

STATION STARESO
Pte de la Revellata – BP 33 – 20260 Calvi
(Corse) - FRANCE
Tel : +00 33 (0)6 86 22 32 61
Email : basemarine@stareso.com
Site web : www.stareso.com



Avril 2020



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

**Etude des communautés végétales
présentes sur les plages de Rondinara
et Balistra et caractérisation des dépôts
de banquettes de Posidonie**



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

Etude des communautés végétales présentes sur les plages de Rondinara et Balistra et caractérisation des dépôts de banquettes de Posidonie

Prestation intellectuelle commandée à STARESO par :
L'Office de l'environnement de la Corse (OEC/UAC) dans le cadre du PROJET GIREPAM
« Gestion Intégrée des Réseaux Ecologiques à travers les Parcs et Aires Marines »
INTERREG Italie-France MARITTIMO 2014-2020
Le groupement STARESO s'articule de la manière suivante :

<u>Directeur de station :</u>	P. Lejeune – p.lejeune@stareso.com
<u>Responsables scientifiques :</u>	M. Marengo – michel.marengo@stareso.com M. Leduc – m.leduc@stareso.com
<u>Rédaction et cartographie :</u>	Q. Fontaine – quentin.fontaine@stareso.com
<u>Opérateurs terrain :</u>	Q. Fontaine – quentin.fontaine@stareso.com L. Fullgrabe – lovina.fullgrabe@stareso.com

Sous-traitance de l'étude des communautés végétales
pour les missions terrain et une partie de l'analyse bureau à
ASTERE (Association Scientifique de Travaux, Etudes et Recherches sur l'Environnement)

<u>Président d'ASTERE et botaniste-phytosociologue :</u>	G. Paradis – guilhan.paradis@orange.fr
<u>en collaboration avec l'OEC :</u>	M-L. Pozzo Di Borgo – Marie-Laurore.PozzoDiBorgo@oec.fr

Cette étude doit être citée sous la forme :

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. Projet GIREPAM. Contrat STARESO-OEC. E07-19 : 108pp



Sommaire

Contexte et objectifs de l'étude	3
Contexte	4
Objectifs	7
Méthodologie	9
La zone d'étude	10
Protocole terrain	11
Synthèse bibliographique.....	11
L'étude de l'occupation du sol.....	11
Le suivi de l'évolution des dépôts de banquettes de Posidonie en 2019.....	12
La composition des banquettes en sédiments.....	13
Périodes de suivis et d'échantillonnages	15
Résultats	17
L'étude de l'occupation du sol	18
Plage de Rondinara.....	18
Généralités.....	18
Impacts anthropiques.....	19
Impact anciens (en 1994).....	19
Impacts actuels (en 2019).....	20
Description de la végétation	24
Description de la végétation en 2019.....	28
Comparaison de la carte de la végétation de 1993 et de la carte de 2019.....	36
Conclusion.....	38
Plage de Balistra.	41
Généralités.....	41
Impacts anthropiques.....	42
Impact anciens (en 1994).	42
Impacts actuels (en 2019).	43
Description de la végétation.	47
Description de la végétation en 2019.....	49
Comparaison de la carte de la végétation de 1993 et de la carte de 2019.....	61
Conclusion.....	62
Caractérisation des dépôts de banquettes de Posidonie en 2019	65
Plage de Rondinara.....	65
Evolution des banquettes.....	65
Compacité et typologie(s).....	69
Plage de Balistra.....	74
Evolution des banquettes.....	74
Compacité et typologie(s).....	78
Conclusion).....	78
La composition des banquettes en sédiments	80
Plage de Rondinara.....	80
Plage de Balistra.....	82
Ensemble des 2 sites.....	82
Conclusion.....	85
Bilan, recommandations et préconisations	86
Modalités de déplacement.....	86
Lieux de stockage.....	87
Plage de Rondinara.....	87
Plage de Balistra.....	87
Bibliographie	89
Annexes	95



Contexte et objectifs de l'étude

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1. Contexte

Le bassin Méditerranéen, couvrant une superficie d'environ 2,5 millions de km², est la première destination touristique mondiale. Le littoral méditerranéen, s'étendant sur environ 46 000 km de long et situé à l'interface entre les écosystèmes terrestres et marins, est doté d'une grande richesse paysagère. Les zones côtières méditerranéennes sont un territoire dynamique car sont, d'une part, sous l'influence de la mer et des conditions météorologiques, et d'autre part, le lieu d'un développement touristique, économique et d'une croissance démographique grandissante. Ainsi, la gestion intégrée de la zone côtière à long terme, ayant pour objectif de faire cohabiter activités humaines et préservation de l'environnement, apparaît comme une tâche complexe.

Le littoral méditerranéen présente une alternance de côtes sableuses et rocheuses ainsi qu'un ensemble d'écosystèmes dont la présence puis le développement dépendent de plusieurs facteurs. Par exemple, des études menées sur 44 plages de Haute-Corse ont montré que la morphologie d'une plage et des écosystèmes associés (terrestres et marins) sont influencés par les conditions météorologiques, le régime hydrodynamique et le contexte géomorphologique (Belon et al., 2013 ; Belon, 2017).

Posidonia oceanica (L.) Delile est une phanérogame endémique de Méditerranée qui forme l'écosystème marin emblématique herbier de Posidonie qu'il est possible de retrouver entre 0 et parfois plus de 40 m de profondeur. Cette espèce de plante marine largement répandue sous forme de prairies sous-marines recouvre aujourd'hui entre 1 et 2% des fonds méditerranéens, soit 3,5 à 3,7 millions d'hectares (Rico-Raimondino, 1995 ; Pasqualini et al., 1997). La Posidonie rend de multiples services écosystémiques et joue ainsi des rôles écologiques, économiques, sédimentaires et de bioindicateur (Hemminga & Duarte, 2000 ; Pergent et al., 2012 ; Vassallo et al., 2013).

Toute l'année, des feuilles de Posidonie se forment depuis un rhizome puis vivent et grandissent pendant environ 5 à 15 mois au printemps et en été (Boudouresque et al., 2006a). Durant cette phase de vie, la Posidonie agit comme un producteur d'oxygène (un m² d'herbier à 10 m de profondeur produit en moyenne 14L d'O₂/j) (Bay, 1978). L'herbier représente un abri et une zone de nurserie pour de nombreuses espèces de poissons, mollusques et autres espèces à intérêt commercial (Gobert et al., 2007). De plus, il atténue l'énergie cinétique des particules et de la matière en suspension qui sédimentent plus rapidement. Il contribue ainsi à améliorer la clarté de l'eau, à réduire l'hydrodynamisme et à protéger les côtes de l'érosion (Jeudy de Grissac & Boudouresque, 1985). Très sensible aux perturbations (variations de salinité, de turbidité, de luminosité, enrichissements en nutriments...), cette phanérogame marine est indicatrice de la qualité du milieu et des eaux marines côtières (Pergent et al., 1995).

La Posidonie perd également ses feuilles régulièrement tout au long de l'année, particulièrement en septembre et en octobre (Gallmetzer et al., 2005). Une fois mortes, ces feuilles tombent sur le fond et forment, avec les sédiments, les rhizomes, les racines et autres débris végétaux et animaux, la litière qui sert de support au développement de l'herbier appelé mat (Otero et al., 2018). Cette dernière agit comme un puit de carbone en captant le dioxyde de carbone (CO₂) (Duarte et al., 2010). Les feuilles mortes de Posidonie s'accumulent au sein même de l'herbier et/ou sont exportés vers des milieux adjacents (Pergent et al., 1994).

Après la période d'accalmie estivale propice à l'accumulation de grandes quantités de feuilles mortes sur les fonds, l'occurrence combinée de vents du large, de tempêtes automnales, de courants et de surcotes marines, entraîne naturellement la remise en suspension, le transport puis le dépôt de ces paquets de feuilles mortes sur les plages (Boudouresque et Meinesz, 1982).

Ces résidus mélangés à des sédiments de natures et de granulométries différentes, s'accumulent et finissent par former des banquettes pouvant mesurer, dans des cas exceptionnels, 2,5m d'épaisseur (Picard, 1965) (Fig. 1). Leurs teneurs en eau et en sédiments varient selon la saison,

l'hydrodynamisme, leur fraîcheur et d'une plage à une autre. Les proportions de sédiments sont généralement plus importantes en arrière de la plage au niveau des banquettes plus anciennes (Cancemi et Buron, 2008).



Figure 1 : Carte de la répartition des herbiers et des banquettes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile et des dunes côtières le long de la côte méditerranéenne (Otero et al., 2018)

Ces banquettes jouent des rôles écologiques et économiques importants. Elles protègent directement les plages contre l'érosion en réduisant l'intensité des vagues et en stockant une grande quantité de sédiments (Chessa et al., 2000), façonnent les côtes et influencent l'énergie de la dérive sédimentaire (Atzeni et al., 2004 ; Di Gregorio et al., 2000). Les feuilles et les épiphytes constituent une ressource alimentaire pour les écosystèmes dunaires riches en détritivores invertébrés (Mateo et al., 2003 ; Remy, 2010), et pour la ressource halieutique dont dépend la petite pêche côtière (Belon, 2017). Lorsqu'elles sont déposées plus loin par les vents, les feuilles mortes de *Posidonia* peuvent également servir d'engrais et de support pour la végétation et ainsi permettre le maintien puis le développement de l'arrière-dune (Duarte, 2004) (Fig. 2 et 3).

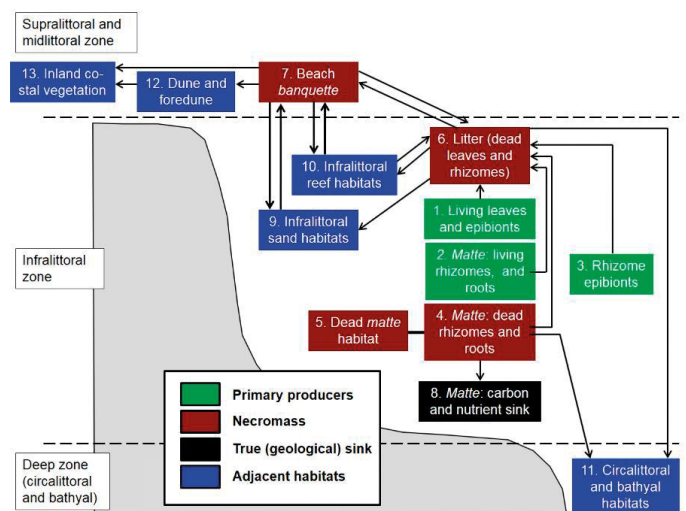


Figure 2 : Schéma écosystémique illustrant la formation et le rôle des banquettes de *Posidonia* (Boudouresque, 2016)

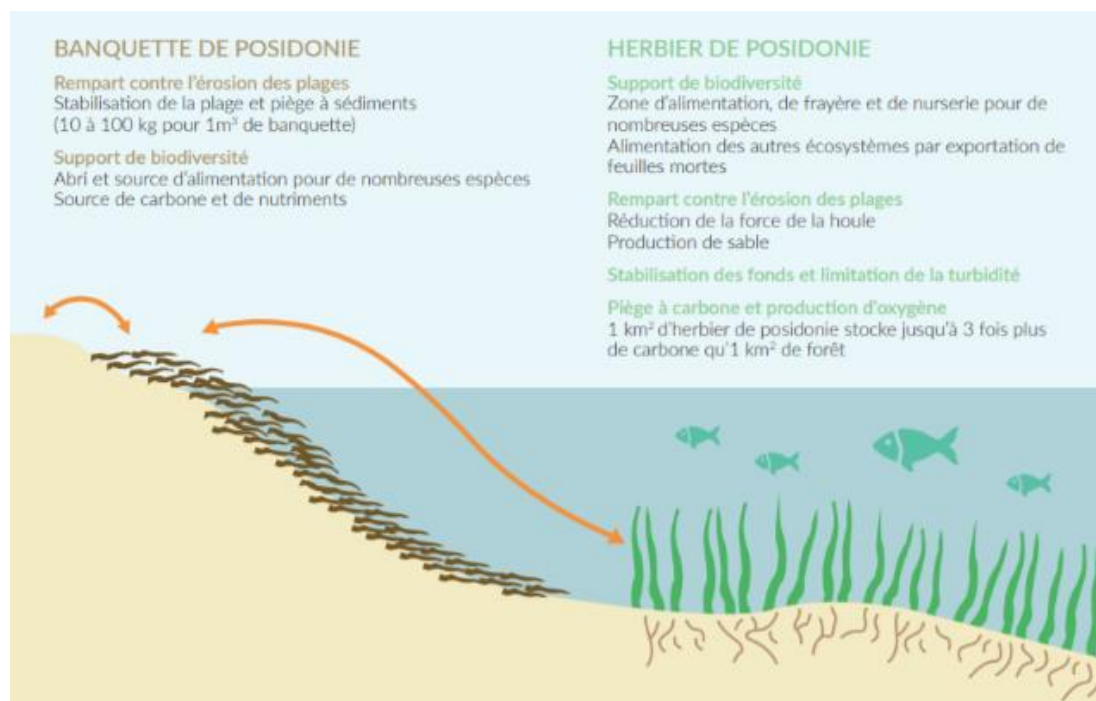


Figure 3 : Schéma illustrant le rôle des banquettes de Posidonie (*Posidonia oceanica*) sur les plages (DREAL PACA, 2019)

Particulièrement abondantes et recouvrant de vastes surfaces au niveau de certaines plages, les banquettes de Posidonie peuvent poser des problèmes aux collectivités locales (Otero *et al.*, 2018). En effet, diverses études ont mis en évidence que ces accumulations de feuilles mortes étaient généralement perçues comme une pollution, source de nuisances olfactives, rendant l'accès à la mer difficile, et réduisant l'espace disponible sur les plages (enquêtes menées par l'Office de l'Environnement de la Corse en 2008 ; Krelling *et al.*, 2017 ; Borello *et al.*, 2018 ; DREAL PACA, 2019).

Certaines collectivités locales et opérateurs du tourisme, pour des raisons essentiellement esthétiques, touristiques et

de méconnaissance des rôles écologiques de cet écosystème, retirent ces banquettes et les déplacent ailleurs à l'approche de la saison estivale (Guala *et al.*, 2006). Plusieurs études ont analysé la dynamique des banquettes face aux forçages naturels sur l'environnement mais également l'impact de leur déplacement et de leur retrait sur les écosystèmes adjacents (Belon, 2017 ; DREAL PACA, 2019). D'autres ont essayé de recenser les différentes méthodes de gestion de ces accumulations (Cancemi, 2010 ; Martin, 2017). Le déplacement des banquettes n'est généralement pas sans conséquence et même à l'origine d'un « cercle vicieux » (Belon, 2017) (Fig. 4).

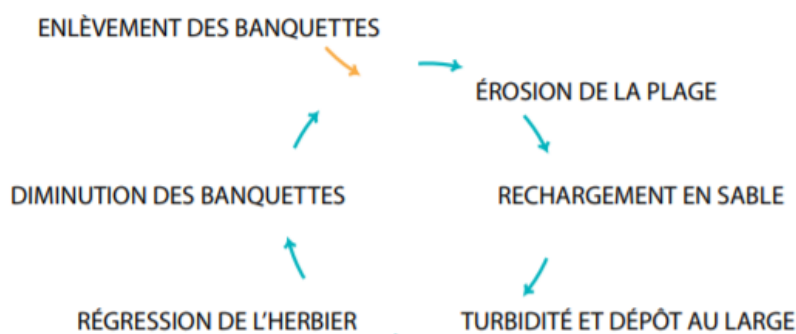


Figure 4 : Schéma illustrant les conséquences du déplacement des banquettes de Posidonie sur les plages (DREAL PACA, 2019)

En effet, en déplaçant ces banquettes via l'emploi d'engins mécaniques lourds et coûteux, les plages concernées ne sont plus protégées de l'érosion, le sable restant est emporté lors des tempêtes et vient ensevelir les herbiers à proximité, l'érosion et le recul des plages sont accélérés, et, par conséquent, d'importantes opérations de ré-ensablement, elles aussi coûteuses, sont généralement entreprises (De Falco et al., 2008, Cancemi et Buron, 2008). *Posidonia*

oceanica (L.) Delile est une espèce protégée tant vivante sous forme d'herbier que morte sous forme de banquettes. Ainsi, tous travaux de rechargement de plage ou de mise en décharge des banquettes nécessitent l'obtention d'une dérogation des services de l'Etat pour destruction d'espèces protégées Tab. 1) (Boudouresque et al., 2006b ; DREAL PACA, 2018 ; Claudel et al., 2019).

Tableau 1 : Liste des textes de loi protégeant l'herbier de Posidonie (*Posidonia oceanica*)

Echelles	Textes de loi
France	Arrêté interministériel du 19 juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées
	Décret d'application (20 septembre 1989) de la Loi Littoral du 3 janvier 1986
	Loi du 10 juillet 1976
Europe	Directive Européenne « Habitat, faune, flore » n°92/43/CEE (Annexe I) du 21 mai 1992
International	Convention de Berne (février 1996)
	Convention de Barcelone (novembre 1996)

2. Objectifs

Sur les millions d'hectares que recouvre la Posidonie en Méditerranée, la Corse, du fait de ses eaux très claires, en totalise de vastes surfaces de manière quasiment continue tout le long de son littoral et jusqu'à parfois plus de 40 m de profondeur (Pasqualini, 1997). D'après plusieurs études de cartographie des accumulations de banquettes de Posidonie sur les plages corses et de Sardaigne, beaucoup d'entre-elles se retrouvent recouvertes d'une plus ou moins grande épaisseur de feuilles mortes à la fin de l'automne (De Falco et al., 2008 ; Belon et al., 2013). Ces dépôts, faisant l'objet de plaintes de la part de certaines populations locales ou de touristes qui peuvent générer des conflits entre utilisateurs du littoral, nécessitent des modes de gestions adaptés.

L'Office de l'Environnement de la Corse (OEC), à travers la mission GECT-PMIBB (Groupement Européen de Coopération Territoriale-Parc Marin International des

Bouches de Bonifacio) inscrite dans le projet GIREPAM (Gestion Intégrée des Réseaux Ecologiques à travers les Parcs et les Aires Marines), a pour objectif de formuler des orientations et des solutions concrètes de gestions adaptées et raisonnées des banquettes. Celles-ci pourraient consister en l'expérimentation de méthodes de déplacement partiel et non impactant des banquettes, et en l'identification de sites et de modalités pour le stockage le plus adapté au système plage. Ces actions devront tenir compte de la fréquentation estivale des plages, de la sécurité des personnes, et du rôle écologique reconnu des banquettes dans l'équilibre sédimentaire et le maintien des plages.

L'objectif de cette prestation a été d'obtenir une série d'éléments de connaissance sur les plages de Balistra et de Rondinara (Corse-du-Sud) en :

- 1) caractérisant les communautés végétales présentes selon la méthode phytosociologique sigmatiste (Meddour, 2011; Paradis & Piazza, 1994; Piazza & Paradis, 1994) et grâce à une cartographie détaillée ;
- 2) effectuant un suivi de l'évolution des dépôts de banquettes accumulées 1 fois par mois pendant 1 an (de janvier 2019 à janvier 2020) ;
- 3) analysant le contenu sédimentaire des différentes typologies de banquettes (formations anciennes et récentes).



