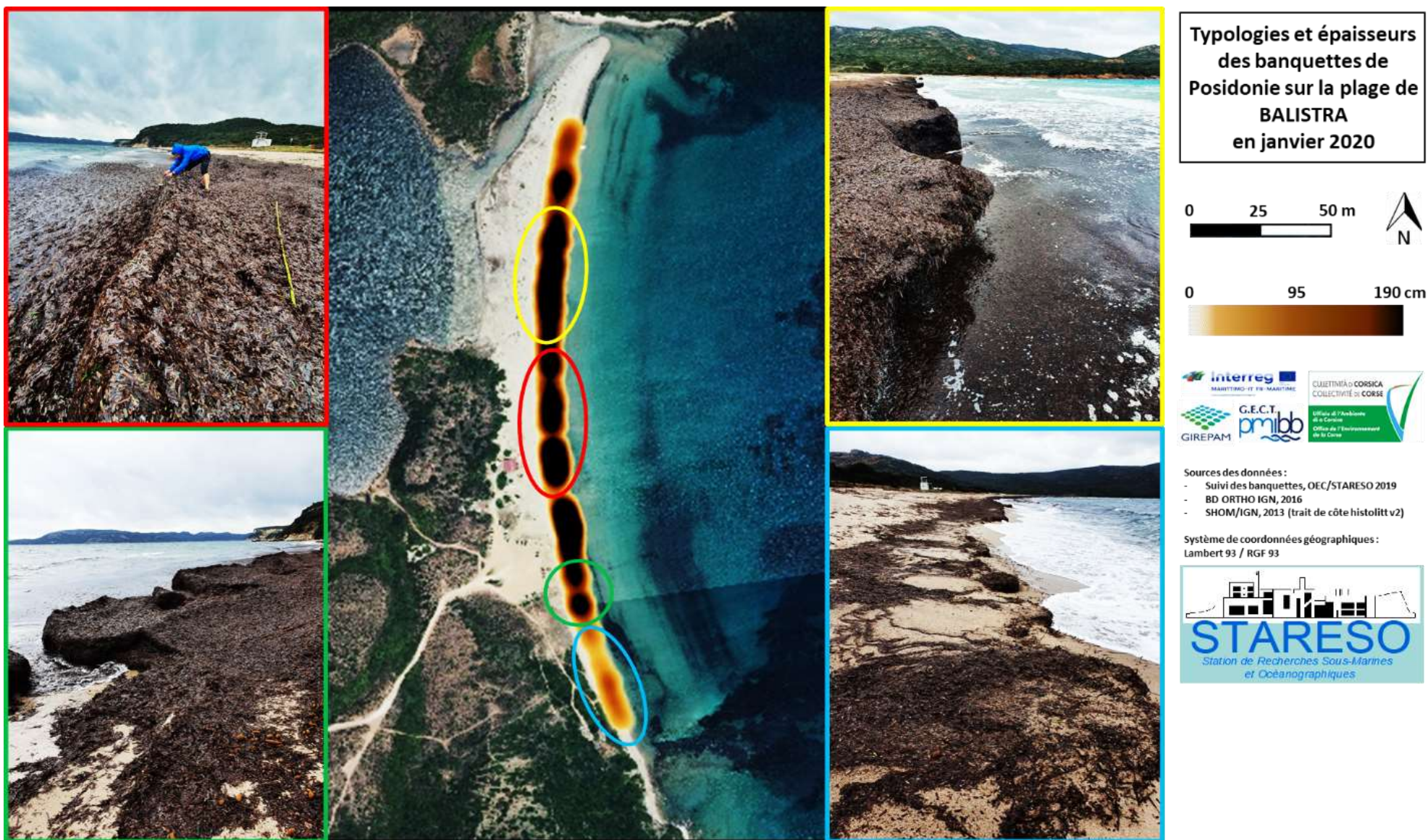


Figura 111: Illustrazione dei depositi di banchi di uno stesso tipo di aspetto molto fresco sulla spiaggia di Balistra il 22 gennaio 2020

3 Composizione dei banchi di sedimenti

All'epoca della missione di gennaio 2020, sono stati effettuati 36 carotaggi (18 per spiaggia) mediante un carotiere manuale di 20 cm per lato, vale a dire 0,008 m³. Le misurazioni del tenore in sedimenti contenuti all'interno di diverse categorie di banchi presentati qui di seguito hanno consentito di apportare ulteriori elementi in merito alla funzione ecosistemica che questi potrebbero avere e ai limiti tecnici che un'eventuale gestione dovrebbe tenere in considerazione

3.1. Spiaggia di Rondinara

Al fine di determinare il tenore di sedimenti delle 3 categorie di banchi precedentemente individuati sulla base delle misurazioni di compattezza e in accordo con il piano di campionamento, sono state prelevate 6 carote per tipologia (Fig. 112 e 113). È stata eseguita anche una misurazione della compattezza a livello di ogni punto di



Figura 112: Carotaggio eseguito in un banco fresco a nord della spiaggia di Rondinara a gennaio 2020

campionamento.



Figura 113: Carotaggio eseguito in un vecchio banco a sud della spiaggia di Rondinara a

In laboratorio, le carote sono state interamente setacciate in acqua al fine di separare la frazione minerale (sedimenti) dalla frazione organica (foglie di Posidonia). Le frazioni sedimentarie di ogni carota sono state asciugate in forno e poi pesate (Fig. 114).



Figura 114: Frazione sedimentaria proveniente da una carota prelevata in un vecchio banco a sud della spiaggia di Rondinara a gennaio 2020

I valori ottenuti sono stati quindi espressi in peso secco di sedimenti g/carota e in peso secco di sedimenti kg/m³.

I risultati, presentati nella tabella 3 e nella figura 115 qui di seguito, corrispondono alle medie delle 6 carote proprie di ogni tipologia di banco (Allegato 19).

Tabella 3: Risultati derivanti dalle misurazioni di peso secco dei sedimenti contenuti nelle carote per le 3 tipologie di banco del 23 gennaio 2020

Tipologie	A	B	C
Peso secco medio (g)/carota	1777,13	369,47	382,12
Deviazione standard (g)/carota	382	202,23	133,35
Peso secco medio (kg) / m ³	222,14	46,18	47,76
Deviazione standard (kg) / m ³	47,75	25,28	16,67

Il tenore medio di sedimenti nei banchi di questa tipologia è quindi 4,7 volte superiore a quello dei banchi di categoria C (mediamente compatti) (47,76 kg/m³ +/- 16,67 kg/m³) e 4,8 volte superiore a quello dei banchi di categoria B (poco compatti) (46,18 kg/m³ +/- 25,28 kg/m³) (Fig. 115).

Vi è una significativa differenza nel tenore di sedimenti tra i banchi di categoria A (molto compatti) e le 2 altre tipologie ($p < 0,5$). Tuttavia, non esiste nessuna differenza significativa nel tenore di sedimenti tra i banchi di categoria B (poco compatti) e C (mediamente compatti) ($p \text{ value} > 0,5$) (Fig. 114). È dunque possibile supporre che solo 2 tipologie di banco fossero in definitiva presenti sulla spiaggia di Rondinara il 22 gennaio 2020.

In media, sulla spiaggia di Rondinara, un banco definito di categoria A (molto compatto) contiene 222,14 kg di sedimenti per m³.

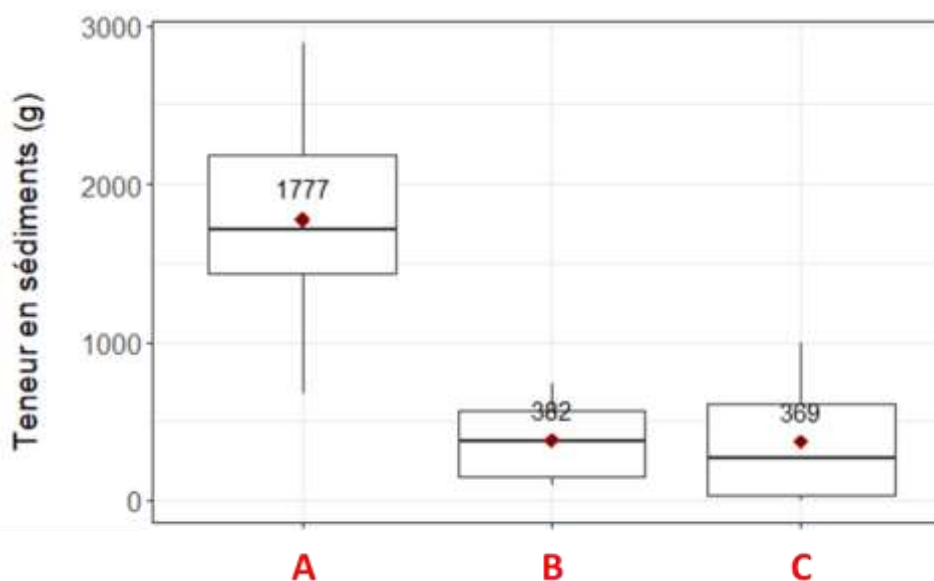


Figura 115: Grafici a scatola realizzati sulla base delle misurazioni del tenore di sedimenti effettuate a partire da carote prelevate da ogni tipologia di banco sulla spiaggia di Rondinara il 23 gennaio 2020.