Méthodologie

Méthodologie

1 La zone d'étude

Le suivi et la caractérisation des communautés végétales et des banquettes de Posidonie ont eu lieu sur les plages de Balistra et de Rondinara. Ces 2 plages sont situées en Corse-du-Sud au sein de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB). Etant régulièrement soumises à la formation de banquettes de Posidonie, étant hautement fréquentées en période estivale, ayant occasionnellement fait l'objet de nettoyages mécaniques et étant mensuellement suivi depuis décembre 2018 pour la distribution de leurs banquettes et des volumes accumulés (mission GECT-PMIBB), ces 2 plages apparaissent comme des sites d'étude pertinents et adaptés pour d'éventuelles expérimentations.

La plage de Balistra, située sur la commune de Bunifaziu au nord du golfe de Sant'Amanza, possède un poste de secours, un accès pour les PMR (Personnes à Mobilité Réduite), une zone de baignade et une paillote restaurant (Fig. 5).

Très fréquentée en été, cette plage a déjà fait l'objet d'un suivi en 2017 suite aux difficultés d'accès et de surveillance du plan d'eau en raison de la présence de banquettes de Posidonie.

La plage de Rondinara, également située sur la commune de Bunifaziu au sein du golfe de Rondinara, bénéficie d'arrivées de personnes par terre et par mer (Fig. 6). Il s'agit d'une plage en fond de golfe hautement fréquentée, relativement accessible par la route et en arrière de laquelle est implanté un camping.

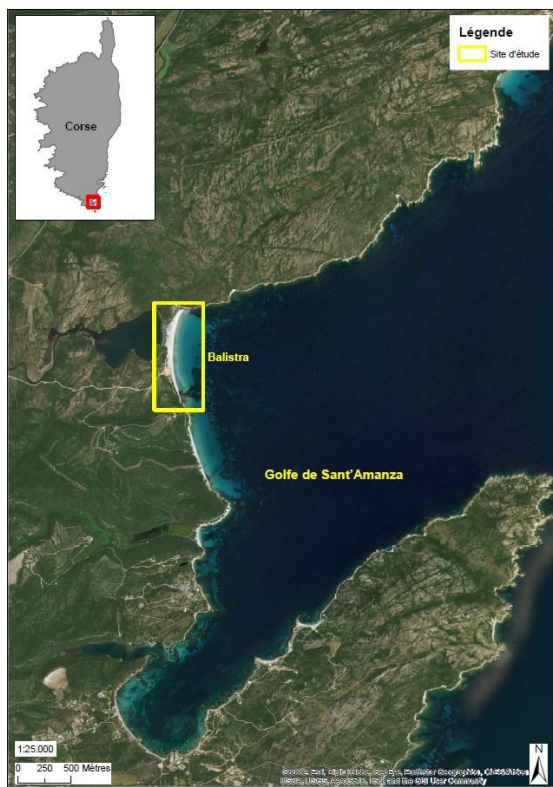


Figure 5 : Localisation de la plage de Balistra



Figure 6 : Localisation de la plage de Rondinara

2 Protocole terrain

2.1. Synthèse bibliographique

Une synthèse bibliographique reprenant l'ensemble des données acquises sur le secteur et sur la même thématique a été réalisée par STARESO et a permis de soutenir les interprétations et d'appuyer les analyses des enjeux environnementaux tout au long de ce rapport.

2.2. L'étude de l'occupation du sol

Pour chaque site, une description de l'impact anthropique et de la végétation a été réalisée selon la méthode phytosociologique sigmatiste entre la fin du mois d'août et le début du mois de septembre en partenariat avec l'association ASTERE (Association Scientifique de Travaux, Etudes et Recherches sur l'Environnement), celle-ci ayant déjà effectué des études phytosociologiques et cartographiques sur les littoraux sableux des sites de Rondinara et Balistra en 1994 (Paradis & Piazza, 1994) (Fig. 7). Le suivi aurait dû avoir lieu au mois d'août, mais celui de Balistra ayant pris plus de temps que prévu ce même mois, la plage de Rondinara a été prospectée quelques jours plus tard au début du mois de septembre.

- Pour cela ont été effectués :
- des relevés localisés le long de transects perpendiculaires au trait de côte. L'identification et la description détaillée des groupements végétaux et des espèces patrimoniales (protégées, rares et/ou mentionnées sur les différentes listes rouges) sous forme de tableaux a été réalisé par l'association ASTERE ;
 - une cartographie semi-schématique et digitalisée sous SIG de la végétation à l'échelle 1/2000 représentant la distribution spatiale des différents groupements végétaux ;
 - une étude diachronique consistant en la comparaison des clichés anciens et des résultats (transects et cartographies) obtenus lors des études antérieures avec ceux de 2019 permettant de fournir des éléments relatifs à l'évolution des aménagements anthropiques et des structures végétales.
 - une évaluation de l'état de conservation des habitats dunaires face aux forçages naturels et aux pressions anthropiques.



Figure 7 : Relevés phytosociologiques effectués par Mr. Guilhan PARADIS (exemple sur la plage de Balistra le 27 août 2019)

2.3. Le suivi de l'évolution des dépôts de banquettes de Posidonie en 2019

Les banquettes de Posidonie ont été caractérisées 1 fois par mois de janvier 2019 à janvier 2020 grâce à l'association d'un suivi effectué par l'OEC de janvier 2019 à août 2019 et d'un suivi effectué par STARESO d'août 2019 à janvier 2020.

Concernant le suivi de STARESO, pour chaque site, 1 fois par mois du mois d'août 2019 au mois de janvier 2020 :

- la distribution des différents dépôts de banquettes a été géolocalisée grâce à l'utilisation d'un GPS. L'opérateur a fait le tour de chaque banquette en prenant des points GPS à haute fréquence (tous les 5-10m) sur son trajet. Au total, 1056 points GPS ont été pris pour les 2 plages confondues. Afin d'anticiper et de faciliter le travail de l'hiver concernant l'étude de la teneur en sédiments des différentes typologies de banquettes, une différenciation entre les formations qui semblent plus anciennes, généralement situées plus en arrière de la plage, et les formations qui semblent être plus récentes, a été faite par de simples observations et sur appréciation de l'opérateur lors de chaque mission terrain ;
- des mesures de compacité ont été effectuées de manière aléatoire (ou indiscriminée) et relativement homogène à l'aide d'un pénétromètre 1 fois par mois lors de chaque mission terrain (Francour et al., 1999) (Fig. 8). Cette méthode, habituellement employée pour l'analyse des paramètres de vitalité de l'herbier de Posidonie, consiste à lâcher un poids de 5kg le long d'un tube sur une hauteur d'1m afin de mesurer la profondeur d'enfouissement du pénétromètre (tige graduée), indicatrice de la

compacité du substrat concerné. Ces mesures de compacité ont permis de déterminer et de vérifier le nombre de catégories (ou typologies) de banquettes.

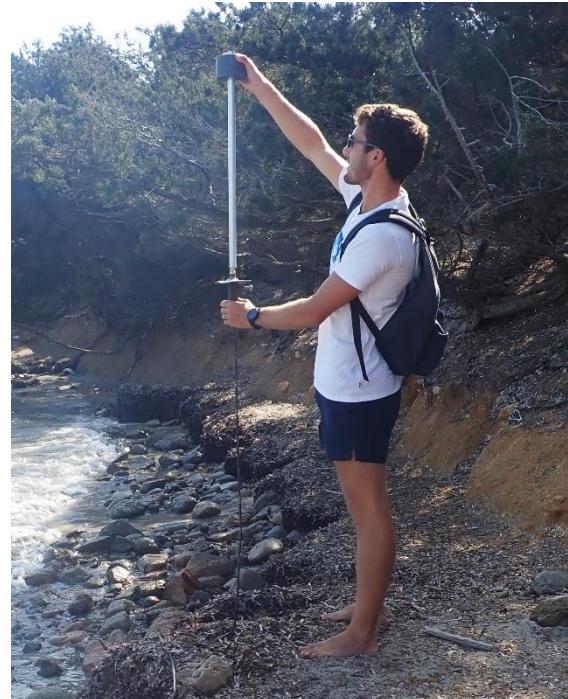


Figure 8 : Mesure de compacité au sud de la plage de Rondinara le 20 septembre 2019

- le volume des dépôts de banquettes a été estimé grâce aux mesures de leur surface et de leur hauteur en plusieurs points (Fig. 9). En plus de calculer et de connaître la hauteur moyenne de chaque banquette, il a été possible, grâce à un nombre de relevés suffisants, de faire ressortir les variations d'épaisseurs de chaque dépôt. Une cartographie illustrant les gradients d'épaisseurs longitudinaux et transversaux sur toutes les surfaces recouvertes a été réalisée. Néanmoins, il apparaît important de signaler que les suivis effectués par l'OEC et STARESO, bien que tous deux représentatifs des observations terrain, n'ont pas employé exactement le même protocole concernant le paramètre « épaisseur ». En effet, l'OEC a noté pour chaque banquette, l'épaisseur minimale, moyenne et maximale. L'opérateur de STARESO, quant à lui, a effectué des mesures

- d'épaisseurs au niveau de nombreux points géoréférencés (au total 896 d'août 2019 à janvier 2020 pour les 2 plages confondues) et répartis de manière aléatoire et homogène au sein de chaque banquette. Même si ces 2 protocoles n'affectent en rien les calculs de surfaces et de volumes totaux à l'échelle de la plage, cette dernière méthode présente l'avantage d'évaluer plus finement les gradients d'épaisseur au sein de chaque dépôt ;
- une cartographie à l'échelle 1/2000 (système de projection Lambert 93/RGF 93), associée à une documentation photographique géolocalisée (1 point GPS pour chaque photo) et représentant la distribution des différents dépôts, a été réalisée pour chaque mois.



Figure 9 : Mesure d'épaisseur au nord de la plage de Rondinara le 23 janvier 2020

2.4. La composition des banquettes en sédiments

Pour chaque site, la quantité de sédiments présents dans les différentes typologies de banquettes, pré-identifiées et discriminées sur base des mesures de compacité, a été calculée au mois de janvier 2020.

Afin d'analyser la composition de ces banquettes :

- un nombre représentatif de carottages a été effectué à l'aide d'un carottier de 20cm de côté, soit 0.008m³. Le cahier des charges prévoyait de considérer au moins 2 banquettes de minimum 50m de long sur chaque site, de tracer 3 transects transversaux (perpendiculaires au trait de côte) par banquette, puis de réaliser 3 carottes par transects de la manière suivante :
 - o si le long d'un transect l'épaisseur de la banquette n'avait jamais excédé 80cm, 3 carottages auraient été effectués en 3 points équidistants ;
 - o si le long d'un transect la banquette avait dépassé les 80cm, 3 carottages auraient été effectués au niveau de 2 points différents : 1 carottage où la banquette aurait fait moins de 80cm, et 2 carottages à 2 profondeurs différentes où elle aurait mesuré plus de 80cm (1 en superficie et 1 en profondeur).

Néanmoins, en raison de banquettes relativement étroites le long du trait de côte, il a été décidé, en accord avec le commanditaire de l'étude, d'effectuer des carottages de manière homogène, uniquement en superficie et longitudinalement au trait de côte au sein de chaque typologie de banquette (de faible compacité, de moyenne compacité, et de forte compacité) (Fig. 10).



Figure 10 : Carotte faite dans une banquette ancienne au centre de la plage de Rondinara le 24 janvier 2020

Le plan d'échantillonnage global consistant à avoir 18 échantillons par plage a néanmoins été respecté. Un nombre équivalent de carottes par typologie de banquette a ainsi été récupéré de manière à avoir la même représentativité pour chaque typologie (Fig. 11).



Figure 11 : Mise en sac d'une carotte faite dans une banquette fraîche au nord de la plage de Rondinara le 24 janvier 2020

Lorsqu'il y avait 3 typologies, 6 carottes par types de banquettes ont été prélevées; lorsqu'il y en avait 1, 18 échantillons y ont été réalisés. Chaque échantillon a été précisément géolocalisé.

La fraction sédimentaire de chaque carotte a été calculée. Pour cela, l'intégralité de la carotte a été tamisée dans l'eau afin de séparer les sédiments des débris végétaux (Fig. 12). La fraction sédimentaire a été récupérée puis mise à l'étuve (Fig. 13), et le poids sec a été calculé et exprimé en kg/m^3 de banquette (Fig. 14).



Figure 12 : Tamisage d'une carotte dans l'eau



Figure 13 : Mise à l'étuve des fractions sédimentaires extraites des carottes



Figure 14 : Pesée d'une fraction sédimentaire issue d'une carotte de banquette de Posidonie et séchée à l'étuve

3 Périodes de suivis et d'échantillonnages

Pour les 2 plages, les missions terrain effectuées par l'OEC, STARESO et ASTERE ont été respectivement faites de la manière suivante (Tab. 2) :

A noter qu'en raison d'une faible probabilité d'avoir des banquettes en décembre, c'est un opérateur de l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) qui, étant sur place, s'est chargé d'effectuer cette mission.

Tableau 2 : Récapitulatif des dates de missions terrain et des différentes manipulations effectuées par l'OEC, STARESO et ASTERE sur les plages de Balistra et de Rondinara.

Missions terrain STARESO	Végétation	Evolution des banquettes	Composition des banquettes
Janvier 2019		OEC	
Février 2019		OEC	
Mars 2019		OEC	
Avril 2019		OEC	
Mai 2019		OEC	
Juin 2019		OEC	
Juillet 2019		OEC	
Août 2019	ASTERE	OEC / STARESO	
Septembre 2019	ASTERE	STARESO	
Octobre 2019		STARESO	
Novembre 2019		OEC	
Décembre 2019		STARESO	
Janvier 2020		STARESO	STARESO



Résultats

RESULTATS

1 Etude de l'occupation du sol

Mr. Guilhan PARADIS, botaniste-phytosociologue, docteur en sciences et président de l'ASTERE (Association Scientifique de Travaux, Études et Recherches sur l'Environnement) a réalisé une étude phytosociologique et cartographique des littoraux sableux des sites de Rondinara et de Balistra en mai 1993. Pour cette présente étude, et afin de disposer du même protocole et de la même connaissance terrain, Mr. PARADIS a reproduit le même travail entre la fin du mois d'août et le début du mois de septembre 2019.

La comparaison de ces 2 études, comprenant une caractérisation précise de la végétation dunaire et une évaluation de l'impact anthropique, a permis :

- de quantifier le phénomène d'artificialisation du sol en analysant de manière descriptive l'évolution temporelle des surfaces bâties et du sol nu ;
- d'identifier le type (ou stade d'évolution) des dunes existantes selon les communautés végétales présentes.

1.1. Plage de Rondinara

1.1.1 Généralités

Située sur la commune de Bunifaziu, la plage de Rondinara fait partie intégrante de la Réserve Naturelle des Bouches de Bunifaziu (RNBB) et de la zone Natura 2000 « Tre Padule de Suartone, Rondinara » au sein de laquelle ont notamment été identifiés 17 habitats naturels d'intérêt communautaire (dont 2 prioritaires : lagunes côtières et dunes littorales à *Juniperus spp.*) (DOCOB Natura 2000, 2015). Localisée au sud-ouest du golfe de Rondinara, la plage du même nom subsiste entre les rochers de la racine de la colline Punta di Rondinara au sud, et les rochers de la colline située juste au nord de l'embouchure transitoire (grau) de l'étang de Rondinara. Une émergence rocheuse sépare le quart nord du reste de la plage (Fig. 15). Relativement protégée des tempêtes et des fortes houles grâce aux collines et à l'étroitesse de l'ouverture du golfe, cette plage mesure environ 550m de long. Sa moitié sud est plus étroite (environ 15m de large) et de pente plus faible que sa moitié nord faisant environ 50m de large.

Hautement fréquentée en période estivale, cette plage voit cohabiter sur un espace relativement restreint végétation dunaire, dépôts de banquettes de Posidonie et activités balnéaires (restauration, loisirs, plaisance...).

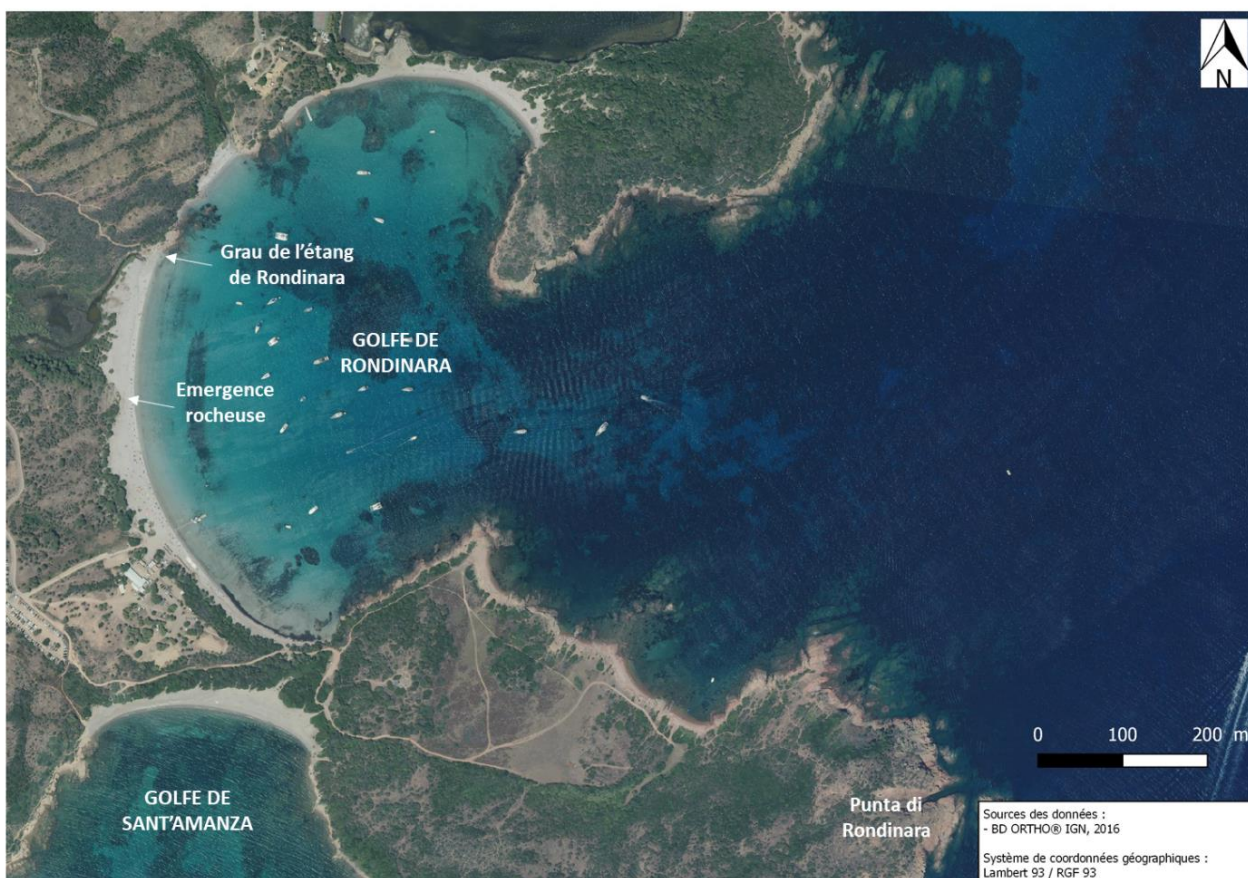


Figure 15 : Délimitation de la plage de Rondinara

1.1.2. Impacts anthropiques

L'étude de l'occupation du sol de la plage de Rondinara et de son intégration dans un contexte géographique plus large a permis et permet de quantifier les impacts de l'Homme sur la végétation dunaire et d'identifier les causes de ces impacts.

a. Impacts anciens (en 1994)

En 1994, PARADIS et PIAZZA avaient mis en évidence que, du fait de sa beauté paysagère et de son relatif éloignement à la route nationale N198, la plage de Rondinara représentait un site hautement fréquenté dès la fin du printemps. En effet, l'aménagement d'une piste d'assez bonne qualité et d'un parking en arrière plage ainsi que l'installation d'une buvette et d'un restaurant en bordure de plage ont contribué à rendre ce site facilement accessible et désiré.