3.2. Spiaggia di Balistra

Data la presenza di una sola tipologia, e sempre preoccupandosi di rispettare il piano di campionamento, sono state prelevate anche 18 carote in modo omogeneo e casuale all'interno di questi depositi, disposti longitudinalmente alla linea di costa (Fig. 116).



Figura 116: Carotaggio eseguito in un banco fresco al centro della spiaggia di Balistra il 22 gennaio 2020

Queste sono state interamente setacciate in acqua al fine di separare la frazione minerale (sedimenti) dalla frazione organica (foglie di Posidonia) e le frazioni sedimentarie di ogni carota sono state anch'esse asciugate in forno, poi pesate per essere espresse in peso secco di sedimenti g/carota e in peso secco di sedimenti kg/m³. I risultati mostrano che queste carote contengono in media 29,72 g di sedimenti secchi per carota, vale a dire 3,71 kg/m³ di banchi sulla spiaggia di Balistra (Fig. 117; Allegato 20).

Questi tenori relativi ai banchi di categoria D si rivelano nettamente meno elevati (12,4 volte inferiori) rispetto alle più deboli concentrazioni di sedimenti rilevate

sulla spiaggia di Rondinara nei banchi di categoria B (poco compatti).



Figura 117: Frazione sedimentaria proveniente da una carota in un banco dall'aspetto fresco sulla spiaggia di Balistra il 22 gennaio 2020

3.3. Insieme dei 2 siti

Sapendo che una misurazione del tenore di sedimenti è stata sistematicamente associata a una misurazione della profondità di seppellimento, la correlazione tra questi 2 parametri è stata analizzata per i 36 punti di campionamento sull'insieme dei 2 siti. I risultati dimostrano che esiste una correlazione lineare significativa tra la profondità di seppellimento del penetrometro e il tenore di sedimenti dei banchi di Posidonia presenti su queste 2 spiagge ($p = 5,739 \times 10^{-9}$) con un coefficiente di correlazione di Spearman di -0,80 (Fig. 118). In altre parole, più la profondità di seppellimento del gambo aumenta, più il tenore di sedimenti diminuisce. Un banco poco compatto conterrebbe quindi poco sedimento e viceversa.

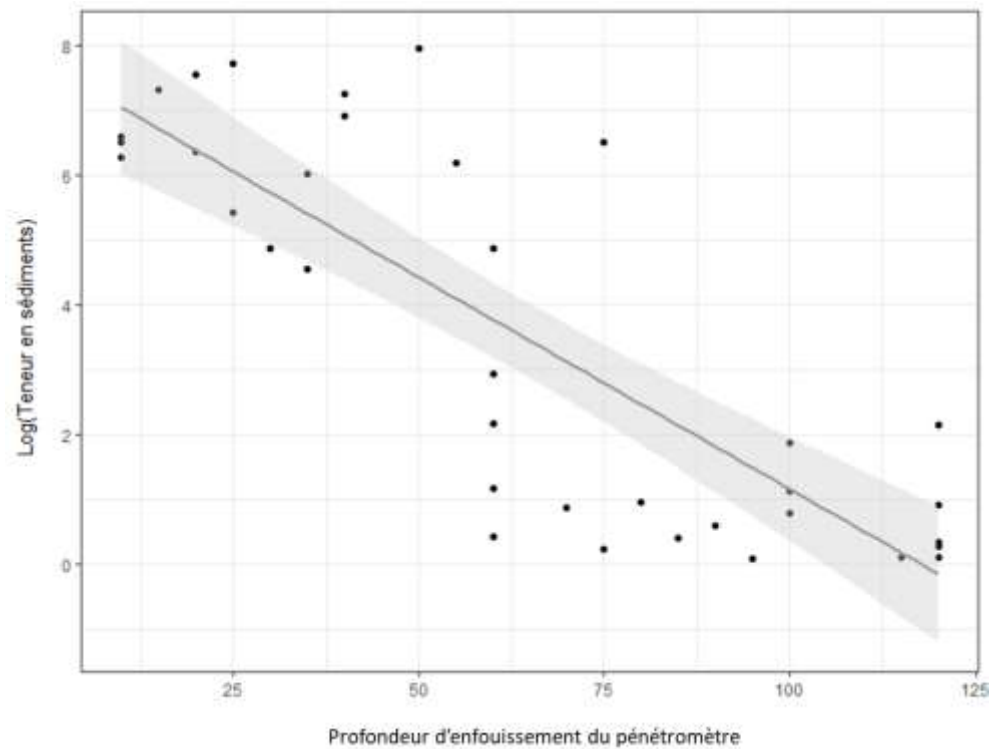


Figura 118: Regressione lineare tra i parametri “profondità di seppellimento del penetrometro” e “tenore di sedimenti” (dati log-trasformati) misurati per i 36 punti di campionamento realizzati nei banchi di Posidonia sulle spiagge di Rondinara e Balistra il 22 e il 23 gennaio 2020.

L’analisi delle misurazioni del tenore di sedimenti e della profondità di seppellimento per l’insieme dei 2 siti mostra che vi è una differenza significativa in merito a questi 2 parametri tra le misurazioni eseguite nei banchi di Balistra e le misurazioni eseguite nelle 3 tipologie di banchi di Rondinara (p value < 0,05).

Come ricordato in precedenza, poiché non vi sono differenze significative nel tenore di sedimenti tra i banchi di categoria B e C della spiaggia di Rondinara, sarebbe in definitiva possibile definire 3 tipologie significativamente diverse per i 2 parametri considerati (p < 0,05) a livello dei 2 siti nel modo seguente (Fig. 119):

- banchi definiti di categoria “A” sulla spiaggia di Rondinara, relativamente vecchi e caratterizzati da una scarsa profondità di seppellimento (in media 12 cm) e un forte tenore

di sedimenti (in media 222,14 kg/m³);

- banchi definiti di categoria “B+C” sulla spiaggia di Rondinara caratterizzati da un tenore di sedimenti medio di 46,9 kg/m³ e una profondità di seppellimento media di 56 cm;
- banchi definiti di categoria “D” sulla spiaggia di Balistra, relativamente freschi, molto poco compatti (con una profondità di seppellimento media di 91 cm) e un tenore di sedimenti molto scarso (in media 3,71 kg/m³).

Si tratta, tuttavia, di un’ipotesi da confermare mediante altri monitoraggi effettuati su più siti.