De manière générale, les impacts recensés en 1994 étaient :

- la dégradation des espèces vivaces des *Ammophiletea* et des *Helichryso-Crucianelletea* lié au nettoyage de la plage au printemps via le ramassage des dépôts de Posidonie. La rareté de ces espèces vivaces favorisait le développement des thérophytes printanières des *Malcolmietalia* et des *Brometalia*);
- le piétinement des espèces vivaces et des thérophytes estivales du *Salsolo-Cakiletum* dû à la surfréquentation balnéaire ;
- l'éclaircissement des arbres et arbustes du fourré et la multiplication des chemins traversant lié au camping sauvage ;
- la nitrification du sable suite au pacage de bovins au printemps favorisant certaines espèces végétales comme *Scolymus hispanicus* et les thérophytes des *Brometalia*).

b. Impacts actuels (en 2019)

En 25 ans, de nombreux aménagements propices à l'augmentation de la fréquentation, notamment en période estivale, ont eu lieu.

b.1 Piste et parking :

La piste d'accès à la plage a été goudronnée (fig. 16) et le parking privé est devenu payant et s'est étendu dans d'anciens champs (Fig. 17).



Figure 16 : Piste d'accès à la plage anciennement en sable et aujourd'hui goudronnée



Figure 17 : Parking privé payant à la base de la piste menant à la plage

b.2 Bar-restaurant :

La surface occupée par la buvette et le restaurant s'est nettement agrandi depuis ces 20 dernières années. Aujourd'hui il s'agit d'un grand établissement considéré comme un « bar-restaurant ». En installant des transats et des matelas de plages abrités par

de nombreux parasols, celui-ci a littéralement monopolisé une grande partie de la moitié sud de la plage (Fig. 24). La construction d'un petit ponton menant à son restaurant et l'élargissement de la piste ont provoqué le comblement partiel d'un petit talweg présentant un petit ruisseau à écoulement temporaire ainsi que le comblement total d'une petite mare temporaire qui présentait l'espèce rare et protégée *Littorella uniflora*.

b.3 Petit commerce :

Un petit commerce vendant des chapeaux et divers habits d'été s'est installé sur la plage à côté du débouché du talweg parallèle à la piste et contribue lui-aussi à favoriser le piétinement (Fig. 24).

b.4 Pacage de bovins :

Le pacage de bovins semble avoir totalement disparu de la plage de Rondinara en raison de l'absence totale de végétation consommable.

b.5 Dépôts de débris de Posidonie :

Dans les années 2005-2010, des tas de débris de Posidonie ont été entassés directement sur la plage, tout le long de sa moitié septentrionale (Fig. 18). Ultérieurement, ces tas ont été groupés à l'extrémité nord. Mélangés à du sable, ils ont formé une grande butte, bien visible encore aujourd'hui (Fig. 24).



Figure 18 : dépôts d'aegagropiles de Posidonie en haut de plage

b.6 Fréquentation balnéaire :

La fréquentation de la plage se manifeste par un afflux de visiteurs via la terre et la mer très important en haute-saison, notamment durant les 2 mois d'été juillet et août. Ces personnes envahissent la plage où ils pratiquent des activités de loisirs (pédalos, baignade...) puis se restaurent. En raison de fortes températures et d'un très fort ensoleillement l'après-midi, les plagistes sont généralement contraints de rechercher de l'ombre sous les pins en haut de plage, ce qui entraîne le piétinement de nombreuses espèces végétales d'arrière plage (Fig. 19, 23 et 24).



Figure 19 : Plagistes à l'ombre sous les pins en haut de plage

b.7 Bilan :

Le résultat de cette surfréquentation est un piétinement exacerbé (Fig. 20) détruisant le biotope des espèces inféodées au littoral sableux (appartenant aux classes phytosociologiques des *Cakiletea maritima* et des *Euphorbio-Ammophiletea*).



Figure 20 : *Lotus cytisoides* piétiné

De plus, en septembre 2019, aucune espèce herbacée n'a été observée ni sur le haut de plage, ni en avant du maquis, et ni entre l'émergence rocheuse (au nord) et la limite de la plage (au sud). Le seul endroit où, à la fin de l'été, il reste un peu de végétation, se trouve au débouché du talweg longeant la piste menant à la plage et passant devant le grand bar-restaurant (groupement à *Juncus acutus* et *Scirpoides holoschoenus*) (Fig. 21 et 22).



Figure 21 : *Scirpoides holoschoenus*



Figure 22 : *Juncus acutus* et *Dittrichia viscosa*



Figure 23 : illustration de la fréquentation de la plage de Rondinara en août 2019

Il est donc apparu nécessaire, face à l'impact grandissant lié à cette fréquentation balnéaire, de caractériser les communautés végétales de ce cordon littoral afin d'évaluer l'état et l'évolution des habitats dunaires de la plage de Rondinara.

De plus, les dépôts de Posidonie (amas d'aegagropiles ou banquettes), faisant l'objet de déplacements mécaniques, de mécontentements de la part des baigneurs, mais également primordiaux pour le maintien et le développement de la flore dunaire, représentent un compartiment à considérer en accord avec la gestion de cette végétation.

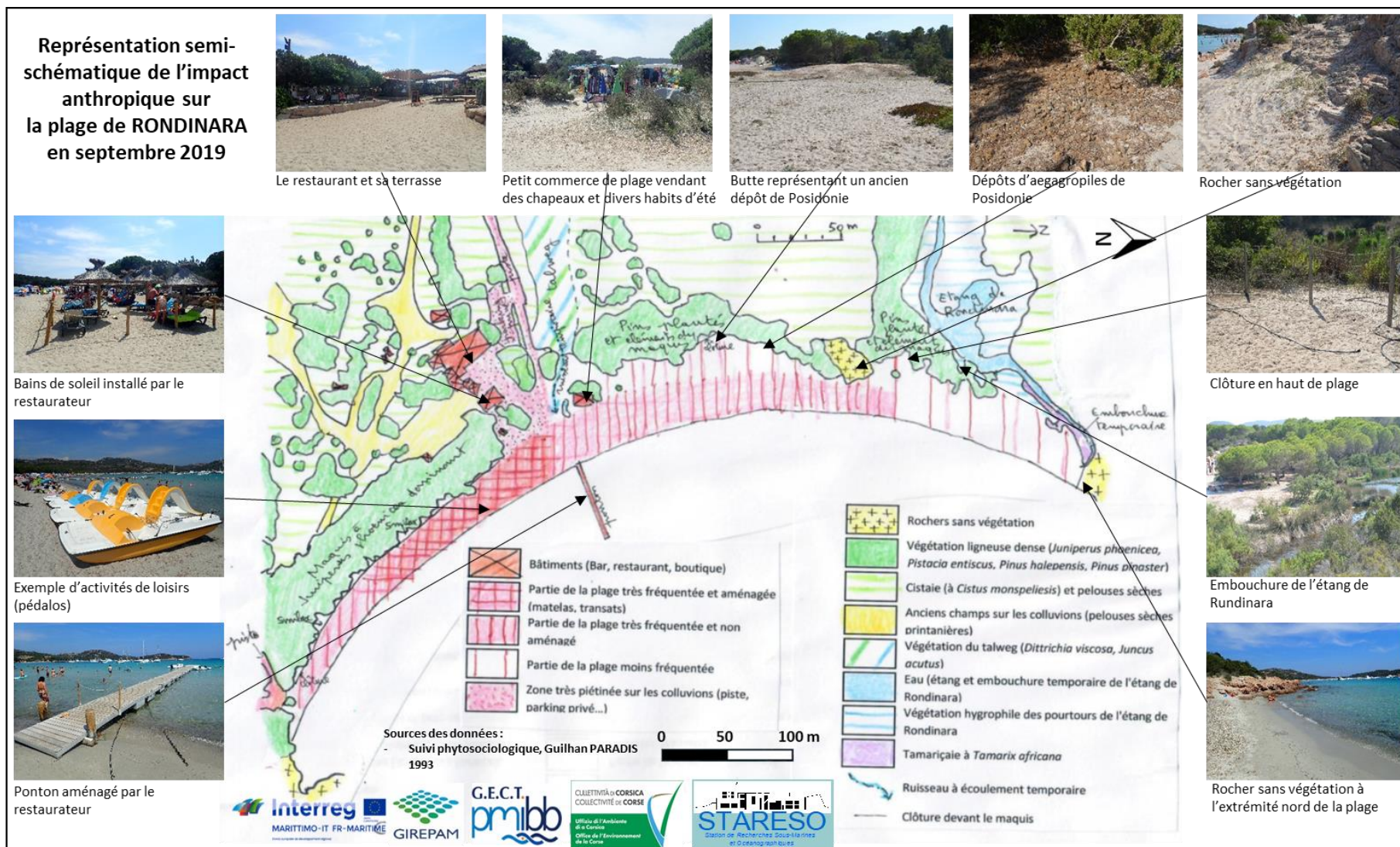


Figure 24 : Représentation semi-schématique de l'impact anthropique et de quelques éléments naturels de repère sur la plage de Rondinara en août 2019

1.1.3. Description de la végétation

La description de la végétation se base sur des relevés phytosociologiques détaillés, effectués le 5 septembre 2019, en suivant la méthode phytosociologique sigmatiste (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

La nomenclature taxonomique suit Flora Gallica (Tison & de Foucault, 2014) sauf pour *Lotus cytisoides* L. subsp. *conradiae* Gamisans, déterminés avec la Flora Corsica (Jeanmonod & Gamisans, 2013) et dénommés d'après cette flore.

La nomenclature syntaxonomique est, en général, celle du Prodrome des végétations de France (Bardat *et al.*, 2004), abrégée en PVF 2004.

Les habitats sont nommés selon divers référentiels hiérarchisés qui proposent une classification des habitats naturels :

- CORINE Biotopes (ENGREF, 1997) ;
- EUNIS (Conservatoire Botanique National de Corse, 2016) ;
- le Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne (Anonymous, 2007).

Ainsi, les cartes disponibles pour l'étude de la végétation sur la plage de Rondinara sont :

- les cartes de végétation de 1993 semi-schématique et digitalisée sous SIG à l'échelle 1/2500 ;
- les cartes de végétation de 2019 semi-schématique (Fig. 25) et digitalisée sous SIG à l'échelle 1/2500 qui correspondent à une synthèse des 3 cartes suivantes ;
- les 3 cartes de végétation de 2019 semi-schématiques de la partie nord, centrale et sud de la plage à l'échelle 1/700. Ces cartes « intermédiaires » ont été réalisées à une échelle plus précise pour avoir une représentation plus fine et fidèle de la réalité terrain (Fig. 25).

La digitalisation sous SIG (logiciel QGIS) des cartes de végétation de 1993 et 2019 à l'échelle 1/2500 a nécessité :

- l'implémentation et le géoréférencement de la carte semi-schématique sur SIG grâce à la prise de nombreux « points de calage » (Fig. 26). Cette manipulation permet de transformer la carte du format image au format raster correctement projetée et géoréférencée (Fig. 27 à gauche) ;
- le tracé des différents groupements végétaux (polygones) et relevés phytosociologiques (points) grâce à une superposition et à un jeu de transparence entre la carte au format raster et la dalle orthophotographique (photographie aérienne 2A-2016-1220-6065-LA93-0M20-E080) haute résolution (20cm) de 2016 (Fig. 27 à droite).
- le respect de la nomenclature en vigueur évoquée précédemment.

L'analyse du couvert végétal de 2019 et la comparaison de ces résultats actuels avec ceux de 1993 ont permis d'évaluer qualitativement et quantitativement l'évolution de la végétation sur la plage de Rondinara sur une période de 25 ans.

Le constat développé ci-après pourrait permettre l'émergence de propositions de mesures de gestion de la fréquentation humaines et des banquettes de Posidonie.

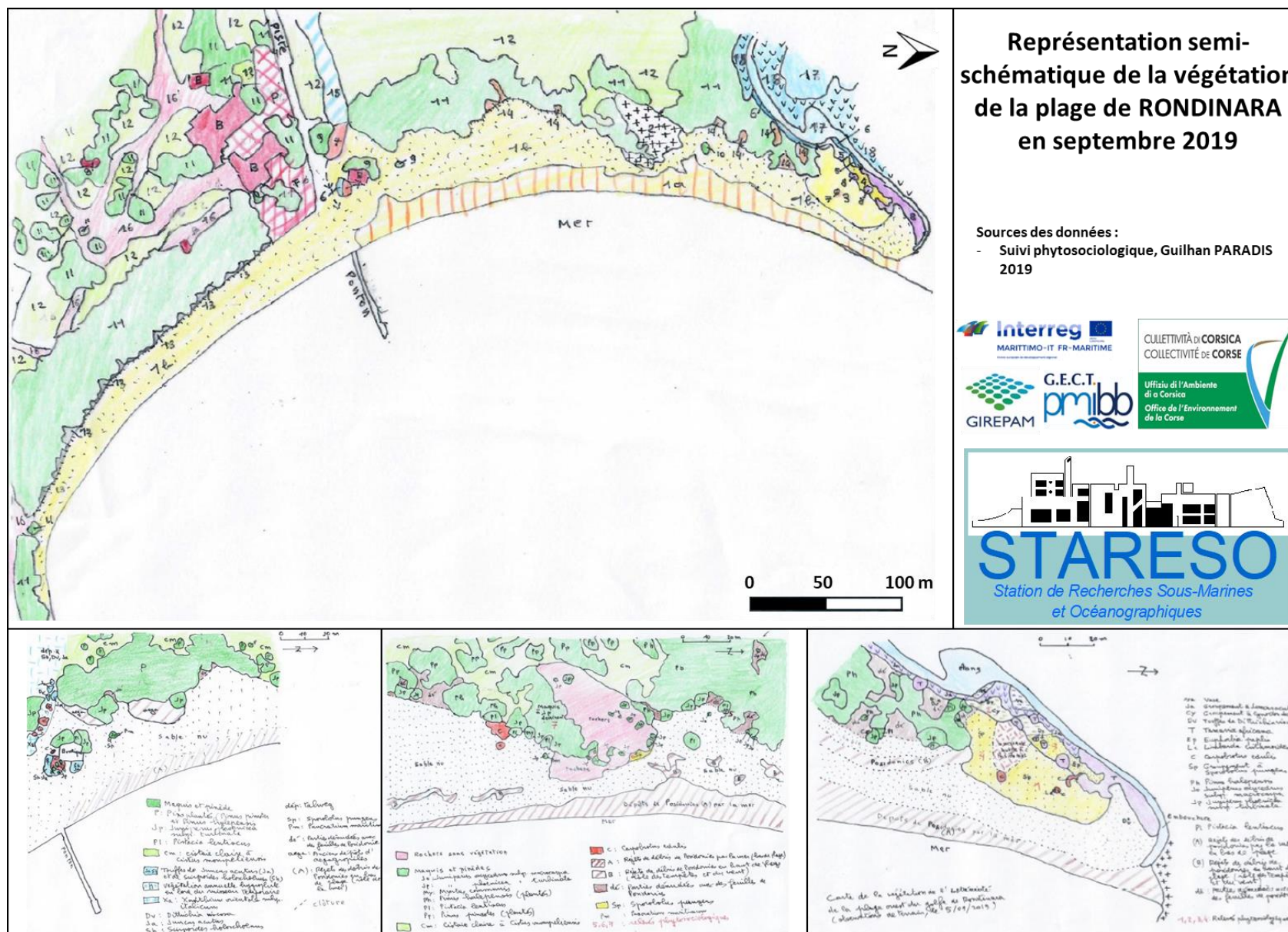


Figure 25 : Cartes semi-schématiques de la végétation de la plage de Rondinara à l'échelle 1/2500 (en haut) et 1/700 (en bas) de début septembre 2019 (Guilhan PARADIS, 2019)

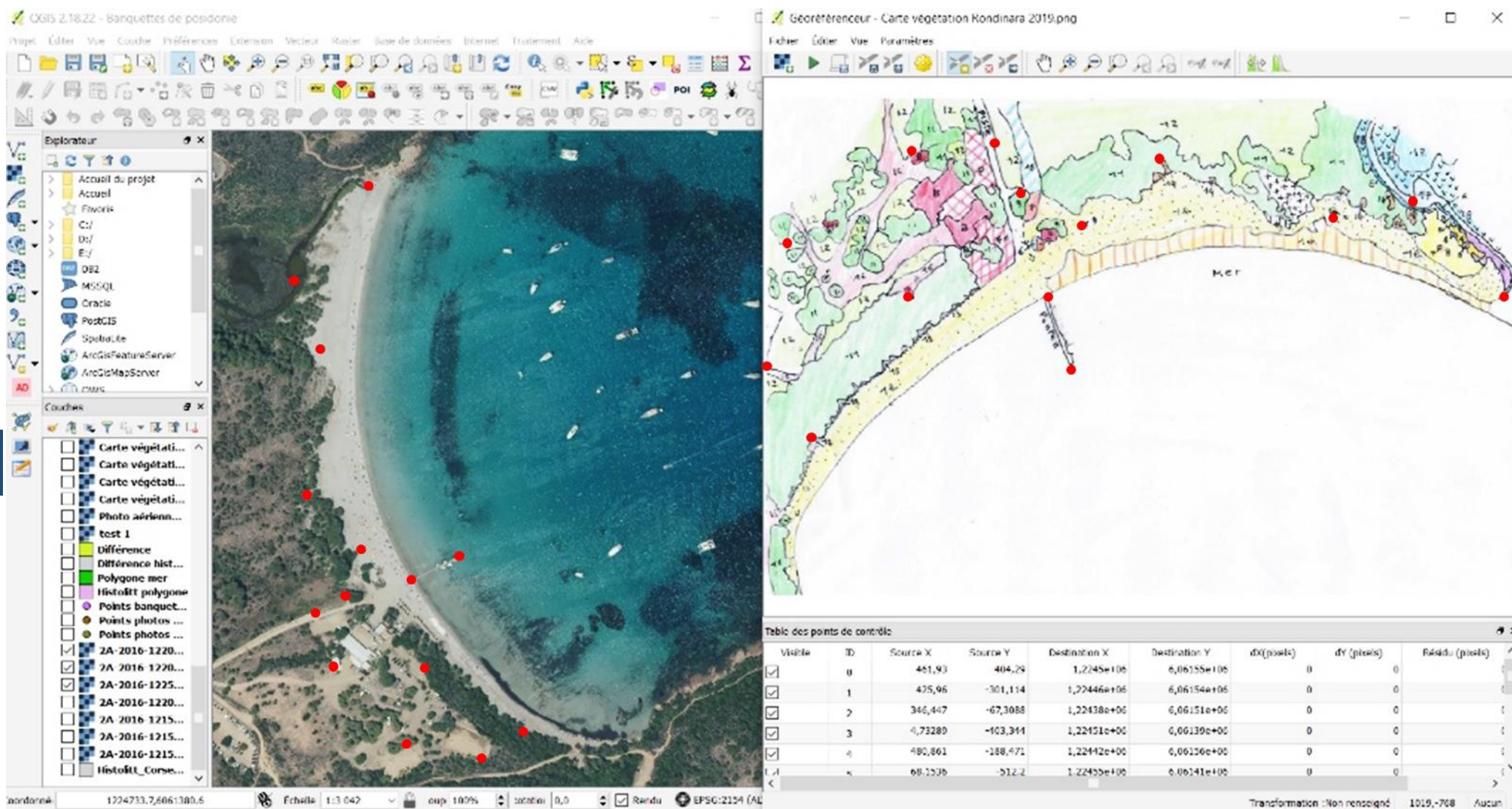


Figure 26 : Géoréférencement de la carte semi-schématique de la végétation de la plage de Rondinara à l'échelle 1/2500 (à droite) de septembre 2019 grâce à la prise de points de calage (points rouges) par rapport à l'orthophotographie haute résolution 2016 (à gauche)

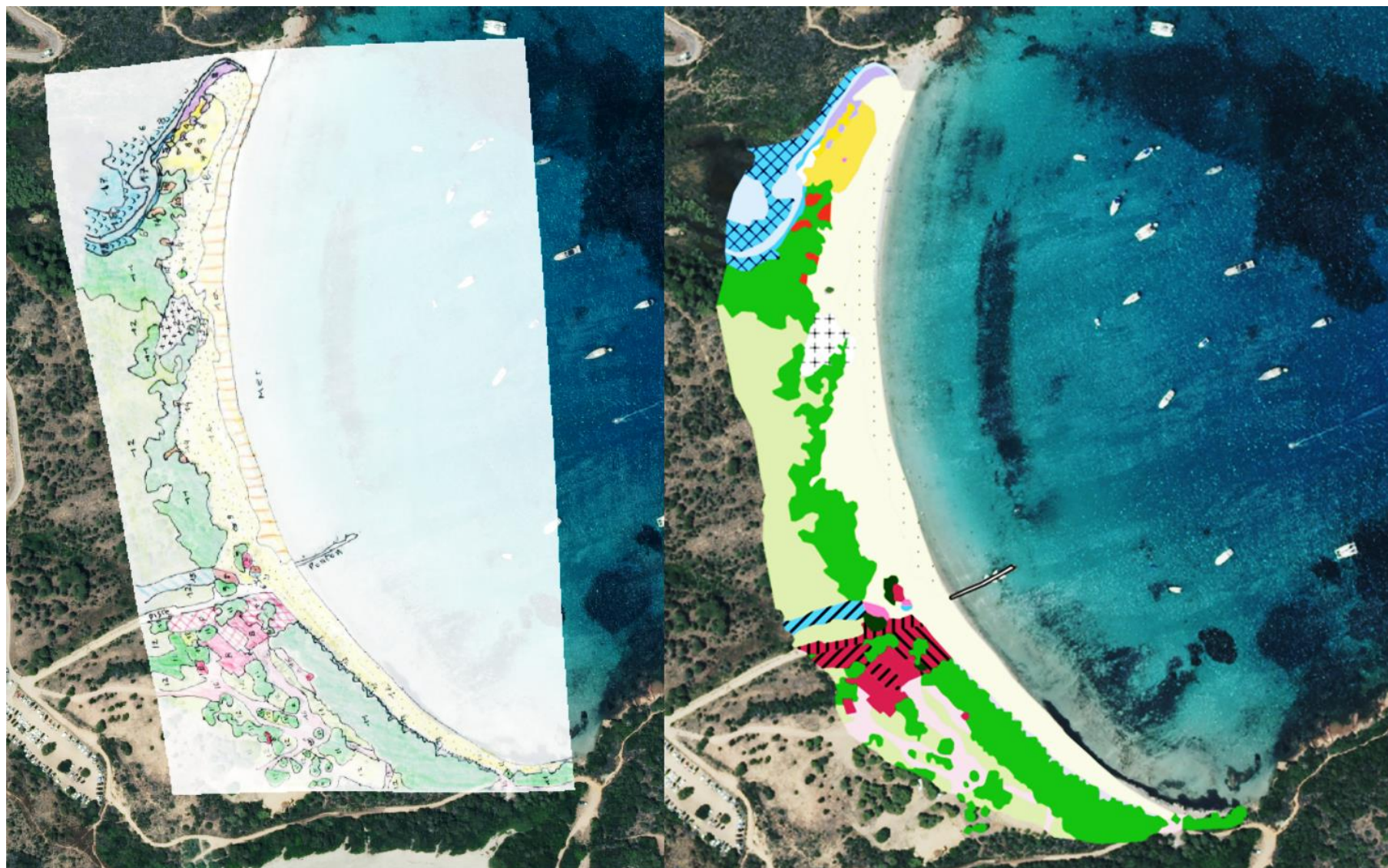

























Figure 27 : Carte semi-schématique de la végétation de la plage de Rondinara de début septembre 2019 correctement géoréférencée au format raster dans le système de projection Lambert 93 (à gauche) et la même carte digitalisée au format vecteur à l'échelle 1/2500 (à droite).

Légende carte de végétation de la plage de RONDINARA en septembre 2019

- 1  Sable nu recouvert, une partie de l'année, par des dépôts naturels de Posidonie
- 2  Sable très dénudé de la plage aérienne
- 3  Rochers sans végétation
- 4  Pelouse très claire à Sporobolus pungens dominant
- 5  Pelouse estivale claire à Euphorbia peplis
- 6  Pelouse à Cynodon dactylon et Plantago coronopus
- 7  Groupement à Juncus acutus, Scirpoides holoschoenus et Dittrichia viscosa
- 8  Griffe de sorcière (Carpobrotus edulis)
- 9  Tamaricaie à Tamarix africana
- 10  Juniperus phoenicea subsp. turbinata isolés
- 11  Maquis à Juniperus phoenicea subsp. turbinata, Pistacia lentiscus et pins plantés (Pinus halepensis et P. pinaster)
- 12  Cistaie (à Cistus monspeliensis) et pelouses sèches
- 13  Rentrant dans le maquis présentant Smilax aspera
- 14  Parties dénudées en avant du maquis et recouvertes de feuilles de Posidonie
- 15  Végétation du talweg (Dittrichia viscosa, Juncus acutus)
- 16  Anciennes pistes sur les colluvions
- 17  Eau (étang et embouchure temporaire de l'étang de Rondinara)
- 18  Végétation hygrophile des pourtours de l'étang de Rondinara
- 19  Bâtiments (bar, restaurant, boutique)
- 20  Très forte occupation estivale liée au bar et au restaurant)
- 21  Parking privé
- 22  Piste
- 23  Ponton

a. Description de la végétation en 2019

L'ensemble des résultats présentés ci-après sont observables sur les cartes de végétation digitalisées de 1993 et 2019 (Fig. 47 et 48)

a.1 Quart nord de la plage :

La seule portion de la plage montrant encore quelques espèces herbacées caractéristiques du littoral sableux est le quart nord de la plage, compris entre l'émergence rocheuse et le grau (embouchure) transitoire de l'étang de Rondinara (Fig. 28).

Cette portion de plage :

- est la plus éloignée de la piste d'accès à la plage, piste passant devant le bar-restaurant ;
- comporte la densité de touristes de loin la plus faible synonyme d'un

piétinement moindre et favorable au développement d'espèces littorales psammophiles (vivants dans un substrat sableux).

La proximité de l'étang et du grau permettrait au sable de rester plus longtemps humide et ainsi d'augmenter la capacité des espèces à réparer les blessures de leur appareil végétatif causées par le piétinement.

Au sein de différents secteurs de la plage, plusieurs grands groupements végétaux (ensemble d'espèces caractérisé par une espèce dominante et d'autres espèces de strates potentiellement différentes) ont été identifiés lors de relevés pour lesquels ont été précisés la surface considérée ainsi que le taux de recouvrement (en %).

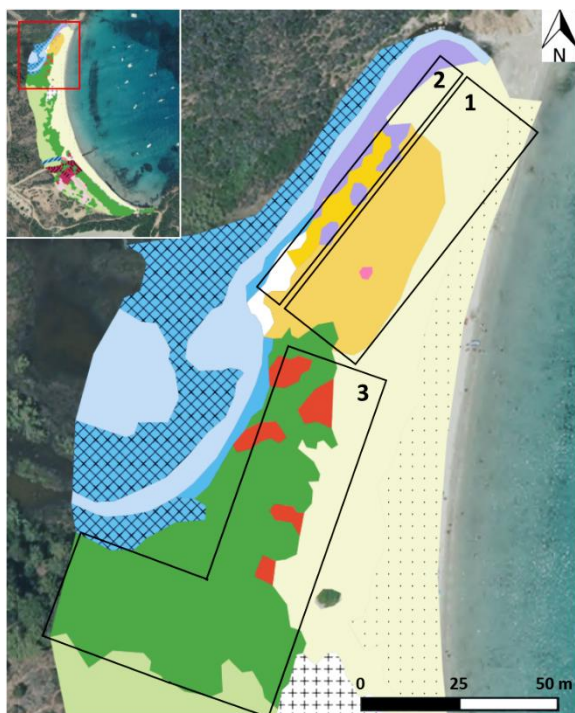


Figure 28 : Localisation des 3 secteurs étudiés sur la partie Quart nord de la plage.

a.1.1 **Secteur 1: Groupement clair à *Sporobolus pungens* sur le haut du cordon sableux (Fig. 29 ; Annexe 1) :**



Figure 29 : *Sporobolus pungens* identifiée sur le secteur 1 du quart nord de la plage de Rondinara

Le relevé 1 a été réalisé sur une très grande superficie entre la plage (à l'est), une ancienne butte d'accumulation de dépôts de Posidonie (au sud) et les tamaris de la rive droite du grau de l'étang (à l'ouest et au nord).

Surface : environ 600 m².

Recouvrement végétal : faible (de 30% à 40%).

Composition floristique :

Les espèces pérennes les plus représentées sont *Sporobolus pungens* et *Eryngium maritimum*.

Au sein de ce groupement persiste une grande touffe de *Limbarda crithmoides* et un tapis de *Carpobrotus edulis* (Fig. 30).



Figure 30 : Touffe de *Limbarda crithmoides* sur un tapis de griffes de sorcières (*Carpobrotus edulis*)

Une espèce annuelle protégée au niveau national a également été observée. Il s'agit de *Euphorbia peplis* (Fig. 31). Cette espèce est relativement abondante au sein du groupement avec environ 110 pieds recensés.



Figure 31 : Pieds de *Euphorbia peplis* menacés par le piétinement

Le relevé 2 a été réalisé entre l'ancienne butte d'accumulation de dépôts de Posidonie (au nord) et la végétation ligneuse dominée par *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* et *Pinus halepensis* (au sud).

Surface : environ 200 m².

Recouvrement végétal : environ 15 %.

Composition floristique :

Sept espèces pérennes ont été recensées dont *Sporobolus pungens* et *Medicago marina*, ainsi que 2 espèces annuelles : (*Euphorbia peplis*, *Kali australis* (= *Salsola kali*)).

Le relevé 3 a été effectué sur le sable surmontant les parties nord et nord-est de l'émergence rocheuse (Fig. 32).



Figure 32 : Partie nord de l'émergence rocheuse

Surface : 20 m²

Recouvrement végétal : 20 %

Composition floristique :

Seulement deux espèces ont été identifiées (*Sporobolus pungens* et *Medicago marina*)

Inclusion syntaxonomique relative au groupement à *Sporobolus pungens* :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 16.2112 (Dunes embryonnaires méditerranéennes).

Code Natura 2000 : 2110 (Dunes mobiles embryonnaires).

Code EUNIS : B1.312 (Dunes embryonnaires du domaine téthyen occidental).

a.1.2 Secteur 2 : Végétation du bord oriental de l'étang de Rondinara et du bas du cordon sableux (Lorenzoni et Paradis, 1996) (Fig. 33 ; Annexe 1) :

Peuplement de *Juncus acutus* en bordure de l'étang :

Une ceinture de très faible largeur à touffes de jonc aigu (*Juncus acutus*) peu denses est localisée au bas du cordon sableux en contact avec l'étang (Fig. 33).



Figure 33 : Jonc aigu (*Juncus acutus*) en bord d'étang

Un peu en arrière des juncs, s'observent *Scirpoides holoschoenus* et *Dittrichia viscosa* (Fig. 34 et 35).



Figure 34 : *Scirpoides holoschoenus*



Figure 35 : *Dittrichia viscosa* en arrière des juncs (*Juncus acutus*)

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE Biotopes : 15.53 (prairies
méditerranéennes salées).

Code EUNIS : A2.522 (marais salés
méditerranéens à *Juncus maritimus* et *Juncus
acutus*).

Peuplement de *Tamarix africana* en bordure de l'embouchure (grau) :

Les tamaris (*Tamarix africana*, espèce protégée au niveau national) constituent un peuplement monospécifique, très étendu sur la rive droite de l'embouchure temporaire (ou grau) de l'étang, au bas du sable. Quelques tamaris sont aussi situés sur la pente arrière du cordon sableux, à une altitude un peu plus haute.

Ces tamaris sont jeunes et n'étaient pas présents en 1993. Leur hauteur est comprise entre 1,5 m et 4 m et leur recouvrement varie de 80% à 100 % (Fig. 36).



Figure 36 : *Tamarix africana*

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE Biotopes : 44.81.31 (Fourrés de
tamaris ouest-méditerranéens).

Code Natura 2000 : 92DO.1 (Galeries et
fourrés riverains méridionaux).

Code EUNIS : F9.3131 (Fourrés ouest-
méditerranéens de Tamaris).

Groupement de bas de cordon à *Cynodon dactylon*, *Plantago coronopus*, *Polygonum aviculare* et *Dittrichia viscosa* (Annexe 2) :

Un relevé effectué entre l'ancienne butte d'accumulation de dépôts de Posidonie et la ceinture à *Juncus acutus* (sur 30 m², avec 40 % de recouvrement) montre :

- une pelouse dominée par des espèces à port couché sur le substrat : *Cynodon dactylon*, *Plantago coronopus* subsp. *coronopus*, *Polygonum aviculare*, *Lobularia maritima*, *Polygonum maritimum*, *Cakile maritima* ;
- quelques espèces dressées : *Dittrichia viscosa*, *Dittrichia graveolens*, *Glaucium flavum*.

Groupement de bas de cordon à *Euphorbia peplis* (Annexe 3) :

Un autre relevé effectué un peu plus au nord, entre les *Juncus acutus* et les *Tamarix africana* (sur 100 m² linéaire, avec 40 % de recouvrement) montre une pelouse à *Euphorbia peplis* très abondant (plus de 160 pieds) (Fig. 37).



Figure 37 : Pelouse à *Euphorbia peplis* entre les *Dittrichia viscosa* et les *Tamarix africana*

Présence de tapis de la griffe de sorcière (*Carpobrotus edulis*) :

Plusieurs petits tapis de *Carpobrotus edulis* sont présents, d'une part au haut de la plage dans le groupement à *Sporobolus pungens*, et d'autre part, à plus basse altitude, en contact avec le peuplement de *Tamarix africana* (Fig. 38).



Figure 38 : Tapis de *Carpobrotus edulis*

Il est bien connu que *Carpobrotus edulis* fait partie des espèces invasives les plus redoutables, qu'on recommande d'arracher (Muller, 2004 ; Fried, 2013 ; Jeanmonod & Gamisans, 2013).

a.1.3 Secteur 3 : Végétation ligneuse du sable (maquis) :

Relevé : effectué sur une surface de 100m² dont le taux de recouvrement végétal était de 80%, ce relevé a permis de recenser *Juniperus phoenicea*, *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Ruscus aculeatus* (Annexe 4).

Inclusion syntaxonomique :

Quercetea ilicis, *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*, *Juniperion turbinatae* (PVF 2004 : 56.o.2.o.4).

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 16.27 (Dunes à genévrier) ; 16.28 (Fourrés dunaires à sclérophylles).

Code Natura 2000: 2250 (Dunes littorales à *Juniperus* spp.).

Code EUNIS : B1.63 (Fourrés dunaires à *Juniperus*).

Rappel de la composition floristique générale du maquis des dunes de Rondinara :

- Pinus. Deux espèces de Pinus ont été plantées pour reboiser le site :
 - o *Pinus pinaster* (Pin maritime), planté anciennement (aux alentours des années 1980) dans la partie centrale, sur la dune haute (Fig. 39) ;



Figure 39 : *Pinus pinaster*

- o *Pinus halepensis* (Pin d'Alep), planté plus récemment (entre la fin des années 1990 et le début des années 2000), surtout dans la partie nord du cordon (Fig. 40).



Figure 40 : *Pinus halepensis*

- *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* (Genévrier de Phénicie). La présence de quelques individus, assez hauts et à troncs de diamètre non négligeable (20 cm), tout le long du site en arrière de la plage, permet de penser que ce genévrier correspond à l'espèce arbustive dominante colonisant naturellement la partie dunaire du site. Quelques petits individus, identifiés en 2019 ont certainement été plantés sur le sable.

Les collines environnant le golfe de Rondinara présentent des maquis très étendus, dominés par de nombreux genévriers de Phénicie. Ces maquis, caractéristiques de l'étage thermoméditerranéen, correspondent à la végétation climacique de cette microrégion (Paradis *et al.*, 2006).

- *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Genévrier oxycède à gros fruits), taxon protégé au niveau régional. On n'a observé que 5 individus, tous de très petite taille (moins de 1m de hauteur), localisés dans le quart nord sur le sable. Il s'agit d'individus plantés (Fig. 41).



Figure 41 : *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*

- *Pistacia lentiscus* (Lentisque). Les lentisques, sans être abondants, sont assez régulièrement répartis dans le

maquis sur le sable. Ils coexistent en plusieurs points avec les genévriers de Phénicie.

Un pied isolé de lentisque, de 0,9 m de hauteur, est présent en haut de plage (Fig. 42).



Figure 42 : *Pistacia lentiscus*

Arrosage des individus plantés

Le taux de réussite des jeunes pins et genévriers plantés étant généralement très faible sur le sable, les services forestiers les arrosent pour améliorer leurs chances de survie. En 2019, plusieurs longs tuyaux en caoutchouc ayant servi à cet arrosage demeurent encore sur le sable (Fig. 43).



Figure 43 : Tuyaux laissés sur la plage pour l'arrosage des jeunes pins et genévriers

Protection du maquis par une clôture

Une clôture grillagée généralement associée à un fil de fer barbelé a été placée en avant du maquis, tout le long de la plage, afin d'empêcher les touristes d'aller sous les pins

et les genévriers, pour ne pas nuire à leur régénération (Fig. 44).



Figure 44 : Clôture grillagée et fil barbelé

a.2 Partie centrale de la plage :

Cette portion de plage s'étend de l'émergence rocheuse (au nord) jusqu'au talweg présentant un minuscule ruisseau à cours temporaire (au sud) (Fig. 45).