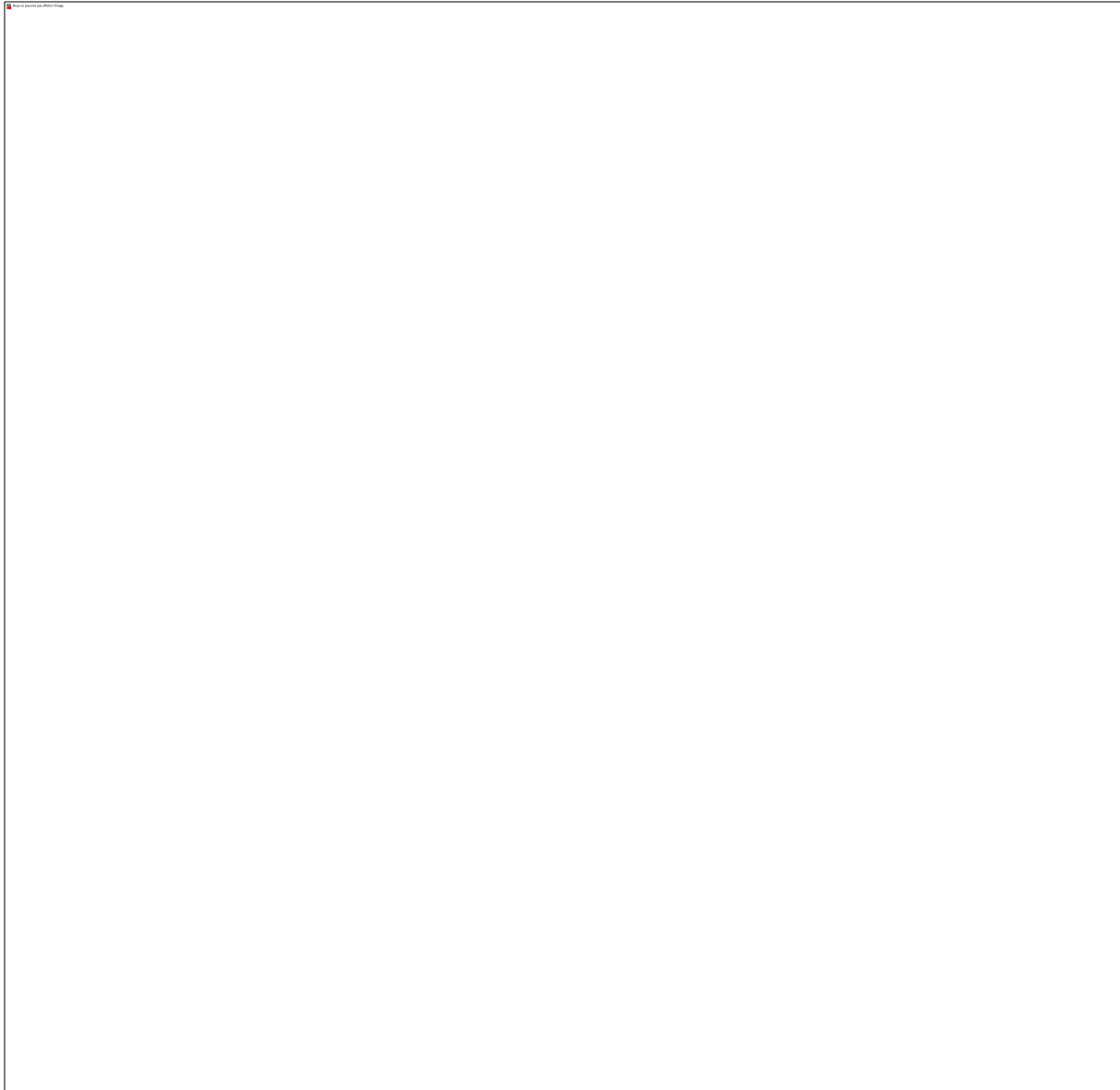


Figura 119: Grafici a scatola realizzati a partire da misurazioni del tenore di sedimenti e della profondità di seppellimento effettuate nelle 3 tipologie ipotetiche sulle spiagge di Rondinara e di Balistra il 22 e il 23 gennaio 2020. in seguito alla fusione tra le misurazioni eseguite nei banchi di

La realizzazione di un diagramma decisionale secondo il metodo di partizione ricorsivo a partire dalle 36 misurazioni di profondità di seppellimento e tenore di sedimenti, mette in evidenza, sulla base di queste 3 ultime tipologie, una soglia di profondità di seppellimento di 53 cm che consente di distinguere dalle altre tipologie i banchi di categoria D, caratterizzati da grandi profondità di seppellimento, scarso tenore di sedimenti e grande freschezza (Fig. 120).

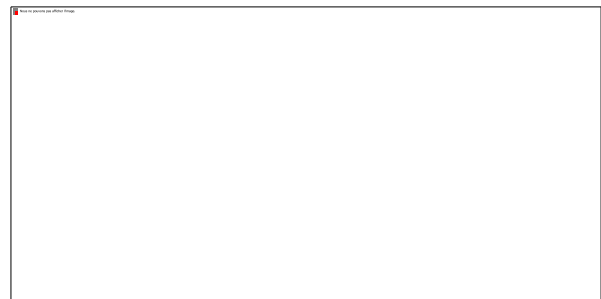


Figura 120: Diagramma decisionale realizzato a partire dalle misurazioni di profondità di seppellimento e di tenore di sedimenti sulla base delle 3 tipologie "A", "B+C" e "D" individuate sulle spiagge di Rondinara e Balistra.

3.4. Conclusione

Il presente studio rappresenta un tentativo sperimentale avente per obiettivo, in particolare, la distinzione tra più tipologie di banchi esistenti in base al loro tenore di sedimenti. Quindi, grazie a misurazioni della compattezza che si sono rivelate direttamente proporzionali alla quantità di sedimenti contenuti nell'insieme dei depositi di Posidonia, è stato possibile definire una soglia (profondità di seppellimento di 53 cm) che consenta di differenziare i banchi freschi contenenti pochi sedimenti dalle altre tipologie di banchi più vecchi e più carichi di sedimenti.

Questo studio pilota, almeno su queste 2 spiagge e sulla base di questi dati, mostra quindi che esiste un metodo riproducibile (penetrometro) che consente di differenziare i banchi freschi dalle altre tipologie di banchi mediante un valore soglia di circa 50 cm. Lo studio potrebbe quindi rappresentare uno strumento di decisione o un aiuto per i responsabili della gestione in merito, da un lato, all'eventuale necessità di realizzare future operazioni di asporto di banchi e, dall'altra, alla scelta esatta dei banchi da asportare nel caso in cui si rendesse necessaria tale operazione.

4 Bilancio, previsioni e raccomandazioni

Le spiagge di Rondinara e Balistra, con le loro enormi sfide economiche, turistiche e ambientali, sono siti di studio complessi.

Il presente studio ha permesso, sui 2 siti presi in considerazione:

- di caratterizzare in modo preciso, secondo il metodo fitosociologico sigmatista e mediante un Sistema Informativo Geografico (GIS), la vegetazione dunare; caratterizzazione a partire dalla quale è stato possibile definire e classificare i diversi habitat naturali presenti nel 2019;
- di analizzare dal punto di vista quantitativo e qualitativo l'evoluzione spazio-temporale delle diverse associazioni vegetali mediante il confronto con i monitoraggi precedenti del 1993 e del 1994;
- di mettere in evidenza l'impatto antropico su questa vegetazione;
- di studiare l'evoluzione spazio-temporale dei diversi depositi di banchi di Posidonia grazie a una geolocalizzazione mensile e a calcoli di spessore, superficie e volume di tali accumuli;
- di distinguere più tipologie di banchi caratterizzati da diversi tenori di sedimenti grazie alla realizzazione di misurazioni di compattezza e di campionamento all'interno di tali depositi.

I parametri considerati al momento di questo studio (spessore, compattezza e tenore di sedimenti) si sono rivelati indicatori di tipologie di banco di facile comprensione da parte dei responsabili della gestione delle aree costiere. In effetti, lo studio preliminare ha sostanzialmente permesso di apportare elementi di conoscenza necessari all'introduzione di una gestione integrata dei banchi di Posidonia in accordo con la

vegetazione e le sfide economiche presenti su questi 2 siti.

4.1. Modalità di asportazione

Numerosi studi hanno fin da ora dimostrato la funzione di barriera naturale contro l'erosione che i banchi accumulati di recente svolgono sulle spiagge e situati in riva alle acque.

Tuttavia, quando questi banchi diventano problematici da un punto di vista della sicurezza, come è avvenuto per Balistra nel 2017, quando impedivano l'accesso alla postazione di pronto soccorso e al dispositivo installato per le persone a mobilità ridotta (PMR), si prevedono operazioni di asportazione (Cancemi *et al.*, 2017).

Quindi, se si dovesse realizzare una pulizia delle spiagge per un qualsiasi motivo giustificato che risponda ai criteri fissati dalla lettera del Ministero dell'ecologia, dello sviluppo sostenibile e dell'energia del 2014, questa operazione dovrebbe:

- prendere in considerazione solo i banchi di tipologia fresca caratterizzati da un basso tenore di sedimenti e da una compattezza ≥ 53 cm. I vecchi depositi, contenenti grandi quantità di sedimenti e fortemente compatti, sono in equilibrio e svolgono un ruolo

- ecologico ben ancorato al resto del sistema dunare. Inoltre, a causa delle basse concentrazioni di sedimenti, i banchi freschi sono decisamente meno vincolanti per l'asportazione;
- svolgersi poco prima dell'estate, quando la probabilità di avere condizioni meteorologiche favorevoli all'erosione sono minime;
 - utilizzare una tecnica di asportazione e conservazione dolce, che non comporti la degradazione delle comunità vegetali presenti sul sito e che prenda in considerazione il fatto che questi banchi possano essere valorizzati o riposizionati nel luogo iniziale dopo la stagione estiva;
 - immaginare un luogo di conservazione sulla spiaggia o nelle sue immediate vicinanze e il cui accesso sia facile, in cui non sussistano sfide economiche, ambientali, di circolazione o di sicurezza e dove la superficie sia abbastanza grande per il volume da conservare.

4.2. Luoghi di conservazione

4.2.1. Spiaggia di Rondinara

Sulla spiaggia di Rondinara, i siti più idonei sembrano essere:

- l'unità 13 del 2019 "che rientra nella macchia", situata a sud della spiaggia ai piedi della collina, dove sono già presenti accumuli di foglie morte di Posidonia disperse dal vento e dove la frequentazione è relativamente meno intensa, in particolare nella sua porzione meridionale. Nonostante la superficie relativamente ridotta (circa 188 m²), la conservazione di foglie di Posidonia in questo luogo potrebbe permettere lo sviluppo della

vegetazione della macchia di *Juniperus phoenica* subsp. *turbinata* su un forte pendio sottoposto all'erosione. Questa possibilità sembra anche pertinente poiché la conservazione di foglie morte di Posidonia potrebbe consentirvi lo sviluppo di mosaici presenti in passato nel 1994 ma oggi scomparsi a causa della frequentazione da parte dell'uomo e dell'ampliamento delle superfici costruite (unità 7 del 1993: Mosaico rado: *Pancratium maritimum* / *Cutandia*, e unità 14 di 1993: Mosaico: *Pancratium maritimum* / *Sileno* – *Vulpietum* / *Cutandia*).