En été, son occupation est très dense, même s'il n'y a ni matelas de plage, ni transats. A noter que plus aucune espèce herbacée n'y subsiste.

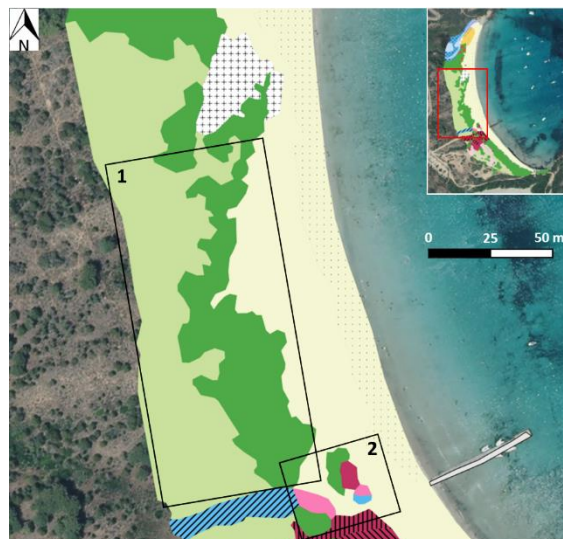


Figure 45 : localisation des 2 secteurs étudiés sur la partie centrale de la plage.

a.2.1 Secteur 1 : Maquis à *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* :

Sur le sable qui recouvre la partie méridionale de l'émergence rocheuse se trouve un maquis dominé par *Juniperus*

phoenicea subsp. *turbinata* et présentant *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis* et *Ruscus aculeatus*.

a.2.2 Secteur 2 : Groupement à *Juncus acutus* et *Scirpoides holoschoenus* (Annexe 5) :

A côté de la terminaison du ruisseau temporaire, le relevé effectué sur une surface de 70m² avec 80 % de recouvrement, a permis d'identifier :

- 5 espèces pérennes dressées (*Juncus acutus*, *Scirpoides holoschoenus*, *Dittrichia viscosa*, *Pancratium maritimum*, *Scolymus hispanicus*) ;
- 3 espèces pérennes basses (*Convolvulus soldanella*, *Lobularia maritima*, *Carpobrotus edulis*) ;
- 1 espèce annuelle (*Xanthium orientale* subsp. *italicum*), qui est une espèce exotique envahissant de très nombreuses plages (Fig. 46).



Figure 46 : *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (plante en haut et fruits en bas)

Au sud de la partie centrale de la plage, des individus de *Juniperus phoenicea subsp. turbinata* sont présents loin en avant du fourré, à proximité de la terminaison du ruisseau temporaire. Certains sont associés à *Pistacia lentiscus*. Un autre individu plus petit est isolé entre *Pancratium maritimum* et *Scirpoides holoschoenus*.

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 37.4 (Prairies humides méditerranéennes à grandes herbes).

a.3 Partie sud de la plage :

Le sud du site comprend (Fig.47) :

- la plage sableuse, saturée de monde à partir du mois de juin, et ne présentant aucun végétal herbacé ;
- un maquis dense, situé à une altitude un peu plus haute que la plage et séparé de celle-ci par une clôture en fils de fer barbelé.



Figure 47 : localisation de la partie sud de la plage.

Ce maquis colonise des colluvions. Il est dominé par *Juniperus phoenicea subsp. turbinata*, avec quelques *Pistacia lentiscus* (Annexe 4).

En arrière de la clôture, existent de petits rentrants plus ou moins dénudés et colonisés par *Smilax aspera*.

a.4 Conclusion :

En 2019, seul le quart nord de la plage de Rondinara présente des taxons protégés :

- *Euphorbia peplis* (Euphorbiacée), annuelle (thérophyte) dont le cycle de vie se déroule en été. En septembre 2019, nous avons compté plus de 250 pieds sur une surface pourtant de faible étendue ;
- *Tamarix africana* (Tamaricacée) forme un beau et jeune peuplement en rive droite du grau de l'étang ;

Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa (Cupressacée) est rare ici, avec seulement cinq individus qui ont été plantés.

L'étude ayant été réalisée à la fin de l'été, il n'a pas été possible de vérifier si l'espèce annuelle printanière protégée *Pseudorhaphis pumila* (Apiacée) était encore présente sur le site. Elle avait été mentionnée par Paradis & Piazza en 1994 dans leurs transects T1 et T3.

b. Comparaison de la carte de la végétation de 1993 et de la carte de 2019

Malgré des périodes et des durées de prospection différentes entre ces 2 années (au printemps les 30 et 31 mai pour 1993 et en fin d'été le 5 septembre pour 2019), la comparaison des cartes (Fig. 49 et 50) s'est justifiée en ce qui concernait les espèces pérennes et a permis d'analyser l'évolution des sols nus et artificialisés.

b.1 Evolution de la végétation :

La digitalisation des 2 cartes de végétation a permis de quantifier cette évolution grâce à la possibilité de calculer des surfaces pour chaque peuplement sur SIG. Néanmoins, ces derniers ayant été réalisés manuellement par jeu de transparence entre la carte semi-schématique et l'orthophotographie, il est important de nuancer ces résultats qui ne restent que des estimations (Fig. 49 et 50).

b.1.1 Progression de la couverture végétale entre 1993 et 2019 :

Alors qu'en 1993 le sable de la partie nord de la plage, compris entre la terminaison de l'étang et la mer, était totalement nu, en 2019, c'est là que se localisent la végétation dunaire et la tamarizaie.

Le groupement à *Sporobolus pungens* s'est étendu (de 278m² à 1101m²). Les tamaris (*Tamarix africana*) n'étaient pas présents en 1993 sur le bord de l'embouchure mais forment aujourd'hui un peuplement de superficie importante (371m²), et *Euphorbia peplis*, taxon caractéristique des *Cakiletea maritimae* non observé en 1993 malgré une recherche attentive, est abondant en 2019 au nord de la plage (168m²).

b.1.2 Stabilisation de la couverture végétale entre 1993 et 2019 :

Unité 24 en 1993 et unité 11 en 2019 : les espèces végétales ligneuses *Pistacia lentiscus* et maquis à *Juniperus phoenicea* ont des superficies à peu près identiques en 1993

(551,2m² à elles deux) et 2019 (805,6m² à elles deux).

Le groupement à *Scirpus holoschoenus* et *Juncus acutus* est au même endroit qu'en 1993, au haut de la plage aérienne, à proximité de la terminaison du ruisseau temporaire coulant dans le talweg parallèle à la piste.

Unité 28 en 1993 et unité 7 en 2019 : en 1993, les touffes de *Juncus acutus* étaient abondantes dans le talweg parallèle à la piste (104m²). En 2019, malgré une réduction de leur nombre, ces touffes y sont encore visibles (21m²).

Unité 29 en 1993 et unité 7 en 2019 : le scirpe, dont le nom actuel est *Scirpoides holoschoenus*, était abondant dans le talweg parallèle à la piste en 1993 (116m²). En 2019, il est toujours présent à cet endroit (21m²).

Unité 31 en 1993 et unités 7 et 9 en 2019 : en 2019, les *Juncus acutus* et les *Tamarix africana* sont beaucoup plus étendus en bordure de l'embouchure (505m² à eux deux) qu'en 1993 (70m² à eux deux).

b.1.3 Disparition de nombreuses unités de végétation entre 1993 et 2019 :

La comparaison des 2 cartes montre que beaucoup d'unités cartographiques identifiées en 1993 étaient absentes en 2019 et remplacées par du sable nu.

Le fait qu'aucun pied d'*Elytrigia juncea* (= *Elymus farctus*) n'ait été observé en 2019 signifie que l'association *Elymetum farcti* et ses variantes, n'existent plus sur le site. Ces unités 2, 3, 4 et 5 de 1993 représentaient pourtant une surface d'environ 1045m² au centre de la plage au sud de l'émergence rocheuse.

De plus, le travail de terrain de 2019 ayant été effectué à la fin de l'été, il n'était pas possible de vérifier si quelques annuelles printanières étaient encore présentes sur le site. Par contre, bien qu'observées dans le

quart nord de la plage en 1993, aucune pérenne des mosaïques à *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*, *Lotus cytisoides*, *Medicago marina*, *Echinophora spinosa*, *Lomelosia rutifolia* (= *Pycnocomon rutifolium*), *Asphodelus ramosus* n'a été observée en 2019. Ces unités 6 à 14 qui couvraient une superficie d'environ 2386m² en 1993 ont été totalement remplacés par du sable nu.

Alors qu'en 1993, les touffes de scrophulaire pérenne (*Scrophularia ramosissima*) (unité 19 de 1993) étaient nombreuses (342m²), en 2019, une seule touffe desséchée, donc morte, a été observée.

L'espèce pérenne *Pycnocomon rutifolium* (actuellement nommée *Lomelosia rutifolia*) (unité 20 de 83m² en 1993) n'a été observée nulle part en 2019.

b.1.4 Conclusion :

Malgré la progression et l'apparition de quelques espèces sur une surface d'environ 1639m², notamment au nord de la plage, de nombreuses espèces pérennes ont totalement disparu pour laisser place à du sable nu (Fig. 48). La surface perdue en couvert végétal est d'environ 4504m².

Cet impact est certainement lié à l'augmentation de la fréquentation balnéaire et au piétinement du couvert végétal. En effet, là où la fréquentation est la moins importante, la végétation s'est développé, et inversement.



Figure 48 : Evolution de la végétation sur la plage de Rondinara entre 1993 et 2019

b.2 Evolution d'autres unités cartographiques :

En 25ans, la piste est devenue très large et la superficie du bâtiment (bar-restaurant, terrasse...) s'est considérablement agrandie, passant de 174m² en 1993 à 1323m² en 2019.

Le parking pour les touristes a été déplacé plus à l'ouest.

En 2019, la superficie du sable nu s'est partout agrandie (d'environ 12594m² en 1993 à 12988m² en 2019), sauf dans le quart nord où la végétation a progressé.

En 2019, la terminaison de l'étang de Rondinara n'a pas changé par rapport à 1993.

La carte montre qu'en 1993, l'entassement des débris de Posidonie s'effectuait sur la plage du quart méridional du site qui, aujourd'hui, est largement occupé par les matelas de plage et les transats. Egalement, la butte de nettoyage à aegagropiles qui se trouvait face à la piste

d'accès à la plage, en rive gauche du ruisseau temporaire, a disparu. En 2019, aucun entassement n'a été observé. Les aegagropiles sont étalés un peu partout sur la plage.

1.1.4. Conclusion

La plage de Rondinara est une plage hautement fréquentée en période estivale. De nombreux visiteurs viennent s'y baigner, profiter du soleil et d'une eau chaude et translucide, pratiquer des activités de loisirs et se restaurer.

Néanmoins, la surfréquentation d'une plage relativement étroite comme celle de Rondinara n'est pas sans impact sur la végétation, et l'environnement de manière générale.

En effet, malgré la mise en place de clôtures et d'un système d'arrosage, la surpopulation estivale et l'augmentation de la surface bâtie provoquent le piétinement et la disparition de nombreuses espèces pérennes progressivement remplacées par du sable nu.

Pourtant, un avertissement avait été lancé en 1993 par Guilhan PARADIS comme quoi sans un rapprochement des clôtures vers la mer, protection somme toute limitée qui aurait pu permettre une recolonisation progressive du site par la multiplication des thérophytes, des chaméphytes (*Scrophularia ramosissima* et *Pycnocomon rutifolium*) et des arbustes (*Juniperus phoenica* et *Pistacia lentiscus*), « il est à craindre une perte de la valeur phytocoenotique et une diminution de la phytodiversité ».

La plage de Rondinara, site complexe où coexistent des dunes embryonnaires mobiles, des marais salés méditerranéens, des fourrés de Tamaris et des dunes littorales à *Juniperus* doit ainsi faire l'objet de mesures de protection.

Ainsi, face aux enjeux grandissant liés à la préservation de la végétation et aux banquettes de Posidonie, il apparaît nécessaire d'apporter des éléments de connaissance relatifs aux rôles écologiques que jouent ces banquettes et de réfléchir à un mode de gestion adapté permettant le maintien de leurs services écosystémiques en accord avec le respect de cette végétation dunaire.

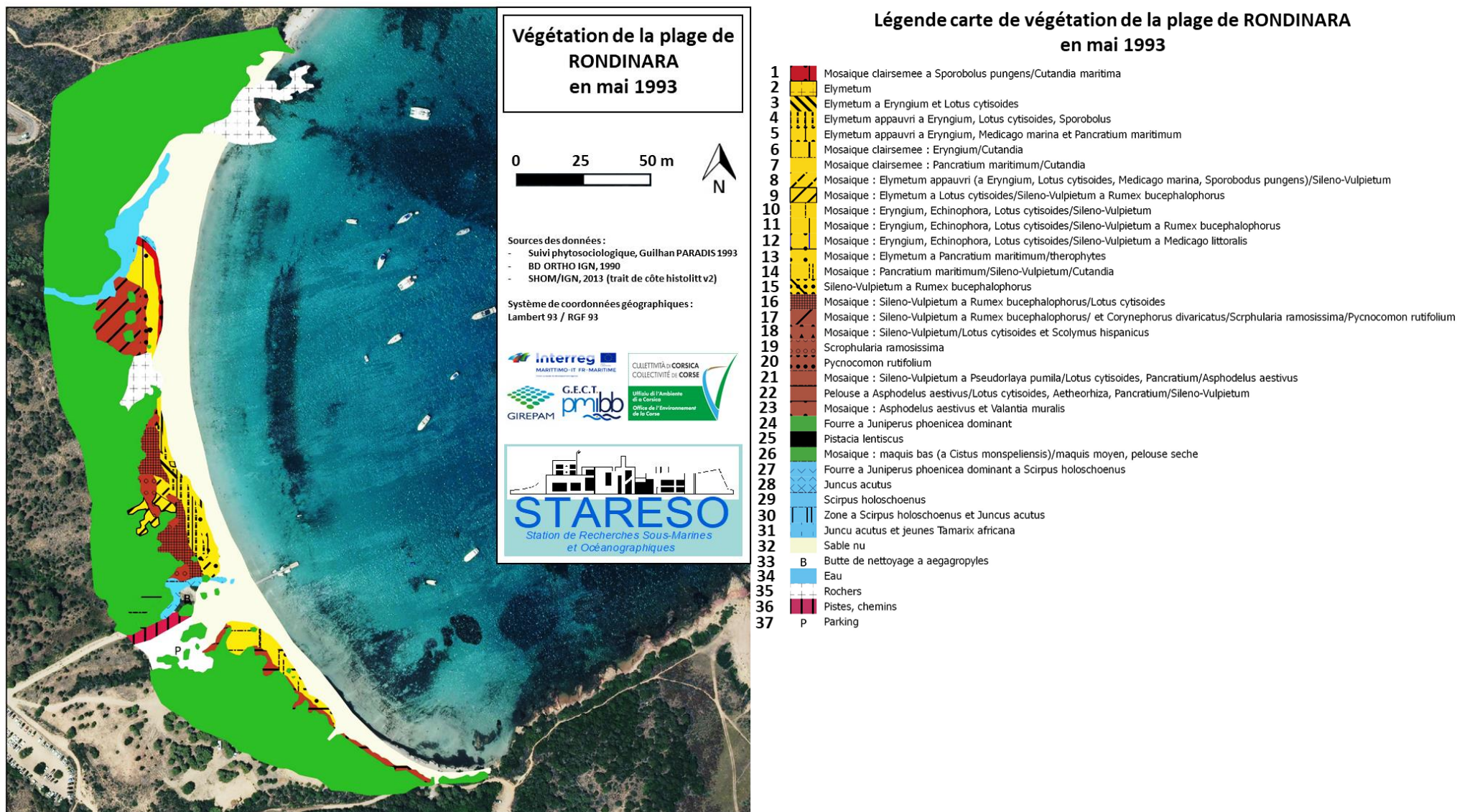


Figure 49 : Carte de la végétation de la plage de Rondinara en mai 1993

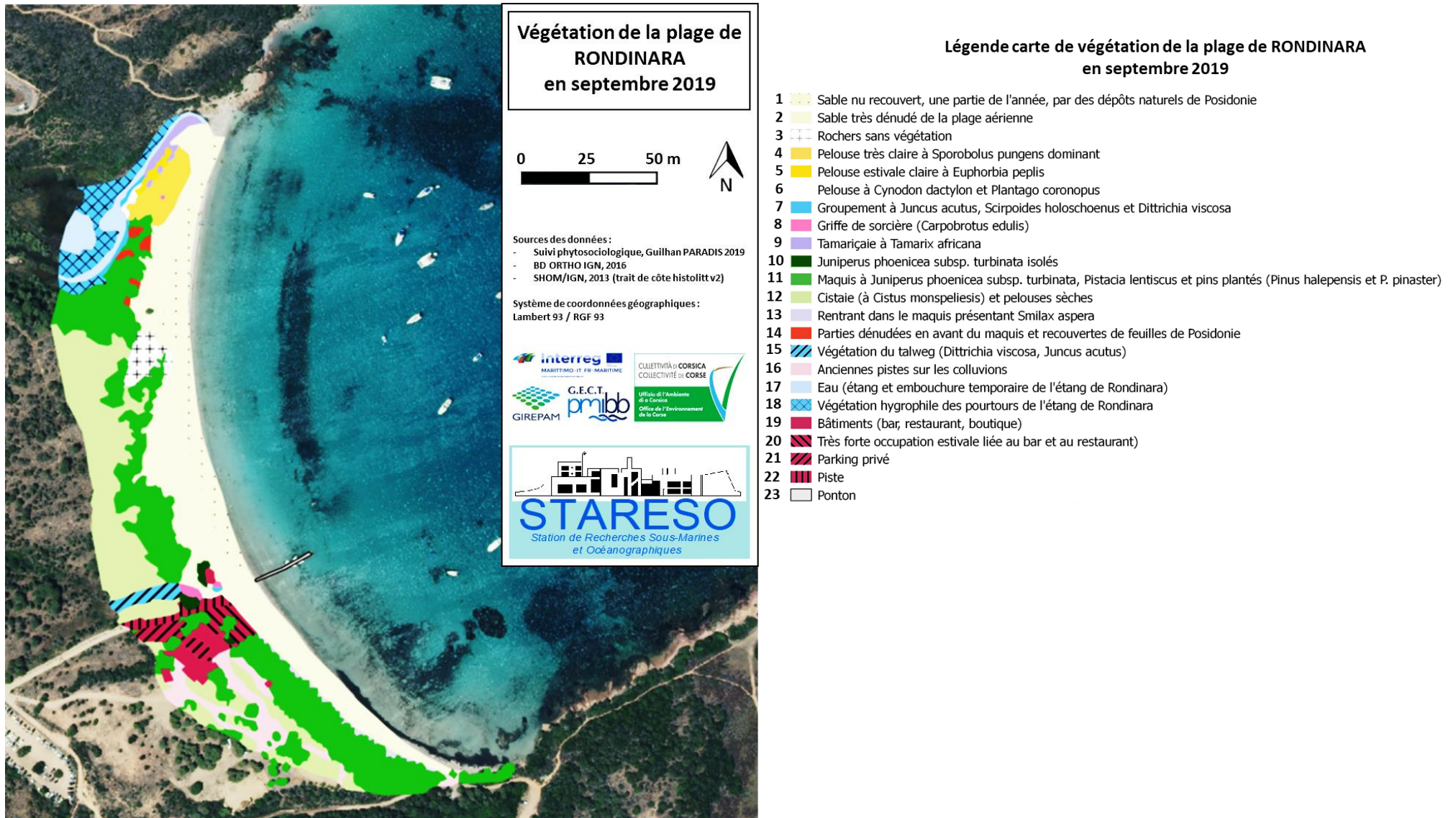


Figure 50 : Carte de la végétation de la plage de Rondinara en septembre 2019

1.2. Plage de Balistra

1.2.1. Généralités

Située également sur la commune de Bunifaziu, la plage de Balistra fait partie intégrante de la Réserve Naturelle des Bouches de Bunifaziu (RNBB). Localisée au nord du golfe de Sant' Amanza, la plage de Balistra est une flèche de sable (ou cordon littoral) isolant un étang (étang de Balistra) de la mer et résultant vraisemblablement d'une dérive littorale orientée du sud vers le nord (Fig. 51). Cette flèche prend appui à son extrémité méridionale sur les collines calcaires et en son centre sur un socle granitique (Fig. 52).