- l'unità 2 del 2019 corrispondente alla sabbia nuda.

4.2.2. Spiaggia di Balistra

Per quanto riguarda la spiaggia di Balistra, il sito più adatto sembra corrispondere all'unità 15 (verde chiaro) del 2019 "Cistaia e prato di sostituzione della macchia bassa molto degradata" che corrisponde a una zona di macchia degradata in cui si sviluppa una vegetazione di sostituzione. Questa unità è situata nella parte centrale della spiaggia, su un terreno piatto a sud del parcheggio e dietro alla postazione di pronto soccorso. Con una superficie di 1638 m², presenta un forte potenziale per la conservazione di una grande quantità di banchi e potrebbe anche essere sufficiente da sola ad accogliere la maggior parte dei depositi freschi di Posidonia. Tuttavia, sarebbe opportuno lasciare libera una parte di questa unità per consentire comunque l'evoluzione naturale di tale mosaico. Inoltre, sembra importante segnalare la presenza di "Prati radi di *Sporobolus pungens* e *Elytrigia juncea* dominants (*Sporobolo-Elymetum farctii*)" (unità 4) che si dovrà proteggere assolutamente da qualsiasi impatto.

È dunque in accordo con i principi e le raccomandazioni della Strategia Nazionale di

Gestione Integrata della linea di costa (Ministero dell'ecologia, dello sviluppo sostenibile e dell'energia, 2017) che questo studio pilota esalta e può rivelarsi utile a:

- la sperimentazione e l'innovazione di metodi e tecniche di gestione flessibile delle coste;
- la protezione e il ripristino degli ecosistemi costieri che contribuiscono a limitare l'impatto dei rischi costieri sulle attività e i beni;

- una gestione integrata della linea di costa che tenga conto dei 3 pilastri dello sviluppo sostenibile (economia, società, ambiente), della dimensione culturale (patrimonio costiero, paesaggi...) e della transizione energetica ed ecologica.



Bibliografia

BIBLIOGRAFIA



- Abadie A., Lejeune P., Pergent G., & Gobert S. (2016). From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: The premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine pollution bulletin*, 109(1), 61-71.
- Alizée Martin. Analyse socio-économique de la gestion des plages : cas des banquettes de Posidonie sur les communes du littoral méditerranéen français. *Sciences du Vivant* [q-bio]. (2017). dumas-01851494
- Atzeni, A.; De Muro, S.; Di Gregorio, F., and Piras, G., (2004). Map of geo-environmental hazard on the coast of Sardinia (Italy). Firenze, Italy S.E.L.C.A., scale 1:200,000, 1 sheet.
- Bay, D. (1978). *Etude " in situ " de la production primaire d'un herbier de posidonies (Posidonia oceanica (L.) Delile) de la Baie de Calvi-Corse* (Doctoral dissertation).
- Belon, R., Balouin, Y., Merour, A., & Riotte, C. (2013). Evolution des plages de poche de Corse: vers un modèle conceptuel. XIIIème Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil.
- Belon R. (2017). *Suivi de la dynamique des banquettes de Posidonie et de leur impact sur l'évolution della linea di costa dell'Alta Corsica*. Rapport final. BRGM/RP-67632-FR, 53p, 33ill.
- Borrello, P., Chiesa, S., Maltese, S., Silvestri, C., & Scarpato, A. MANAGEMENT OF POSIDONIA OCEANICA BEACHED ACCUMULATIONS AND THE " ECOLOGICAL BEACH " MODEL.
- Boudouresque, C. F., & Meinesz, A. (1982). De'couverte de l'herbier de Posidonie. *Cahiers Parc National de Port-Cros* 4, 79
- Boudouresque C.F., Mayot N., Pergent G. (2006a). The outstanding traits of the functioning of the *Posidonia oceanica* seagrass ecosystem. *Biol. Mar. Mediterr.*, 13 (4): 109-113.
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., ... & Tunesi, L. (2006b). Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ramoge.
- Boudouresque, C. F., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T., & Verlaque, M. (2016). The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781(1), 25-42.

- Cancemi G., Buron K. (2008). Erosion du littoral et suivi des banquettes de Posidonie sur les plages de Corse. DIREN Corse / E.V.E Mar. 42p
- Cancemi G., Buron K. (2010). Récolte des données sur le retrait des banquettes de Posidonie par les communes littorales corses et sensibilisation. Rapport EVEMar / DREAL Corse. 46p
- Cancemi G., Pozzo Di Borgo M-L., Sorba V., Ibayi E. (2017). Plage de Balistra (Bunifaziu) Compte rendu de l'entretien sur site concernant la gestion des banquettes de Posidonia oceanica. 4p.
- Champenois W., & en Océanographie M. (2008). Etude du métabolisme, à l'échelle de l'écosystème, de l'herbier de Posidonia oceanica (L.) Delille en Baie de Calvi, 125.
- Chessa, L. A., Fustier, V., Fernandez, C., Mura, F., Pais, A., Pergent, G., ... & Vitale, L. (2000). Contribution to the knowledge of 'banquettes' of Posidonia oceanica (L.) Delile in Sardinia Island. *Biologia marina mediterranea*, 7(2), 35-38.
- Claudiel H., Leveque F., & Chenoz M. (2019). Gestion des feuilles mortes de Posidonies dans la Reppe-Demande de dérogation à l'interdiction de destruction ou perturbation intentionnelle d'espèces protégées. Syndicat Mixte de la Reppe, du Grand Vallat et de ses affluents, 56.
- De Falco G., Simeone S., Baroli M. (2008). Management of beach-cast Posidonia oceanica seagrass on the Island of Sardinia (Italy, western Mediterranean). *J. Coast. Res.*, 24 (4C): 69-75.
- Di Gregorio F; Federici P.R.; Fierro G., and Ginesu S. (2000). Atlante delle spiagge della Sardegna. Firenze, Italy S.E.L.C.A., scale 1:100,000, 17 sheets [in French].
- DOCOB site natura 2000 n°FR9400590 « Tre Padule de Suartone, Rondinara ». (2015). Mairie de Bonifacio, Endemys. 130.
- DREAL PACA. (2018). Guide Cadre Eval_Impact. Impacts des projets d'activités et d'aménagements en milieu marin méditerranéen. Recommandations des services instructeurs. Fascicules 4 : Suivi environnemental. 121.
- DREAL PACA (2019). Améliorer la gestion de la Posidonie sur les plages. 8.

- Duarte C.M. (2004). How can beaches be managed with respect to seagrass litter ? In Borum J., Duarte C.M., Krause-Jansen D. and Greeve T.M., (eds.), *European Seagrasses: An Introduction to Monitoring and Management*. M&MS Project Publisher, pp. 83–84.
- Duarte, C. M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J. W., Beggins, J., Barrón, C., & Apostolaki, E. T. (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(4).
- Fried G. (2012). *Guide des Plantes invasives*. Belin, Paris, 272.
- Gallmetzer, I., Pflugfelder, B., Zekely, J., & Ott, J. A. (2005). Macrofauna diversity in *Posidonia oceanica* detritus: distribution and diversity of mobile macrofauna in shallow sublittoral accumulations of *Posidonia oceanica* detritus. *Marine Biology*, 147(2), 517-523.
- Gobert. S., Cambridge. M. T., Velimirov B., Pergent G., Lepoint G., Bouquegneau J. M., ... & Walker D. I. (2007). Biology of *posidonia*. In *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION*, 387-408. Springer, Dordrecht.
- Guala, I., Simeone, S., Buia, M. C., Flagella, S., Baroli, M., & De Falco, G. (2006). *Posidonia oceanica* 'banquettes' removal: environmental impact and management implications. geomorphological and ecological implications. 112.
- Hemminga M. A., & Duarte C. M. (2000). *Seagrass ecology*. Cambridge University Press.
- Jeanmonod D. & Gamisans J. (2013). Flora Corsica, 2e éd. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, n° sp. 39, 1-1074.
- Judy De Grissac A., Boudouresque C.F. (1985). - Rôle des herbiers de Phanérogames marines dans les mouvements de sédiments côtiers: les herbiers à *Posidonia oceanica*. Colloque franco-japonais d'océanographie, Marseille, 1: 143-151.
- Krelling, A. P., Williams, A. T., & Turra, A. (2017). Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas. *Marine Policy*, 85, 87-99.
- Lorenzoni C. & Paradis G. (1996). Description phytosociologique et cartographique de la végétation des zones humides du golfe de Rondinara (Corse du Sud). *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, N.S., t. 27 : 151-178.