Les principaux vents responsables des houles viennent du sud-est (sirocco), de l'est (levante) et du nord-est (grecale). La houle générée par le sirocco est fortement déviée par la Punta di Cappiciolu.

La conjugaison des vents du sud-ouest et du sud-est contribue à redistribuer respectivement le sable de l'étang et de la mer en avant du cordon, et par conséquent, à entretenir cette flèche en limitant son érosion.

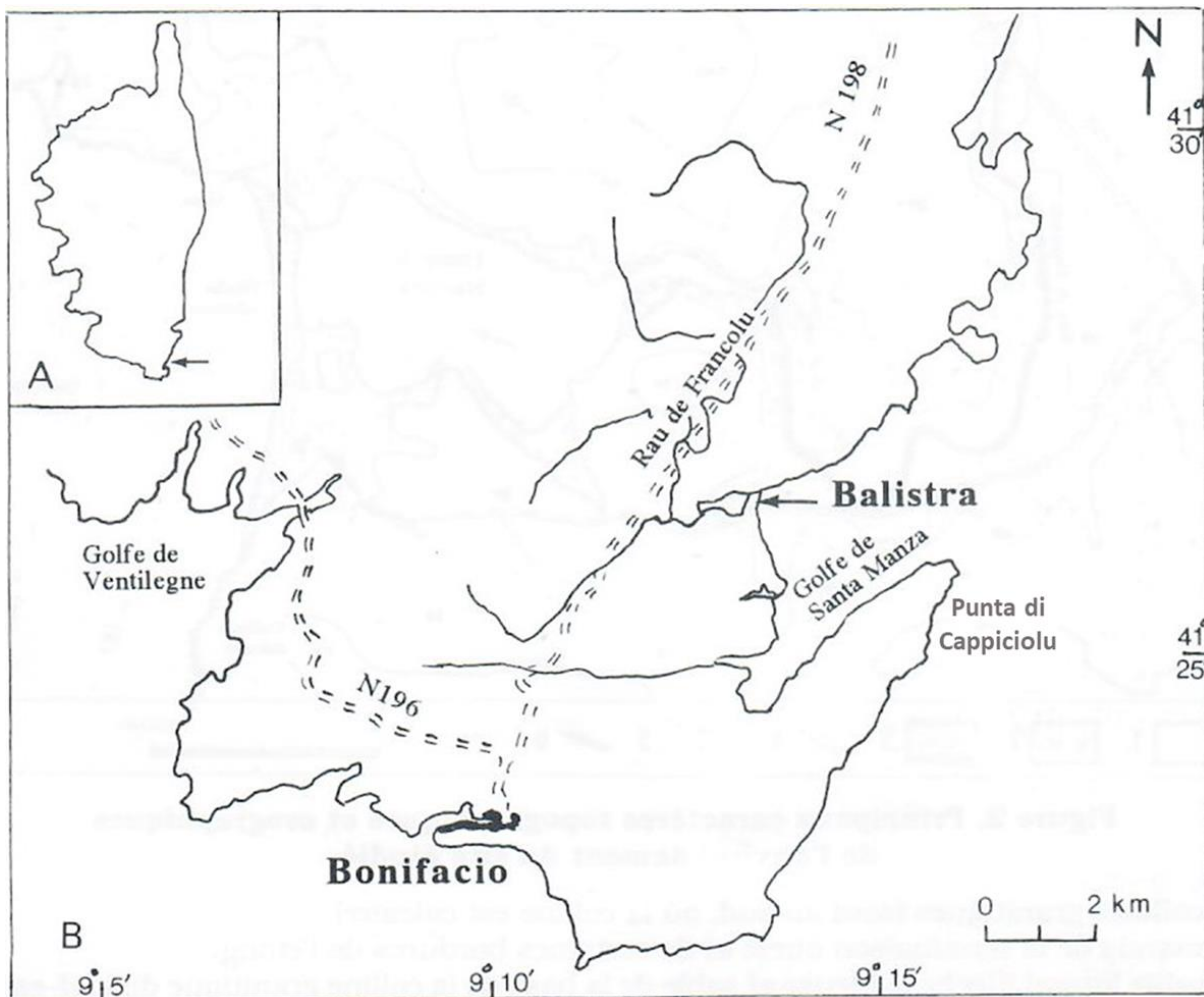


Figure 51 : Localisation de la plage de Balistra au sein du golfe de Sant' Amanza (carte issue l'Etude phytosociologique et cartographique d'un site littoral sableux en voie de dégradation anthropique : le cordon de Balistra (Sud de la Corse) de Piazza et Paradis, 1994)



Figure 52 : Délimitation de la plage de Balistra

1.2.2. Impacts anthropiques

L'étude de l'occupation du sol de la plage de Balistra et de son intégration dans un contexte géographique plus large a permis et permet de quantifier les impacts sur la végétation dunaire et d'identifier les causes de ces impacts.

a. Impacts anciens (en 1993)

En 1993, Paradis et Piazza avaient mis en évidence que, du fait de la création d'une piste depuis la route T10 (ancienne nationale N198) il y a de nombreuses années, la plage de Balistra était déjà un site hautement fréquenté dès la fin du printemps à partir du mois de mai.

L'aménagement d'un parking au débouché de la piste et tapissé de galets, de cailloux et de blocs, a entraîné l'érosion de cet ancien terre-plein, le recouvrement du sable de haut de plage par une variété de sédiments et finalement une modification de la végétation située à proximité.

De manière générale, les impacts recensés en 1993 étaient :

- la dégradation d'espèces vivaces telles que les oyats (*Ammophila*

arundinacea), les spartines (*Spartina patens*), les genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) ou les chênes verts (*Quercus ilex*) par le camping sauvage, le piétinement des estivants et le pacage de bovins. Ces oyats qui, anciennement devaient former de belles dunes, ne subsistent plus que sous forme de buttes dispersées et éloignées les unes des autres ;

- la mise à nue partielle du cordon par la circulation de véhicules 4x4 créant de vastes chemins parallèles et transversaux à la mer et à l'étang. Les opérations de nettoyage effectuées par la municipalité pour débarrasser la plage des débris de Posidonie à l'approche de l'été via des engins de type bulldozer ont fortement entaillé le cordon et favorisés des phénomènes de déflation.

b. Impacts actuels (en 2019)

Les impacts liés au camping sauvage, à la circulation des véhicules tout terrain et au pacage de bovins présents en 1993 ont aujourd'hui disparu.

Néanmoins, en 25 ans, quelques aménagements propices à l'augmentation de la fréquentation, notamment en période estivale, sont apparus.

b.1 Bar-restaurant :

La création d'un bar-restaurant d'une superficie non négligeable et ouvert généralement du mois de juin au mois de septembre a entraîné un afflux de visiteurs (Fig. 53). Cette fréquentation a provoqué une augmentation des surfaces dénudées sur le cordon, et la création de chemin dans le maquis à l'ouest et au sud de l'établissement (Fig. 54). Cette structure n'est pas démontée le reste de l'année et certaines personnes qui y travaillent vivent dans des caravanes situées en arrière de l'établissement et présentes sur site toute l'année.



Figure 53 : Bar-restaurant sur la plage de Balistra



Figure 54 : Chemin d'accès entre le parking et le bar-restaurant à travers le maquis

b.2 Terrain de beach-volley :

La mise en place d'un terrain de beach-volley a probablement perturbé le développement naturel du couvert végétal au centre de la plage à l'est du restaurant (Fig. 55).

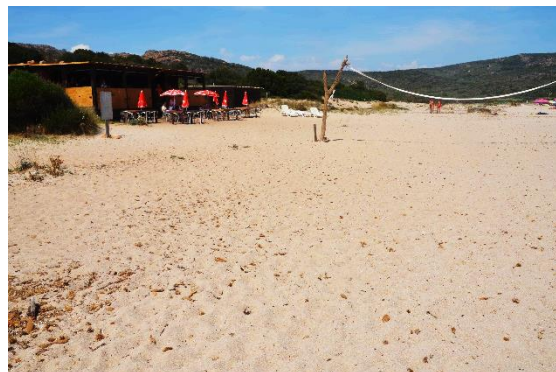


Figure 55 : Terrain de beach-volley juste devant le bar-restaurant

b.3 Wind-surf :

Durant l'été, des cours de wind-surf sont donnés dans la partie sud-est de l'étang, juste en arrière du cordon ou en mer selon les conditions de vent (Fig. 56 et 57). La pratique de ce sport nautique a engendré, via le piétinement de ces adeptes et la quantité de matériel nécessaire, la mise à nue du cordon à sa base et la création d'un chemin d'accès à



Figure 56 : Windsurfers en préparation pour pratiquer dans l'étang



Figure 57 : Windsurfers en préparation pour pratiquer en mer

l'étang à travers la végétation de direction sud-est/nord-ouest (Fig. 58).



Figure 58 : Matériel de wind-surf et chemin d'accès à l'étang

b.4 Parking :

Le parking, aujourd'hui de très grande taille, est en contact direct avec la plage et entraîne la dégradation de la végétation de haut de plage par érosion du substrat granitique et modification de la granulométrie (Fig. 59, 60 et 61).



Figure 59 : Parking en contact direct avec la plage



Figure 60 : Tapis pour l'accès aux PMR (Personnes à Moilité Réduite) en lien direct avec le parking

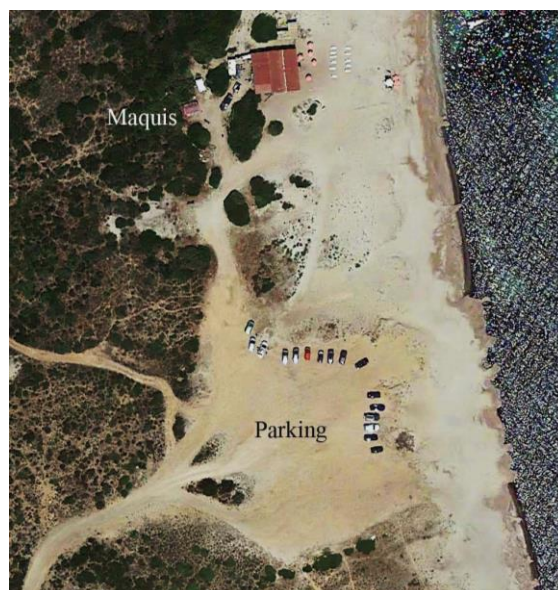


Figure 61 : Photographie aérienne de 2017 illustrant l'emprise du bar-restaurant et du parking ainsi que la création de chemins à travers la végétation

b.5 Poste de secours :

Le poste de secours qui prend place sur des fondations non démontables a également entraîné la dégradation de la végétation immédiate (Fig. 62).



Figure 62 : Poste de secours au sud du parking

b.6 Nettoyage de la plage :

Actuellement, les dépôts de Posidonie sont rejetés en plusieurs endroits, à l'arrière du cordon juste devant le maquis (Fig. 63) ou en haut de plage au sud du site (Fig. 64).



Figure 63 : Amas d'aegagropiles en arrière du cordon sableux, au pied du maquis



Figure 64 : Dépôts de Posidonie en haut de plage au sud du site

Ces opérations occasionnelles de déplacement réalisées depuis plusieurs années à l'aide de véhicules motorisés se déplaçant sur le cordon ne sont pas sans conséquence sur la végétation (Fig. 65).



Figure 65 : Traces de véhicules dans la végétation du cordon dunaire

b.7 Bilan :

Par rapport à l'étude de Piazza et Paradis de 1994, certains impacts ont cessés. Néanmoins, l'artificialisation de certaines surfaces et la surfréquentation estivale (Fig. 66) ont entraîné une augmentation du nombre de voies d'accès, une augmentation du piétinement, une extension de la dénudation du sable et un éclaircissement de tous les groupements végétaux.



Figure 66 : Forte fréquentation de la plage de Balistra à la fin du mois d'août avec des plagistes évitant les dépôts de Posidonie sur la plage (en bas à gauche) et d'autres que ça ne semble pas déranger (en bas à droite)

Il est donc apparu nécessaire, face à l'impact grandissant lié à cette fréquentation balnéaire, de caractériser précisément les communautés végétales de ce site afin d'évaluer l'état et l'évolution des habitats dunaires de la plage de Balistra.

De plus, faisant l'objet de déplacements mécaniques annuels, de mécontentements de la part de certains visiteurs (en bas de la Fig. 74), mais également primordiaux pour le maintien et le développement de la flore dunaire, les dépôts de Posidonie (amas d'aegagropiles ou banquettes) représentent un enjeu majeur à considérer en accord la végétation dunaire.

1.2.3. Description de la végétation

La description de la végétation de la plage de Balistra se base sur des relevés phytosociologiques détaillés (exactement 83), effectués le 27 août et le 5 septembre 2019, en suivant la méthode phytosociologique sigmatiste (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

La nomenclature taxonomique suit Flora Gallica (Tison & de Foucault, 2014) sauf pour *Lotus cytisoides* L. subsp. *conradiae* Gamisans, déterminés avec la Flora Corsica (Jeanmonod & Gamisans, 2013) et dénommés d'après cette flore.

La nomenclature syntaxonomique est, en général, celle du Prodrome des végétations de France (Bardat *et al.*, 2004), abrégée en PVF 2004.

Les habitats sont nommés selon divers référentiels hiérarchisés qui proposent une classification des habitats naturels :

- CORINE Biotopes (ENGREF, 1997) ;
- EUNIS (Conservatoire Botanique National de Corse, 2016) ;
- le Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne (Anonymous, 2007).

Les coefficients de recouvrement ont été calculés en suivant la pratique utilisée par Vanden Berghen, 1982 et Géhu, 2006.

Ainsi, les cartes disponibles pour l'étude de la végétation sur la plage de Balistra sont :

- les cartes de végétation de 1993 semi-schématique et digitalisée sous SIG à l'échelle 1/2500 ;
- la carte de végétation de 2019 digitalisée sous SIG à l'échelle 1/2500 qui correspondent à une synthèse des 4 cartes semi-schématiques suivantes (à droite Fig. 67) ;
- les 4 cartes de végétation de 2019 semi-schématiques des parties nord, centrales et sud de la plage à l'échelle

1/700. La plage de Balistra étant relativement grande, ces cartes « intermédiaires » ont été réalisées à une échelle plus précise pour avoir une représentation plus fine et fidèle de la réalité terrain (à gauche Fig. 67).

La digitalisation sous SIG (logiciel QGIS) des cartes de végétation de 1993 et 2019 à l'échelle 1/2500 a nécessité :

- l'implémentation et le géoréférencement de la carte semi-schématique sur SIG grâce à la prise de nombreux « points de calage ». Cette manipulation permet de transformer la carte du format image au format raster correctement projetée et géoréférencée (au centre Fig. 67) ;
- le tracé des différents groupements végétaux (polygones) et relevés phytosociologiques (points) grâce à une superposition et à un jeu de transparence entre la carte au format raster et la dalle orthophotographique (photographie aérienne 2A-2016-1220-6065-LA93-0M20-E080) haute résolution (20cm) de 2016.
- le respect de la nomenclature en vigueur évoquée précédemment.

L'analyse du couvert végétal de 2019 et la comparaison de ces résultats actuels avec ceux de 1993 ont permis d'évaluer qualitativement et quantitativement l'évolution de la végétation sur la plage de Balistra sur une période de 25 ans.

Le constat développé ci-après pourrait être à l'origine de la mise en œuvre de mesures de gestion propre au site de Balistra ou semblables à celles de Rondinara.

Végétation de la plage de BALISTRA en août 2019

Sources des données :

- Suivi phytosociologique, Guilhan PARADIS, 2019
- BD ORTHO IGN, 2016
- SHOM/IGN, 2013 (trait de côte histolitt v2)

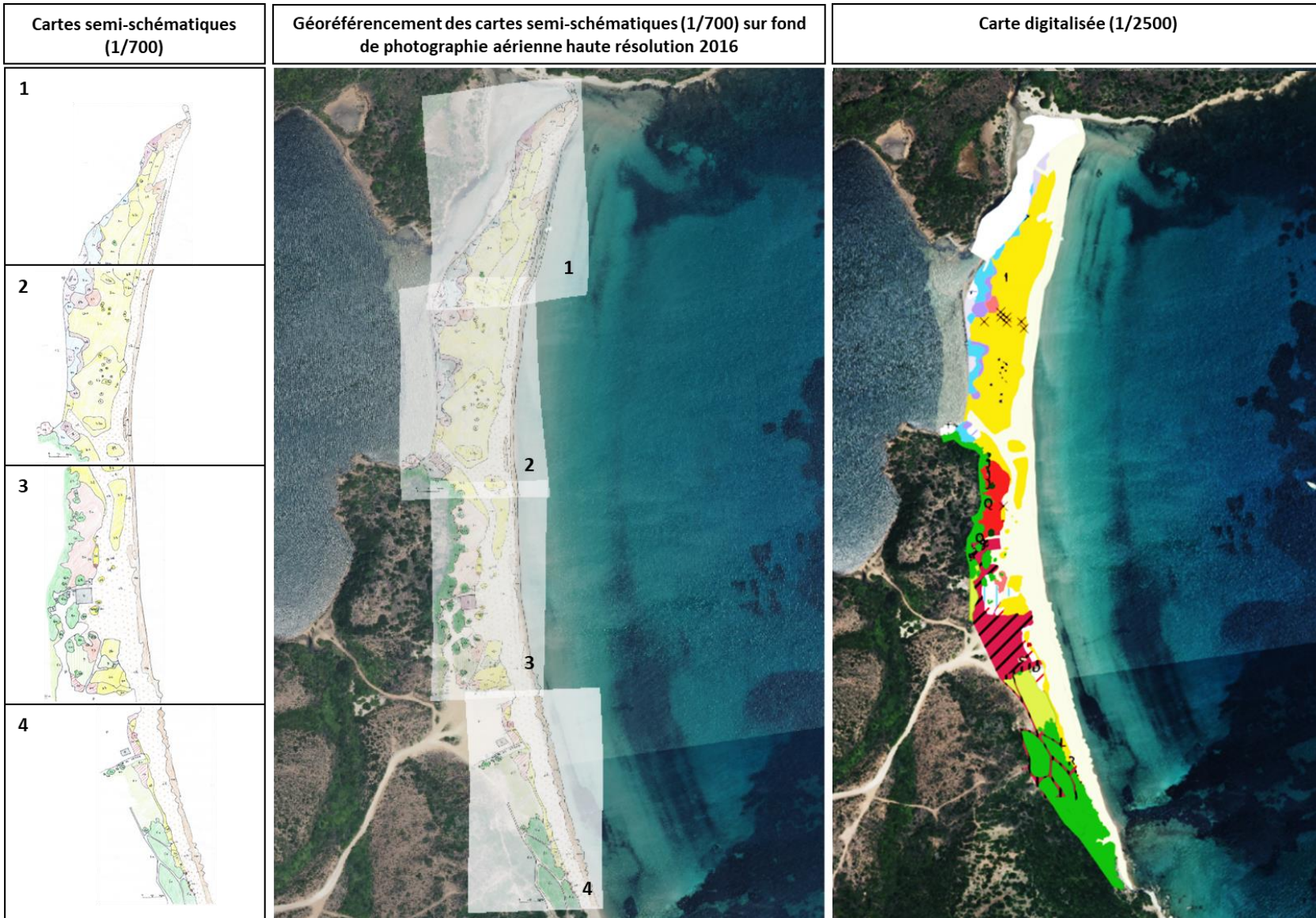


Figure 67 : Cartes semi-schématiques de la végétation de la plage de Balistra en 2019 à l'échelle 1/700 (à gauche), géoréférencement de ces cartes sur base d'orthophotographie aérienne haute résolution de 2016 (au centre) et digitalisation à l'échelle 1/2500 (à droite) (Guilhan PARADIS, 2019)