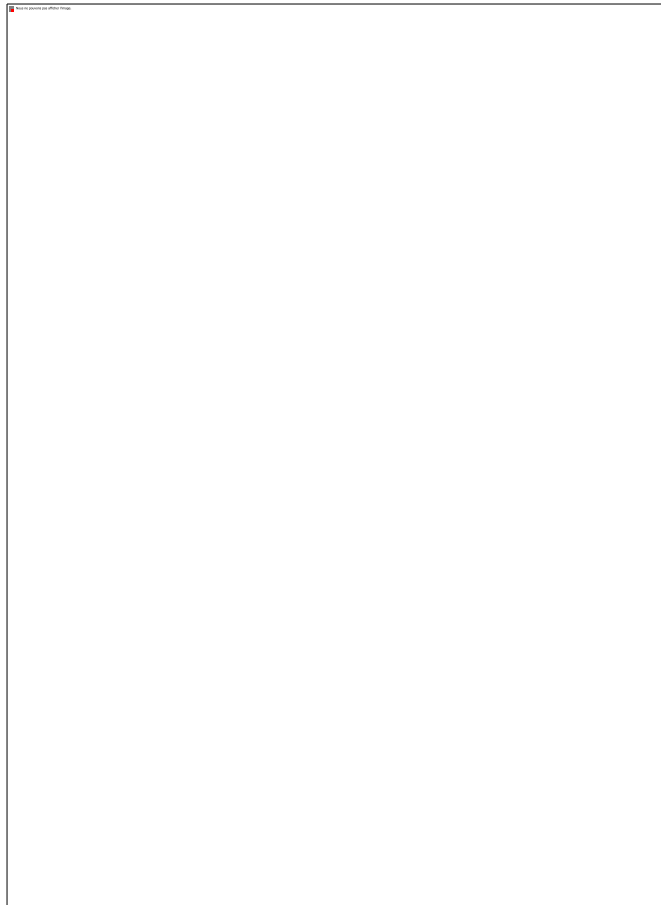
- Mateo, M. A., Sanchez-Lizaso, J. L., & Romero, J. (2003). *Posidonia oceanica* 'banquettes': a preliminary assessment of the relevance for meadow carbon and nutrients budget. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(1), 85-90.
- Meddour, R. (2011). La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Département des Sciences Agronomiques, Tizi Ouzou, Algérie.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, et de l'Énergie (2017). Stratégie Nationale de Gestion intégrata della linea di costa 28.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, et de l'Énergie (2014). Application de la protection de la Posidonie. 4p.
- Muller S. (2004). Plantes invasives en France. MNHN, Paris, 168 p. (Patrimoines naturels, 62)
- Otero M.M., Simeone, S., Aljinovic, B., Salomidi, M., Mossone, P., Giunta Fornasin M.E., Gerakaris V., Guala I., Milano P., Heurtefeux H., Issaris Y., Guido M., Adamopoulou, M. (2018). POSBEMED : Gouvernance et gestion des systèmes plage/dunes à Posidonie. Rapport final, 66 pp.
- Paradis G., Piazza C. (1994). Etude phytosociologique et cartographique du littoral sableux du site de Rondinara. *Res. Mediterranea*, 1 : 25-52
- Paradis G., Piazza C. & Pozzo di Borgo M.-L. (2006). Description de la végétation des pourtours rocheux du golfe de la Rondinara (Corse). *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, N.S., t. 37 : 65-115.
- Pasqualini V. (1997). *Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral Corse (Méditerranée, France)*. Thèse Doctorat, Univ. Corse : 190.
- Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M. A., & Boudouresque, C. F. (1994). Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 139-146.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., & Boudouresque, C. F. (1995). Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état des connaissances. *Mésogée*, 54, 3-27.

- Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent- Martini C., Semroud R., Serrano O., & Verlaque M. (2012). Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée : résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques. Gland, Suisse et Malaga, Espagne : IUCN, 80.
- Piazza C., Paradis G. (1994). Etude phytosociologique et cartographique d'un site littoral sableux en voie de dégradation anthropique : la cordon de Balistra (Sud de la Corse). Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, 25, 59-98
- Picard J., (1965a). Importance, répartition et rôle du matériel organique végétal issu des prairies de Posidonies. Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit. 18(2): 91-92.
- Remy F. (2010). *Structure trophique et diversité des macro-organismes associés aux litières de Posidonia oceanica (L.) Delile, dans la baie de Calvi en Corse*. Université de Liège, 71.
- Rico-Raimondino V. (1995). *Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à Posidonia oceanica*. Thèse Doctorat d'Ecologie, Univ. d'Aix-Marseille II, Fr. : 248PP.
- Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., & Bianchi C. N. (2013). The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine pollution bulletin*, 75(1-2), 157-167.

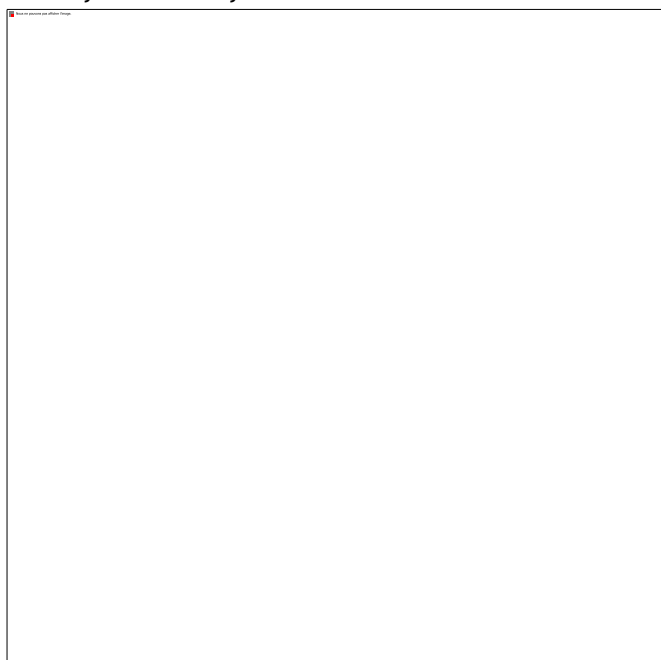
Allegati

ALLEGATI

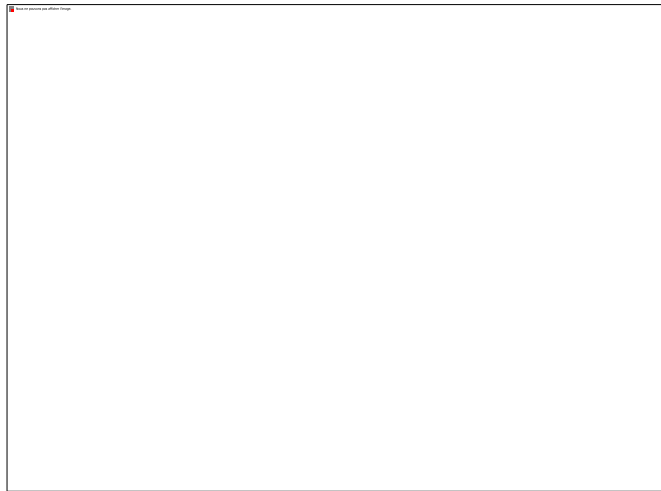
Allegato 1: Tabella fitosociologica, spiaggia di Rondinara, 5 settembre 2019.
Associazione di *Sporobolus pungens*



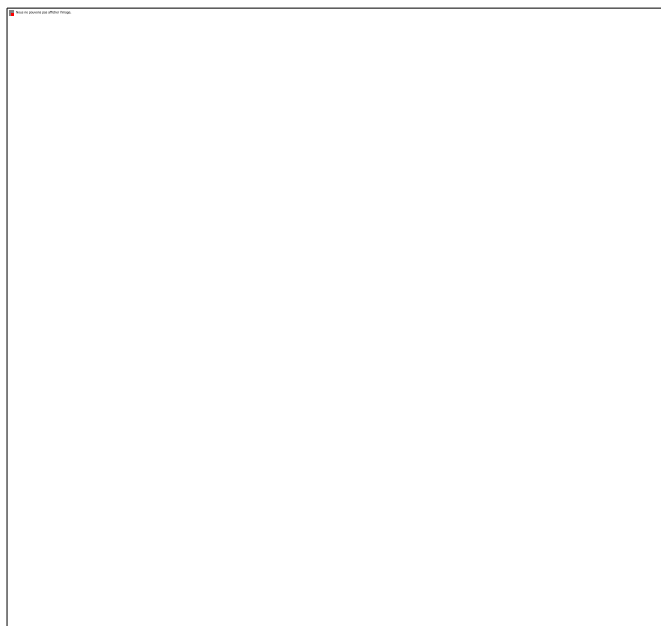
Allegato 2: Tabella fitosociologica, spiaggia di Rondinara, 5 settembre 2019.
Associazione di *Cynoson dactylon*



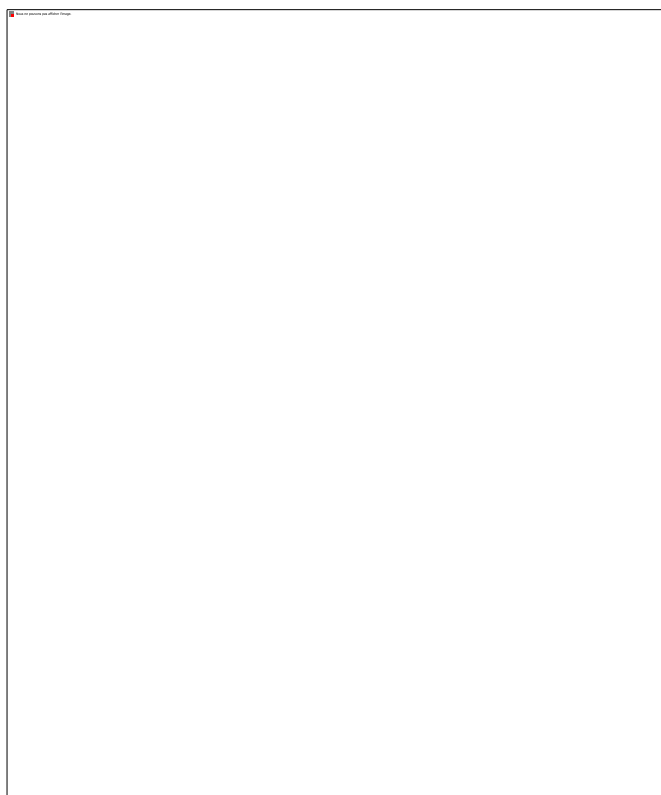
Allegato 3: Tabella fitosociologica, spiaggia di Rondinara, 5 settembre 2019.
Associazione di *Euphorbia peplis*



Allegato 4: Tabella fitosociologica, spiaggia di Rondinara, 5 settembre 2019.
Macchia di *Juniperus phoenica subsp. Turbinata* e *Pistocia lentiscus*



Allegato 5: Tabella fitosociologica, spiaggia di Rondinara, 5 settembre 2019. Associazione di *Juncus acutus* e *Scirpoides holoschoenus*

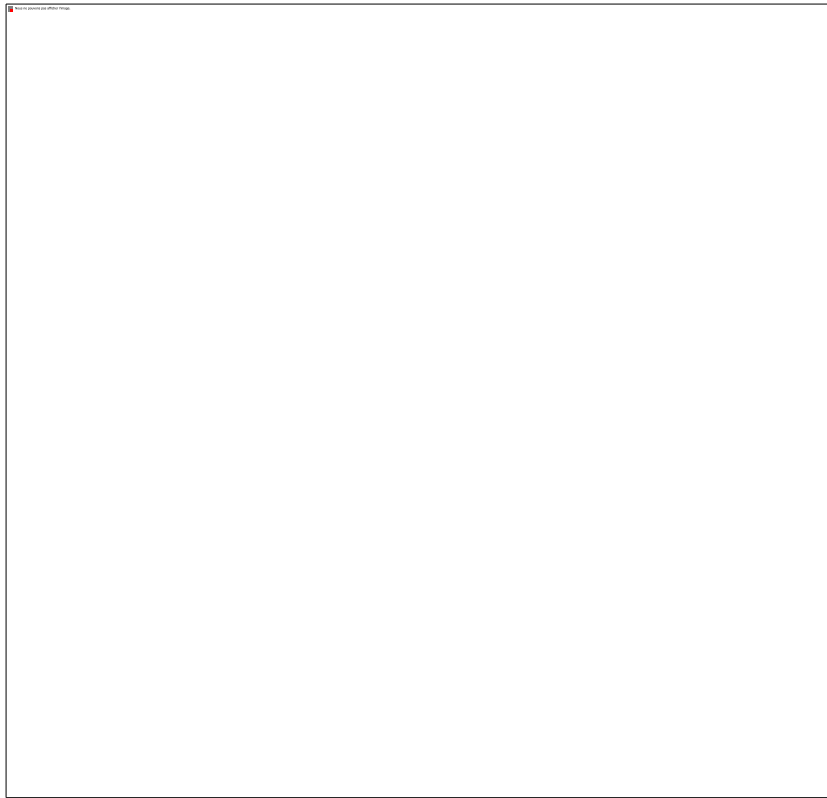


97

Allegato 6: Tabella di corrispondenza tra i rilievi fitosociologici e le tabelle da 1 a 12 per associazione

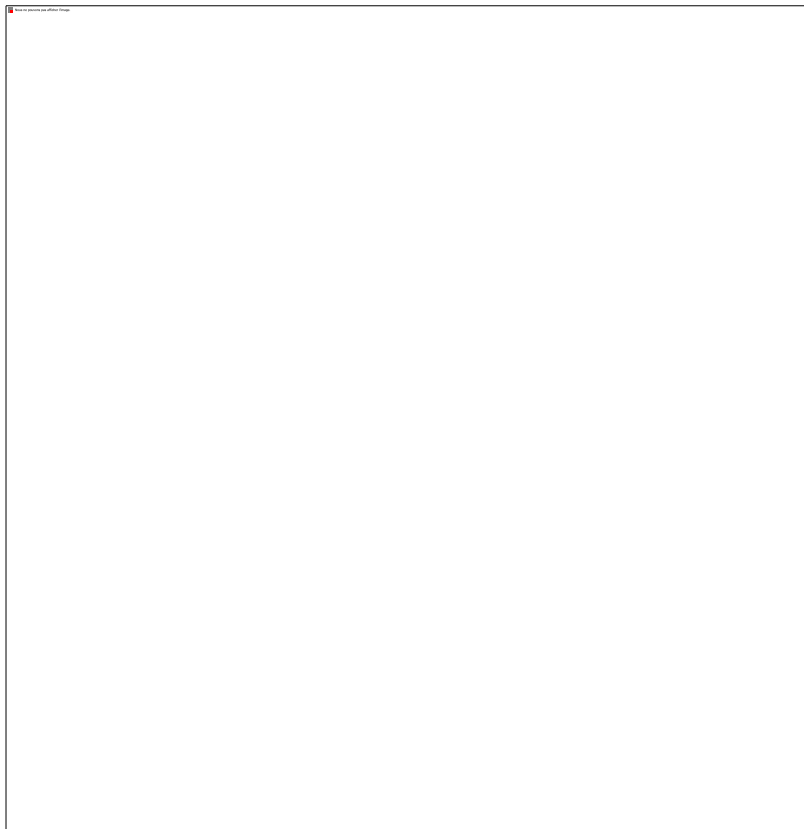


Allegato 7: Associazione di *Sporobolus pungens* (*Sporobolus arenarii*)



Allegato 8: Associazione di *Sporobolus pungens* ed *Elytrigia juncea* (*Sporobolo pungentis-Elymetum farcti*)