Légende carte de végétation de la plage de BALISTRA en août 2019

1	Sable nu recouvert, une partie de l'année, par des dépôts naturels de Posidonie
2	Sable très dénudé (plage aérienne; cordon devant le bar-restaurant; "chemins")
3	Pelouse claire à <i>Sporobolus pungens</i> dominant (<i>Sporoboletum arenarii</i>)
4	Pelouse claire à <i>Sporobolus pungens</i> et <i>Elytrigia juncea</i> dominants (<i>Sporobolo-Elymetum farctii</i>)
5	Pelouse claire à <i>Eryngium maritimum</i> et <i>Elytrigia juncea</i> dominants (<i>Eryngio-Elymetum farctii</i>)
6	Pelouse claire à <i>Achillea maritima</i> dominant (<i>Eryngio-Elymetum farctii</i> à <i>Achillea maritima</i>)
7	Groupe à <i>Limbarda crithmoides</i> et <i>Elytrigia juncea</i> (<i>Inulo crithmoidis-Elymetum farctii</i>)
8	Groupe à <i>Eryngium maritimum</i> et <i>Echinophora spinosa</i>
9	Groupe à <i>Polygonum maritimum</i>
10	Buttes éoliennes à touffes d' <i>Ammophila arundinacea</i> au sein des groupements à <i>Elytrigia juncea</i>
11	Groupe très clair à <i>Helichrysum italicum</i> et <i>Scrophularia ramosissima</i>
12	Groupe très clair à <i>Lomelosia rutifolia</i>
13	Maquis divers: à <i>Pistacia lentiscus</i> , à <i>Phillyrea angustifolia</i> , à <i>Myrtus communis</i> , à <i>Quercus ilex</i>
14	Maquis à <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> dominant (<i>Juniperion turbinatae</i>)
15	Cistaie et pelouse de substitution au maquis bas très dégradé
16	Groupe dense à <i>Spartina patens</i> et espèces de zones humides saumâtres
17	Groupe clair à <i>Spartina patens</i> et espèces des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>
18	Groupe à <i>Spartina patens</i> et <i>Limbarda crithmoides</i> abondant
19	Végétation pionnière sur des portions assez récemment perturbées (creusements, dépôts de Posidonies)
20	Mosaïque: à <i>Dittrichia viscosa</i> , à <i>Asphodelus ramosus</i> , à <i>Elytrigia acuta</i>
21	Groupements à <i>Cynodon dactylon</i>
22	<i>Carpobrotus edulis</i>
23	Eau (étang de Balistra et son embouchure temporaire)
24	Vase dénudée dans une petite dépression, en bordure de l'étang
25	Buttes de faible étendue à touffes d' <i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>
26	Rochers granitiques
27	Bâtiment: bar-restaurant
28	Parking et zones de passage à proximité du bar-restaurant (sur terre tassée, issue des colluvions)
29	Piste d terre
30	b Caravanes utilisées par le personnel du bar-restaurant et restant ici toute l'année
31	S Poste de secours (été 2019)
32	R Parpaings de la base d'une construction qui n'a pas été terminée
33	D <i>Dittrichia viscosa</i>
34	f <i>Sarcocornia fruticosa</i>
35	J <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i>
36	L <i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>
37	I <i>Pistacia lentiscus</i>
38	Q <i>Quercus ilex</i>

a. Description de la végétation en 2019

L'ensemble des résultats présentés ci-après sont observables sur les cartes de végétation digitalisées de 1993 et 2019 (Fig. 95 et 96) et en annexe 6. Contrairement à Rondinara où la description a été faite par secteur, ici, en raison de l'étendue du site, il s'agira d'une caractérisation par groupement à l'échelle de la plage entière.

Comme évoqué précédemment, la plage de Balistra présente une grande extension de sables nus et une fragmentation de nombreux groupements. De plus, pour comprendre l'absence de zone dunaire

continue à oyats (*Ammophila arundinacea*) et la présence de multiples petites buttes dispersées présentant ce taxon, il est nécessaire de tenir compte des nombreux impacts subit par le site depuis très longtemps et venant d'être listés.

Néanmoins, la zonation de la végétation reste relativement visible. Il est ainsi possible d'observer les groupements suivants :

- *Sporoboletum arenarii* ;
- *Sporobolo-Elymetum* ;
- *Eryngio-Elymetum farctii* à *Achillea maritima* ;
- *Eryngio-Elymetum farctii typicum* ;

- *Elymetum farcti* à *Limbarda crithmoides* ;
- groupement à *Limbarda crithmoides* ;
- groupement plus ou moins dense à *Spartina patens* ;
- *Eryngio-Elymetum farcti* à *Polygonum maritimum* ;
- groupement très clair pouvant être inclus dans *l'Helichryso italici-Scrophularietum ramosissimae*.

a.1 Groupement à *Sporobolus pungens* (*Sporobolus arenarii*) (Annexe 7) :

Le sporobole piquant *Sporobolus pungens* (ancien nom : *Sporobolus arenarius*) est une poacée géophytique à long rhizome horizontal (traçant), qui émet des tiges feuillées orthotropes se terminant par une inflorescence en été (Fig. 68). Le rhizome permet ainsi à la plante de ne pas trop souffrir des piétinements. Le sporobole est fréquemment utilisé comme indicateur de la fréquentation d'un site littoral. En effet, ici, *S. pungens* est abondant sur le sable pur, sur le sable recouvert d'aegagropiles ainsi que sur le sable mélangé à de la terre issue de l'érosion des colluvions ayant servi pour le parking. *S. pungens* a été observé :

- en arrière de la plage aérienne (Annexe 7 : relevés 1 et 2) ;
- sur le revers du cordon, assez près de l'étang (Annexe 7 : relevés 3 et 4) ;
- au bas de la colline du sud du site (Annexe 7 : relevés 5).



Figure 68 : *Sporobolus arenarii*

Inclusion syntaxonomique :

Euphorbio-Ammophiletea, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Sporobolienion arenarii* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.1). Ce groupement correspond à l'association *Sporoboletum arenarii* (Arènes 1924) Géhu & Biondi 1994.

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 16.2112 (Dunes embryonnaires méditerranéennes).

Code Natura 2000 : 2110 (Dunes mobiles embryonnaires).

Code EUNIS : B1.312 (Dunes embryonnaires du domaine téthyen occidental).

a.2 Groupement à *Sporobolus pungens* et *Elytrigia juncea* (*Sporobolus pungentis-Elymetum farcti*) (Annexe 8) :

Ce groupement ressemble au précédent par sa structure mais *Elytrigia juncea* (ancien nom : *Elymus farctus*) est bien représenté car il présente un plus grand nombre d'espèces (en moyenne 7,3) (Fig. 69). La constance et l'abondance d'*Eryngium maritimum* (Fig. 70) ont permis de supposer qu'il s'agissait d'un groupement de substitution à *l'Eryngio maritimi-Elymetum farcti*



Figure 69 : *Elytrigia juncea*



Figure 70 : *Eryngium maritimum*

Sur la plage de Balistra, ce groupement se localise au nord du site (Annexe 8, relevés 1 à 4), devant le parking (relevés 5, 6 et 8), et au haut de la plage aérienne au sud du site (relevés 7, 9 et 10).

Trois annuelles d'été caractéristiques des *Cakiletea maritimae* (*Kali australis*, *Euphorbia peplis* et *Cakile maritima*) ont été observées (Annexe 8).

Inclusion syntaxonomique :

Euphorbio-Ammophiletea, *Ammophiletalia australis*, *Ammophilion australis*, *Sporobolo arenarii-Elymenion farcti* (PVF 2004: 25.0.1.0.2.2). Ce groupement correspond à l'association *Sporobolo pungentis-Elymetum farcti* (Braun-Blanquet 1933) Géhu et al. 1984.

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 16.2112 (Dunes embryonnaires méditerranéennes).

Code Natura 2000 : 2110 (Dunes mobiles embryonnaires).

Code EUNIS : B1.312 (Dunes embryonnaires du domaine téthyen occidental).

a.3 Groupement à *Eryngium maritimum* et *Elytrigia juncea* (*Eryngio maritimi-Elymetum farcti*) :

a.3.1 Groupement à *Eryngium maritimum* et *Elytrigia juncea typicum* (Annexe 9) :

Ce groupement est largement dominé par les deux espèces caractéristiques et présente un nombre moyen de taxons égal à 7,4. Ce groupement est ici bien représenté, notamment dans la partie centrale du cordon. Il s'agit de la sous-association *typicum* au sein de l'association *Eryngio maritimi-Elymetum farcti* (Géhu 1987).

a.3.2 Groupement à *Eryngium maritimum* et *Echinophora spinosa* (Annexe 9) :

Echinophora spinosa (Fig. 71) est présent dans le groupement précédent avec une fréquence de 66%.

Le relevé 11 effectué dans la partie centrale au sud-est de l'étang, là où les passages pour se rendre aux activités de wind-surf sont très fréquents, a montré l'abondance d'*Eryngium maritimum* mais l'absence locale d'*Elytrigia juncea* probablement éradiqué par les piétinements.



Figure 71 : *Echinophora spinosa*

a.3.3 Groupement à *Eryngium maritimum* et *Sporobolus pungens* (Annexe 9):

A l'image du précédent groupement, le relevé 12, effectué très près du restaurant et montrant des abondances d'*Eryngium maritimum* et de *Sporobolus pungens* ainsi que l'absence d'*Elytrigia juncea*, illustre les probables conséquences du piétinement à l'origine de la dégradation de certaines espèces et de la persistance d'autres espèces dominantes.

a.3.4 Groupement à *Eryngium maritimum*, *Elytrigia juncea* et *Achillea maritima* (Annexe 10):

Achillea maritima (ancien nom : *Otanthus maritimus*) (Fig. 72 et 73) est assez bien représentée sur le cordon, surtout dans la partie centrale et relativement proche de la mer. C'est un taxon chaméphytique, formant des touffes en coussinets qui résiste bien aux embruns, et pouvant être à l'origine de la formation de dunes embryonnaires. Néanmoins, ses coussinets sont généralement exposés aux passages des véhicules 4x4 qui écrasent ses tiges aériennes, détruisent les bourgeons pouvant donner de nouveaux rameaux et limitent la croissance des individus. La répétition de ses passages finit par tuer de nombreuses touffes.

Les relevés du tableau 4A ont montré que sur la plage de Balistra, en raison de l'absence des passages des véhicules tout terrain, qu'il y avait une forte dominance d'*Achillea maritima* par rapport à *Elytrigia juncea* et *Eryngium maritimum*. On peut considérer qu'il s'agit de la sous-association *otanthetosum maritimae* Géhu et al. 1987 au sein de l'association *Eryngio maritimi-Elymetum farcti* Géhu 1987. Ainsi, la population d'*Achillea maritima* pourrait, à l'avenir, devenir plus dense.



Figure 72 : Touffe d'*Achillea maritima*



Figure 73 : Touffes d'*Achillea maritima* éparpillées sur le cordon dunaire

a.3.5 Groupement à *Polygonum maritimum* (Annexe 10):

La renouée maritime *Polygonum maritimum* (nom corse : *erba sciappa petra*) (Fig. 74) est une espèce pérenne généralement présente en haut de plage où, en été, elle coexiste avec les annuelles du *Salsolo-Cakiletum* (*Cakileta maritimae*). Ici, elle est abondante au nord du restaurant. L'origine de cette localisation non habituelle pour cette espèce n'a pas été expliquée. Peut-être se développe-t-elle sur un substrat riche en dépôt de débris de Posidonie.



Figure 74 : *Polygonum maritimum*

a.3.6 Groupement à *Limbarda crithmoides* subsp. *longifolia* et *Elytrigia juncea* (Annexe 10) :

L'inule faux-crithme *Limbarda crithmoides* subsp. *longifolia* (ancien nom : *Inula crithmoides*) (Fig. 75 et 76) est un chaméphyte formant des touffes de 20 à 50cm de haut, très fréquent en bordure des eaux saumâtres des étangs, des canaux, des fossés et des cours inférieurs des fleuves.

Ici, cette inule est bien représentée sur le revers du cordon, depuis le bord de l'étang jusqu'à une altitude un peu plus élevée. En plusieurs points, elle forme de petites buttes éoliennes.



Figure 75 : *Limbarda crithmoides*



Figure 76 : Butte de *Limbarda crithmoides*

Les relevés montrent sa dominance et l'abondance d'*Elytrigia juncea*. Cela correspond à l'association littorale *Inula crithmoides*-*Elymetum farcti* (Piazza & Paradis 1994).

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 16.2112 (Dunes embryonnaires méditerranéennes).

Code Natura 2000 : 2110 (Dunes mobiles embryonnaires).

Code EUNIS : B1.312 (Dunes embryonnaires du domaine téthyen occidental).

a.4 Buttes éoliennes (dunes) à oyat (*Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*) (*Ammophiletum arundinaceae*) (Annexe 11) :

Comme indiqué précédemment, il est probable que dans le passé, la flèche littorale présentait sur toute sa longueur une dune typique à oyats (*Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*) dont le nombre de touffes étaient relativement faible (environ 15) mais la continuité importante. Face aux nombreux impacts, cette dune a été fragmentée en buttes éoliennes présentant un nombre de touffes d'oyat beaucoup plus important (Fig. 77). En raison de l'éclaircissement des oyats, de nombreuses espèces des *Euphorbio*-*Ammophiletea* s'y sont associées (*Sporobolus pungens*, *Elytrigia juncea*, *Eryngium maritimum*, *Glaucium flavum*, *Pancreatium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Polygonum maritimum* et *Lotus cytisoides* subsp. *conradiae*).



Figure 77 : Touffes d'*Ammophila arundinacea* et *Achillea maritima*

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 16.2122 (Dunes blanches de la Méditerranée).

Code Natura 2000 : 2110 (Dunes mobiles embryonnaires).

Code EUNIS : B1.322 (Dunes blanches du domaine téthyen).

a.5 Groupements des *Helichryso italici-Crucianelletea maritimi* (Annexe 12) :

Les espèces caractéristiques de cette classe sont *Crucianella maritima* (absente du site), *Helichrysum italicum*, *Scrophularia maritima*, *Armeria pungens* (absente du site), *Lomelosia rutifolia* (ancien nom : *Pycnocomon rutifolium*) et *Cyperus capitatus*.

a.5.1 Groupement clair à *Helichrysum italicum* et *Scrophularia ramosissima* (*Helichryso italici-Scrophularietum ramosissimae*) (Annexe 12) :

L'observation d'un certain nombre de touffes de ces deux chaméphytes sur le sable en pente, proche du maquis, au nord du restaurant, permet d'admettre la présence de du groupement correspondant à l'association *Helichryso italicum-Scrophularietum ramosissimae* (Géhu et al. 1987) (Fig. 78 et 79).



Figure 78 : Touffes d' *Helichrysum italicum*



Figure 79 : Touffes de *Scrophularia maritima*

Sur la plage de Balistra, ce groupement a un faible degré de recouvrement (Tab. 8 : relevés 1 à 5).

a.5.2 Groupement à *Lomelosia rutifolia* (Annexe 12) :

La scabieuse à feuilles de rue *Lomelosia rutifolia* (ancien nom : *Pycnocomon rutifolium*) est un hémicryptophyte à rosette de feuilles appliquée sur le substrat et à tiges feuillées non ligneuses et florifères, pouvant atteindre 60 cm de haut (Fig. 80).

Alors qu'elle était relativement abondante en 1993 (Piazza & Paradis, 1994), *L. rutifolia* est actuellement bien représentée uniquement :

- dans la partie nord, là où le cordon est le plus haut et le plus large ;
- au sud du restaurant, assez loin de la plage.

Son inclusion dans les *Helichryso-Crucianelletea* (Géhu & Biondi, 1994) nous semble contestable (Paradis & Piazza, 2019) car cette classe est caractérisée par des chaméphytes ligneux alors que la *Lomelosia rutifolia* est une plante herbacée.



Figure 80 : *Lomelosia rutifolia*

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE : 16.223 (Dunes grises méditerranéennes).

Code Natura 2000 : 2210 (Dunes fixées du littoral du *Crucianellion maritimae*).

Code EUNIS : B1.43 (Dunes grises fixées méditerranéo-atlantiques).

a.6 Divers types de maquis (Annexe 13):

Avant d'être fréquemment abîmés par des incendies, les maquis (ou matorrals) colonisaient les colluvions des collines.

Aujourd'hui, quelques espèces forment des fourrés, c'est à dire des maquis bas (de 1 à 2 m de hauteur) ou des maquis moyens (de 2 à 4 m de hauteur) au bas des collines, sur le sable éolien (Fig. 81).



Figure 81 : Maquis bas au pied de la colline au sud de la plage de Balistra

D'après la composition floristique et les espèces dominantes cinq types de maquis ont été distingués.

a.6.1 Maquis à inclure dans l'Oleo-Ceratonion :

- **Maquis à *Pistacia lentiscus* (Annexe 13).** Le lentisque (*Pistacia lentiscus*) présente :
 - un individu isolé au nord du cordon (relevé 1) ;
 - un individu dominant, associé à *Phillyrea angustifolia* sur une butte sableuse, au sud du restaurant (relevé 2).
- **Maquis à *Phillyrea angustifolia* (Annexe 13).** Le filaria à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*) forme de petits massifs isolés sur le sable fin éolien au sud du restaurant (relevés 3, 4 et 5).
- **Maquis à *Myrtus communis* (Annexe 13).** Le myrte (*Myrtus communis*), associé à *Pistacia lentiscus* et *Phillyrea angustifolia*, forme plusieurs petits massifs sur le sable au sud du restaurant.
- **Maquis à *Pistacia lentiscus* et *Quercus ilex* (Annexe 13).** Le chêne vert (*Quercus ilex*), associé à *Pistacia lentiscus*, constitue un maquis moyen de 3 à 4 m de hauteur :
 - au sud du restaurant, sur le sable (relevé 9) ;
 - sur le sable recouvrant les colluvions du bas de la colline granitique au nord du restaurant (relevés 10 et 11). L'arbousier (*Arbutus unedo*) est associé au chêne vert sur le sable recouvrant les colluvions.