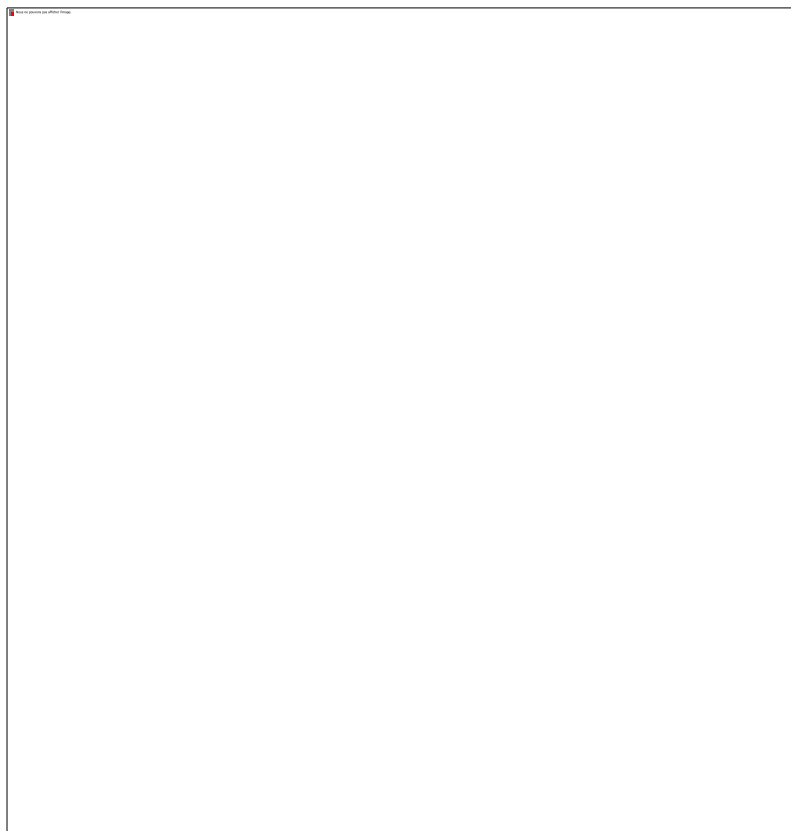
99



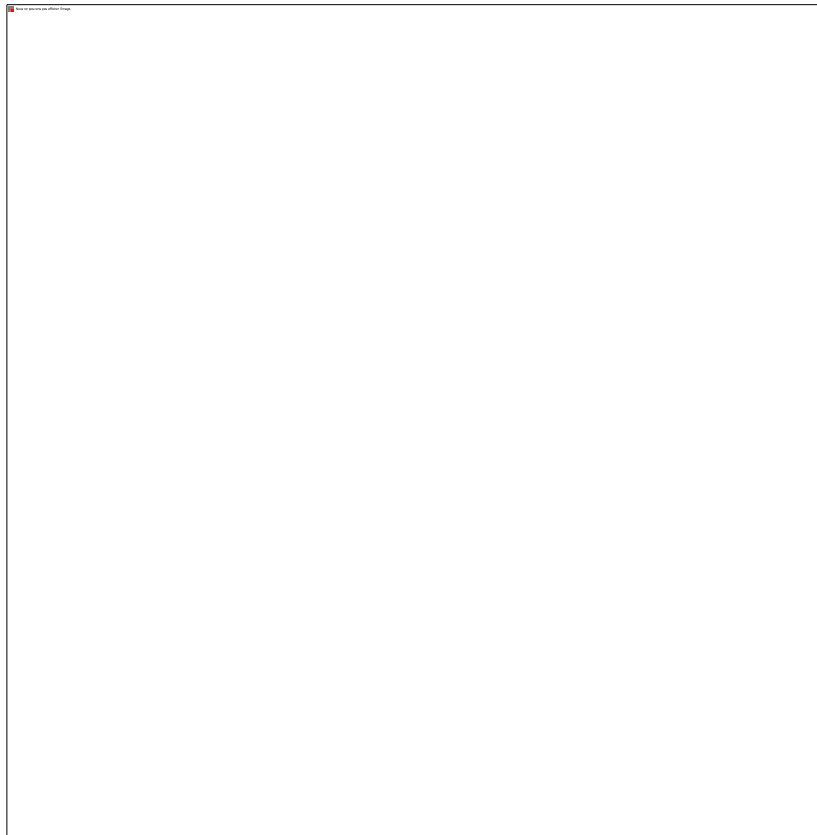
Allegato 9: Eryngio maritimi-Elymetum farcti typicum (A). Associazione di Eryngium maritimum ed Echinophora spinosa (B). Associazione di Eryngium maritimum e Sporobolus pungens (C)



Allegato 10: Altre associazioni di “dune embrionali. A: Sotto-associazione di Achillea maritima all’interno di Eryngio-Elymetum farcti. B: Associazione di Polygonum maritimum. C: Associazione di Limbarda crithmoides ed Elytrigia juncea (Inulo crithmoidis-Elymetum farcti).

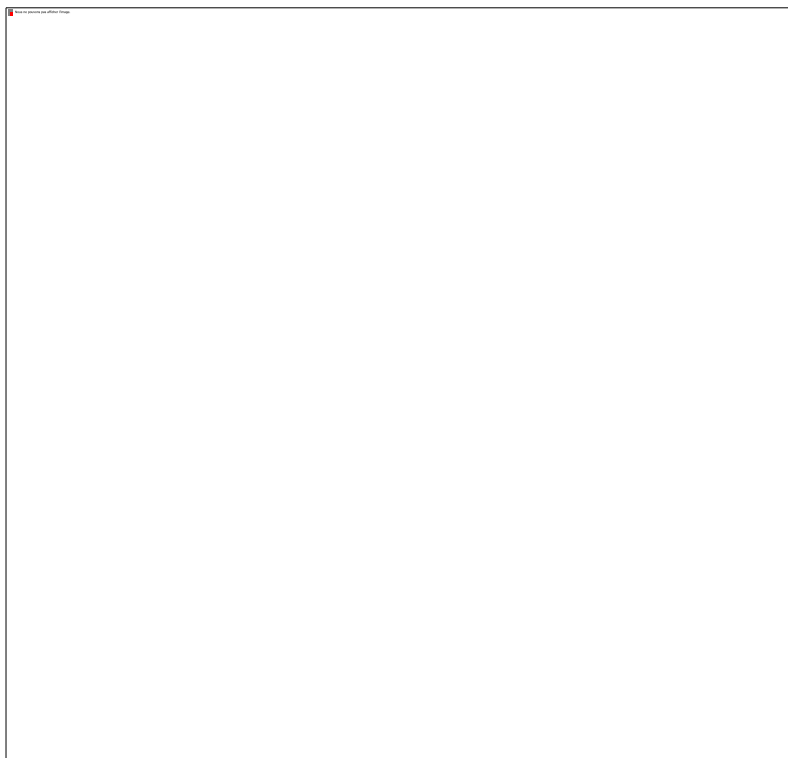


Allegato 11: Dune di oyate (*Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*) (*Ammophiletum arundinaceae*)

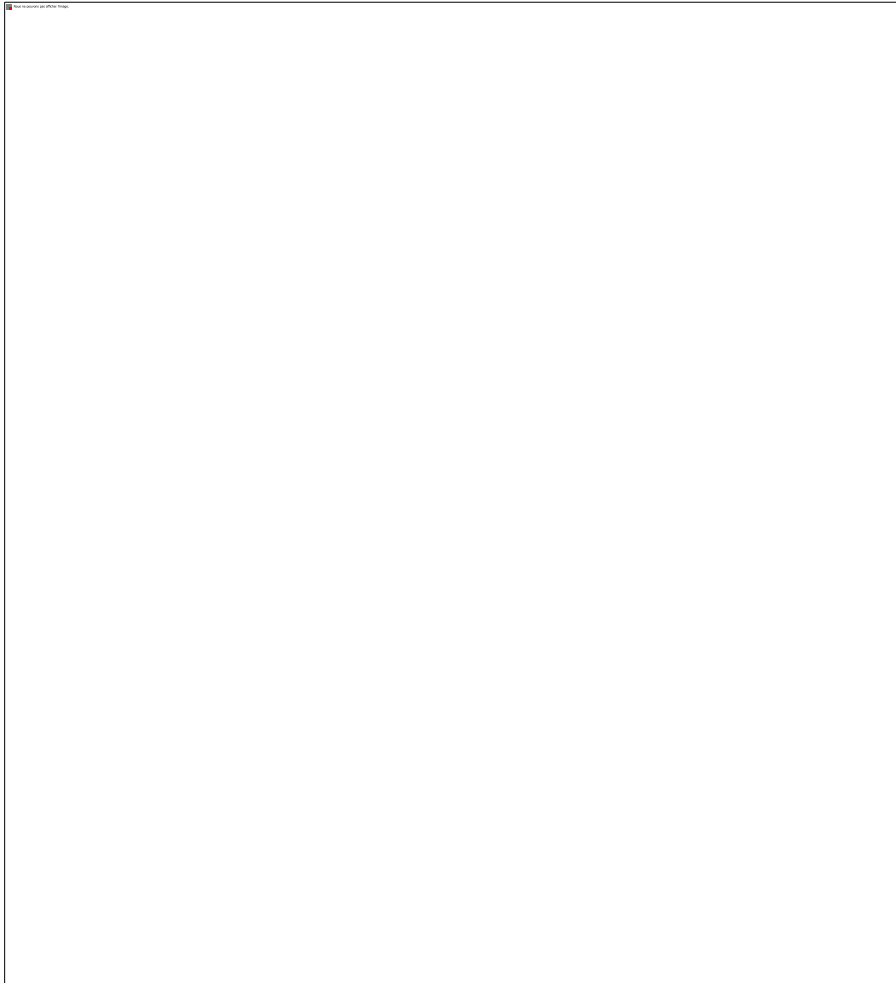


101

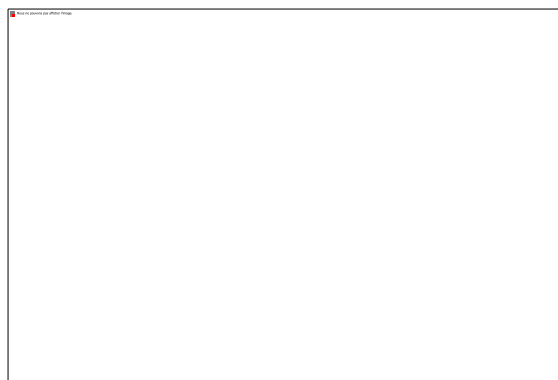
Allegato 12: Associazioni di *Helichryso italici*-*Crucianelletea maritimi*. A: associazione di *Helichrysum italicum* e *Scrophularia ramosissima* (*Helichryso italici*-*Scrophularietum ramosissimae*). B: associazione di *Lomelosia rutifolia*.



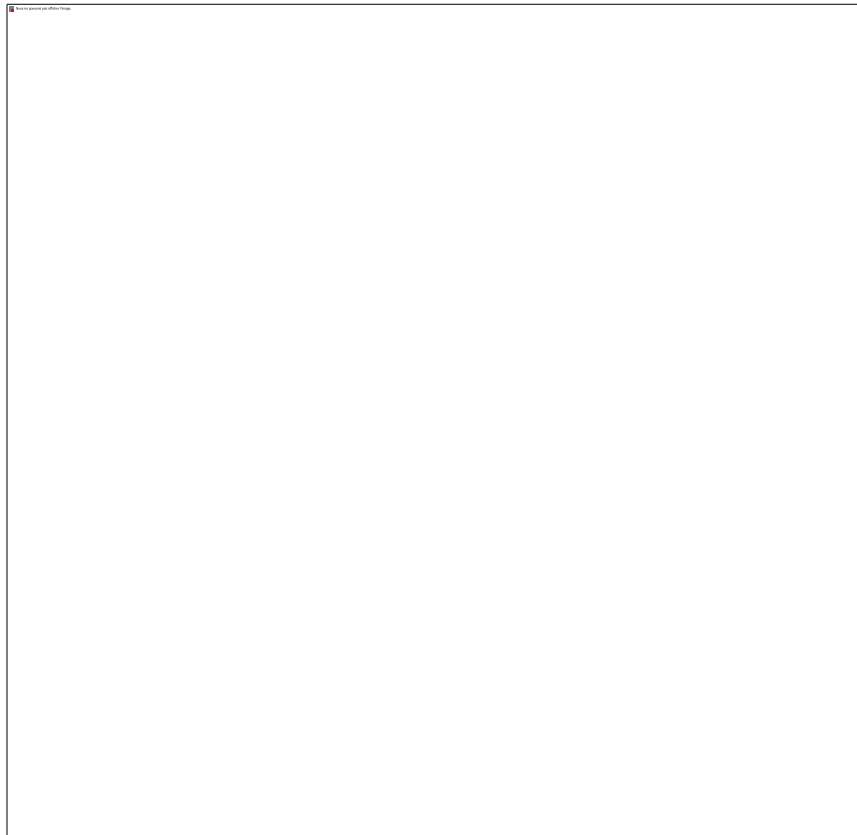
Allegato 13: Diversi tipi di macchia sulla spiaggia di Balistra A: macchia di *Pistacia lentiscus*. B: macchia di *Phillyrea angustifolia*. C: macchia di *Myrtus communis*. D: macchia di *Pistacia lentiscus* e *Quercus ilex*. E: macchia di *Pistacia lentiscus* e *Juniperus phoenicea*



Allegato 14: Associazione di *Limbarda crithmoides* subsp. *longifolia*



Allegato 15: Associazioni dominate da *Spartina patens*

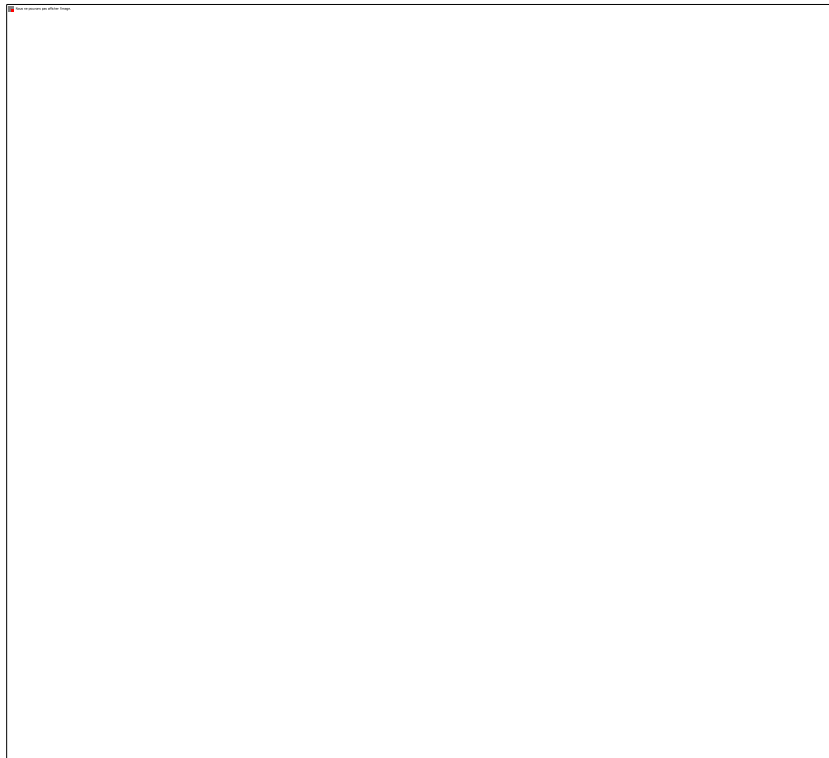


103

Allegato 16: Vegetazione pioniera che colonizza la sabbia che ha subito perturbazioni

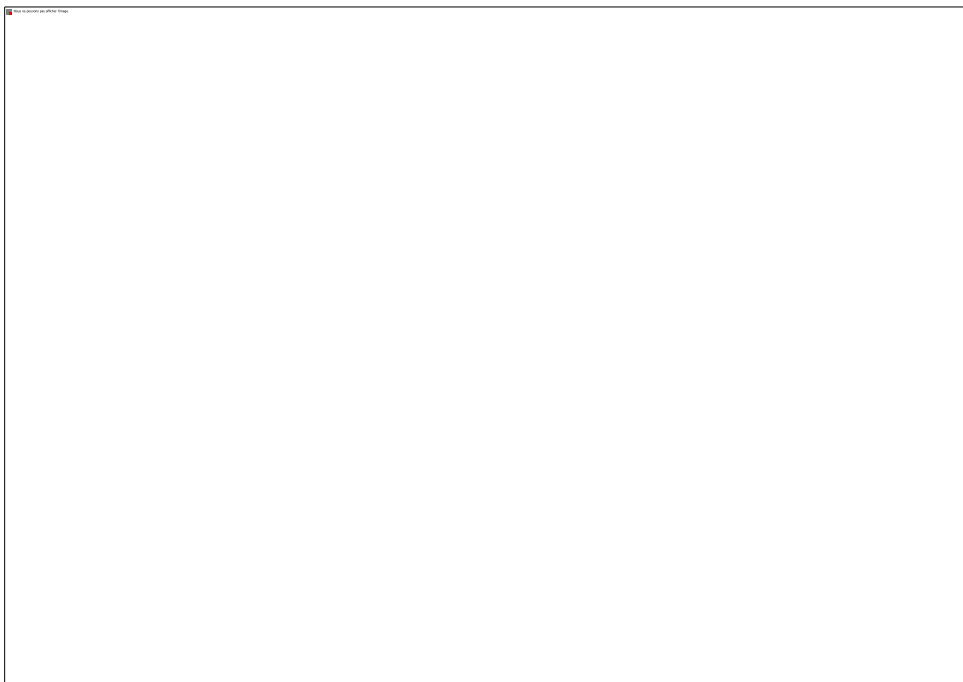


Allegato 17: Associazione di Elytrigia acuta



Allegato 18: Vegetazione pioniera che colonizza la sabbia che ha subito perturbazioni

103



Allegato 19: Tabella che presenta i risultati delle pesate delle carote eseguite sulla spiaggia di Rondinara il 23 gennaio 2020

Carote	Tipologie	Pesi sed(g)/carota	Pesi sed(kg)/m ³
1	Vecchia	2885,2	360,65
2	Vecchia	1407,89	175,98625
3	Vecchia	2268,1	283,5125
4	Vecchia	1508,7	188,5875
5	Vecchia	672,2	84,025
6	Vecchia	1920,7	240,0875
7	Media	93,6	11,7
8	Media	737,1	92,1375
9	Media	529,6	66,2
10	Media	130	16,25
11	Media	227,5	28,4375
12	Media	574,9	71,8625
13	Fresca	2,2	0,275
14	Fresca	130,3	16,2875
15	Fresca	408,2	51,025
16	Fresca	2,1	0,2625
17	Fresca	998,6	124,825
18	Fresca	675,4	84,425

Allegato 20: Tabella che presenta i risultati delle pesate delle carote eseguite sulla spiaggia di Balistra il 22 gennaio 2020

Carote	Tipologie	Pesi sed(g)/carota	Pesi sed(kg)/m3
1	Fresca	0,4	0,05
2	Fresca	487,7	60,9625
3	Fresca	7,6	0,95
4	Fresca	7,8	0,975
5	Fresca	0,52	0,065
6	Fresca	0,82	0,1025
7	Fresca	17,65	2,20625
8	Fresca	0,3	0,0375
9	Fresca	0,1	0,0125
10	Fresca	1,5	0,1875
11	Fresca	1,59	0,19875
12	Fresca	0,48	0,06
13	Fresca	1,38	0,1725
14	Fresca	5,48	0,685
15	Fresca	0,09	0,01125
16	Fresca	1,17	0,14625
17	Fresca	0,1	0,0125
18	Fresca	0,26	0,0325