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 16.28 (Fourrés dunaires à sclérophylles).

Code EUNIS: F5.112/F5.12 (Matorral acidiphile ouest-méditerranéen à Chêne vert/matorral à lentisque).

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 16.27 (Bois et bosquets dunaires à genévrier).

Code Natura 2000: 2250 (Dunes littorales à *Juniperus spp.*).

Code EUNIS: F5.1322 (Matorral arborescent à *Juniperus phoenicea*).

a.6.2 Maquis à *Pistacia lentiscus* et *Juniperus phoenicea* subsp. *Turbinata* (Annexe 13) :

Un maquis présentant le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) (Fig. 82) associé au lentisque (*Pistacia lentiscus*) et localement, au myrte (*Myrtus communis*), au chêne vert (*Quercus ilex*) et à l'arbousier (*Arbutus unedo*), a été localisé sur le sable de la partie arrière du cordon entre l'étang et le nord du restaurant.

Les autres espèces présentes sont la salsepareille (*Smilax aspera*) et le chèvrefeuille des Baléares (*Lonicera implexa*).

La présence de *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*, espèce caractéristique en Corse de l'étage bio-climatique thermo-méditerranéen, permet d'inclure ces maquis dans l'alliance nommée *Juniperion turbinatae*.



Figure 82 : Maquis à *Juniperus phoenicea*

a.7 Groupement à *Limbarda crithmoides* subsp. *Longifolia* (Annexe 14) :

Le relevé effectué tout près de l'étang montre que l'inule crithmoïde (*Limbarda crithmoides* subsp. *longifolia*) est associée à des espèces des zones humides saumâtres ou même assez salées : joncs (*Juncus maritimus*, *Juncus acutus*) et à des espèces typiques des substrats salés (*Sarcocornia fruticosa*, *Limonium narbonense*).

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 15.51 (prairies méditerranéennes salées).

Code EUNIS: A2.522 (marais salés méditerranéens à *Juncus maritimus* et *Juncus acutus*).

a.8 Groupements dominés par *Spartina patens* (Annexe 15) :

La spartine *Spartina patens* (anciennement appelée *Spartina versicolor*) est une espèce d'origine américaine actuellement considérée comme une espèce envahissante en pleine expansion sur le pourtour méditerranéen (Tison & de Foucault, 2014). En Corse, elle a récemment envahi de nombreux sites littoraux, tels l'île Lavezzi (Paradis & Pozzo di Borgo, 2015) ou le ruisseau du site sableux de Cupabia (Paradis & Piazza, 2018).

Sur la plage de Balistra, et plus précisément en bordure de l'étang, elle s'avère être présente depuis longtemps (Transects T4, T5, T8 sur leur carte de végétation de Piazza & Paradis de 1994. En 2019, les observations ont montré qu'elle semblait former 3 groupements respectivement situés :

- proche de l'étang, où la spartine est associée à des espèces de zones humides (*Limbarda crithmoides*, *Juncus acutus*, *Juncus maritimus*, *Phragmites australis*, *Limonium virgatum*, *Limonium narbonense*) (Tab. 11A ; Fig. 83) ;



Figure 83 : *Spartina patens*

- plus loin de l'étang sur la pente du cordon littoral, où la spartine est associée à des espèces des *Euphorbio-Ammophiletea* (*Eryngium maritimum*, *Echinophora spinosa*,

Convolvulus soldanella, *Elytrigia juncea*, *Lotus cytisoides* subsp. *conradiae*, *Achillea maritima*, *Pancratium maritimum*) (Tab. 11B ; Fig. 84). Il paraît probable que ce groupement corresponde à une invasion de l'*Eryngio maritimi-Elymetum farcti* (classe des *Euphorbio-Ammophiletea*) par *Spartina patens*, dont le biotope optimum est normalement le bord de l'étang (Groupement A).



Figure 84 : *Spartina patens* et *Ammophila arundinacea*

- en arrière de l'étang, où *S. patens* est associé à de nombreuses touffes de *Limbarda crithmoides*.

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 37.4 (Prairies humides méditerranéennes hautes).

Code EUNIS: C3.25 (Formations à graminoides de moyenne-haute taille des bords des eaux).

a.9 Végétation pionnière, colonisant du sable ayant subi des perturbations (Annexe 16) :

Le cordon sableux, à proximité de l'extrémité sud de l'étang, a subi des perturbations (creusement du sable et dépôts de débris de Posidonies).

La végétation qui colonise actuellement cette portion est donc peu structurée et comprend un mélange d'espèces :

- pérennes caractéristiques des habitats légèrement humides (*Phragmites australis*, *Juncetalia maritimi*, *Holoschoenetalia vulgaris*) ;
- pérennes caractéristiques des littoraux sableux (*Euphorbio-Ammophiletea*) ;
- annuelles caractéristiques des lisses de mer (*Cakiletea maritima*).

Il est ainsi probable qu'à l'avenir, *Spartina patens* devienne plus dense et coexiste avec les espèces des *Euphorbio-Ammophiletea*, pour aboutir à un groupement du même type que celui relevé dans le tableau 11B précédent.

a.10 Groupement à *Elytrigia acuta* (Annexe 17) :

L'élyme *Elytrigia acuta* (anciens noms : *Elymus pycnanthus*, *Elytrigia atherica*) (Fig. 85) est une poacée géophytique qui forme habituellement des peuplements quasi monospécifiques en bordure de l'eau des étangs saumâtres, comme l'étang de Palo sur la côte est de l'île. C'est une espèce plus hydrophytique que sabulicole.



Figure 85 : *Elytrigia acuta*

Sur la plage de Balistra, cet élyme n'est ni fréquent ni abondant. En effet, alors qu'il aurait logiquement dû être observé en bordure de l'étang, il n'a été identifié qu'au sud du restaurant, c'est à dire loin de l'étang. Il se présente, là, sous forme d'un groupement en mosaïque avec un peuplement de l'inule visqueuse (*Dittrichia viscosa*), astéracée chaméphytique très compétitrice (Fig. 86).



Figure 86 : *Dittrichia viscosa*

Parmi les plantes accompagnant *Elytrigia acuta*, il y a :

- plusieurs espèces des *Euphorbio-Ammophiletea* (dont *Elytrigia juncea* et *Sporobolus pungens*) ;
- quelques autres espèces dont *Carex flacca* et *Plantago lanceolata*.

Cette localisation inhabituelle d'*Elytrigia acuta* s'explique vraisemblablement par l'existence, dans le passé, d'une petite dépression inondable en hiver. Cette dépression a certainement été

remblayée, peut-être naturellement, par le sable issu du cordon et déplacé par le vent.

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 15.51 (prairies méditerranéennes salées).

Code EUNIS: A2.522 (marais salés méditerranéens à *Juncus maritimus* et *Juncus acutus*).

a.11 : Groupement à *Cynodon dactylon* (Annexe 18) :

Le chiendent pied-de-poule (*Cynodon dactylon*) est une poacée rampante considérée comme une géophyte ou une hémicryptophyte (Fig.87) et se développant surtout en été.

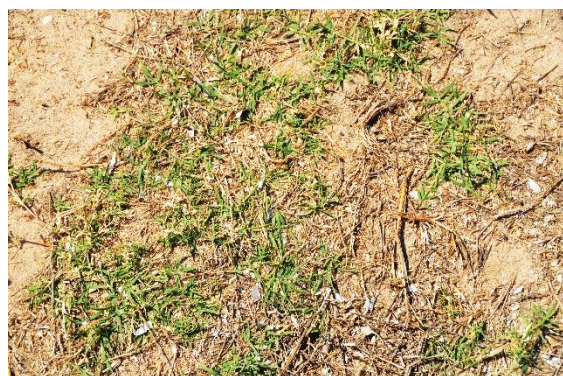


Figure 87 : *Cynodon dactylon*

Ses biotopes de prédilection sont les substrats piétinés, autrement-dit là où peu d'autres espèces peuvent entrer en compétition avec lui. Il forme ainsi des groupements estivaux dans les prairies surpâturées, où le substrat est soit du sable, soit de la terre fine, sur les bords de routes et de chemins ainsi qu'en bordure des parkings.

Ici, il constitue un groupement étendu tout autour du parking (Fig. 88) et en bordure du sentier du bas de la colline, au sud du parking.



Figure 88 : *Cynodon dactylon*

Inclusion syntaxonomique :

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

Classification de l'habitat naturel :

Code CORINE: 35.3 (Pelouses siliceuses méditerranéennes).

Code EUNIS: E1.E (Pelouses xériques piétinées à espèces annuelles).

a.12 : Autres types de végétation :

a.12.1 : Micro-peuplement de *Sarcocornia fruticosa* :

La salicorne fruticuleuse *Sarcocornia fruticosa* (anciens noms : *Salicornia fruticosa*, *Arthrocnemum fruticosum*) est une espèce ligneuse pérenne, chaméphytique mais pouvant atteindre 80cm de hauteur. Elle est très fréquente en Corse, en bordure des étangs littoraux. Il s'agit de la salicorne pérenne la plus abondante et du principal constituant des formations végétales appelées « sansouires ».

Sur la plage de Balistra, elle est présente sous la forme d'une dizaine de petites touffes près de la terminaison de l'étang et au bas du cordon littoral, dans une dépression dont le substrat est une vase de couleur noire (Fig. 89).



Figure 89 : *Sarcocornia fruticosa*

Il est probable qu'avec le réchauffement climatique, l'étang de Balistra s'assèche de plus en plus chaque année, ce qui devrait provoquer une élévation de la salinité de son substrat et favoriser cette salicorne pérenne.

Inclusion syntaxonomique :

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

a.12.2 : Mosaique avec une abondance de touffes de *Dittrichia viscosa* :

Sur les colluvions recouvertes par le sable de la plage, entre le parking et le restaurant, s'étend un ensemble végétal complexe comprenant quatre groupements plus ou moins imbriqués (Fig. 90) :



Figure 90 : *Dittrichia viscosa*

- une pelouse à *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* ;
- de très nombreuses touffes de la chaméphyte *Dittrichia viscosa* de différentes tailles ;
- de rares touffes malingres, paraissant relictuelles, de *Schoenus nigricans* et de *Juncus acutus* ;
- plusieurs chaméphytes et nanophanérophytes : *Juniperus phoenicea*, *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea*, *Erica scoparia*, *Myrtus communis*, *Olea europaea*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus monspeliensis*, *C. salviifolius*, *C. creticus*, *Helichrysum italicum*, *Asparagus acutifolius*.

Remarque : Les pieds de *Dittrichia viscosa* paraissent être de plus en plus nombreux sur le site de Balistra, notamment sur les buttes éoliennes de la partie nord du cordon (Fig. 91).



Figure 91 : *Dittrichia viscosa*

a.12.3 : Présence de *Carpobrotus edulis*

Quelques tapis de cette espèce invasive sont présents près du bar-restaurant, sur la pente du parking, entre ce dernier et la plage, et en avant du maquis au sud de la plage (Fig. 92).



Figure 92 : *Carpobrotus edulis*

a.13 : Conclusion :

a.13.1 : Espèces patrimoniales légalement protégées :

En raison d'une très forte densité d'occupation de la plage par les estivants, de très rares individus d'*Euphorbia peplis* (Fig. 93), euphorbiacée annuelle dont le cycle de vie se déroule en été, ont été observés.



Figure 93 : *Euphorbia peplis*

L'étude ayant été réalisée à la fin de l'été, il n'a pas été possible de vérifier si l'apiacée annuelle printanière *Pseudorlaya pumila*, fréquemment relevée par Piazza & Paradis en 1994, était encore présente sur le cordon (Fig. 94).



Figure 94 : *Pseudorlaya pumila*

a.13.2 : Espèces envahissantes :

Les observations ont permis de mettre en évidence :

- une grande extension de *Spartina patens* qui paraît s'étendre en bordure de l'étang, ainsi qu'en amont sur le cordon sableux ;
- la présence de petits tapis de la griffe de sorcière (*Carpobrotus edulis*) qui, pour le moment, n'est pas très étendue sur ce site.

b. Comparaison de la carte de la végétation de 1993 et de la carte de 2019

Par rapport à l'étude de Piazza & Paradis (1994), certains impacts ont cessé (camping sauvage, circulation des véhicules tout terrain sur la partie nord du cordon, et pacage des bovins).

Cependant, la création du bar-restaurant a provoqué une augmentation du nombre de voies d'accès, l'élargissement de celles-ci, et l'importante extension de la dénudation sur le sable (Fig.96). En effet, en prenant en compte une surface d'étude commune aux suivis de 1993 et 2019, la surface de sable nu (unité 28 de 1993 et unités 1 et 2 en 2019) est passée de 14 423m² à 20 593m².

La fréquentation de la plage, déjà forte en 1993, s'est accentuée et a entraîné

une augmentation du piétinement, avec pour conséquences :

- l'éclaircissement de tous les groupements végétaux, sauf celui à *Spartina patens* (unités 18, 19 et 23 en 1993 et unités 16, 17 et 18 en 2019) proche de l'étang qui est passé d'environ 1047m² à 3097m² ;
- la forte augmentation de la surface du sable dénudé.

En lien avec cette surfréquentation, la surface du parking s'est accrue aux dépens de la végétation environnante (de 3903m² en 1993 à 4210m² en 2019) (unité 30 en 1993 et unité 28 en 2019). Seul le groupement à *Cynodon dactylon*, espèce compétitive sur les substrats peu profonds et piétinées, a pu se développer sur les bordures du parking sur une surface d'environ 603m² (unité 21 en 2019).

Le nettoyage occasionnel de la plage effectué par la commune de Bonifacio, impliquant l'enlèvement des dépôts de Posidonie, nécessite d'identifier un ou des lieux de stockage permettant de limiter les nuisances des dépôts ainsi que des moyens de transport sur les groupements psammophiles.

1.2.4. Conclusion

La plage de Balistra, située à mi-chemin entre 2 cités balnéaires majeures de Corse (Bonifacio et Porto-Vecchio) est, à l'image de la plage de Rondinara, une plage hautement fréquentée en période estivale. En effet, de nombreux visiteurs viennent s'y baigner, profiter du soleil et d'une eau chaude et translucide, pratiquer des activités de loisirs et se restaurer.

Néanmoins, la surfréquentation d'une plage caractérisée par une forme de flèche (ou cordon sableux) en arrière de laquelle existe un étang, n'est pas sans

impact sur la végétation psammophiles et inféodée aux zones humides présentes.

En effet, la forte fréquentation estivale, les activités de pleine nature et l'augmentation de la surface bâtie provoquent le piétinement et la disparition de nombreuses espèces pérennes progressivement remplacées par du sable nu (Fig. 95 et 96).

Des mesures de protection telle que la création d'une réserve incluant l'étang avaient pourtant été préconisées à la suite d'anciennes études et par les associations de protection du milieu pour permettre la recolonisation du cordon par les espèces vivaces (Roux, 1989 ; Piazza et Paradis 1994).

La plage de Balistra, site complexe où coexistent des colluvions, un étang, un cordon sableux, un maquis bas, doit ainsi faire l'objet de mesures de protection.

Tout comme sur la plage de Rondinara, les enjeux liés à la préservation de la végétation et aux banquettes de Posidonie grandissent. Il apparaît donc nécessaire d'apporter des éléments de connaissance relatifs aux rôles écologiques que jouent ces banquettes et de réfléchir à un mode de gestion adapté permettant le maintien de leurs services écosystémiques en accord avec le respect de cette végétation dunaire.

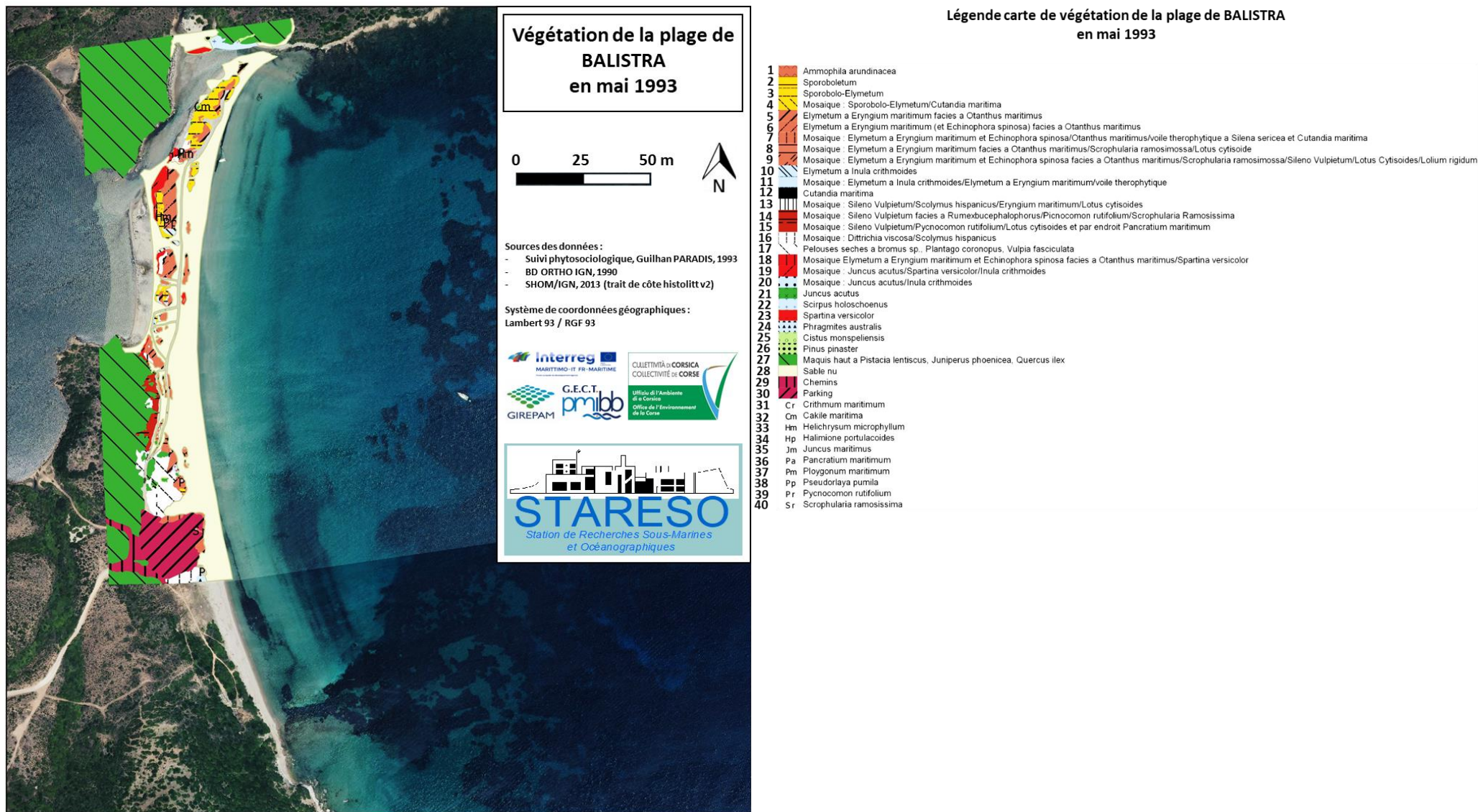
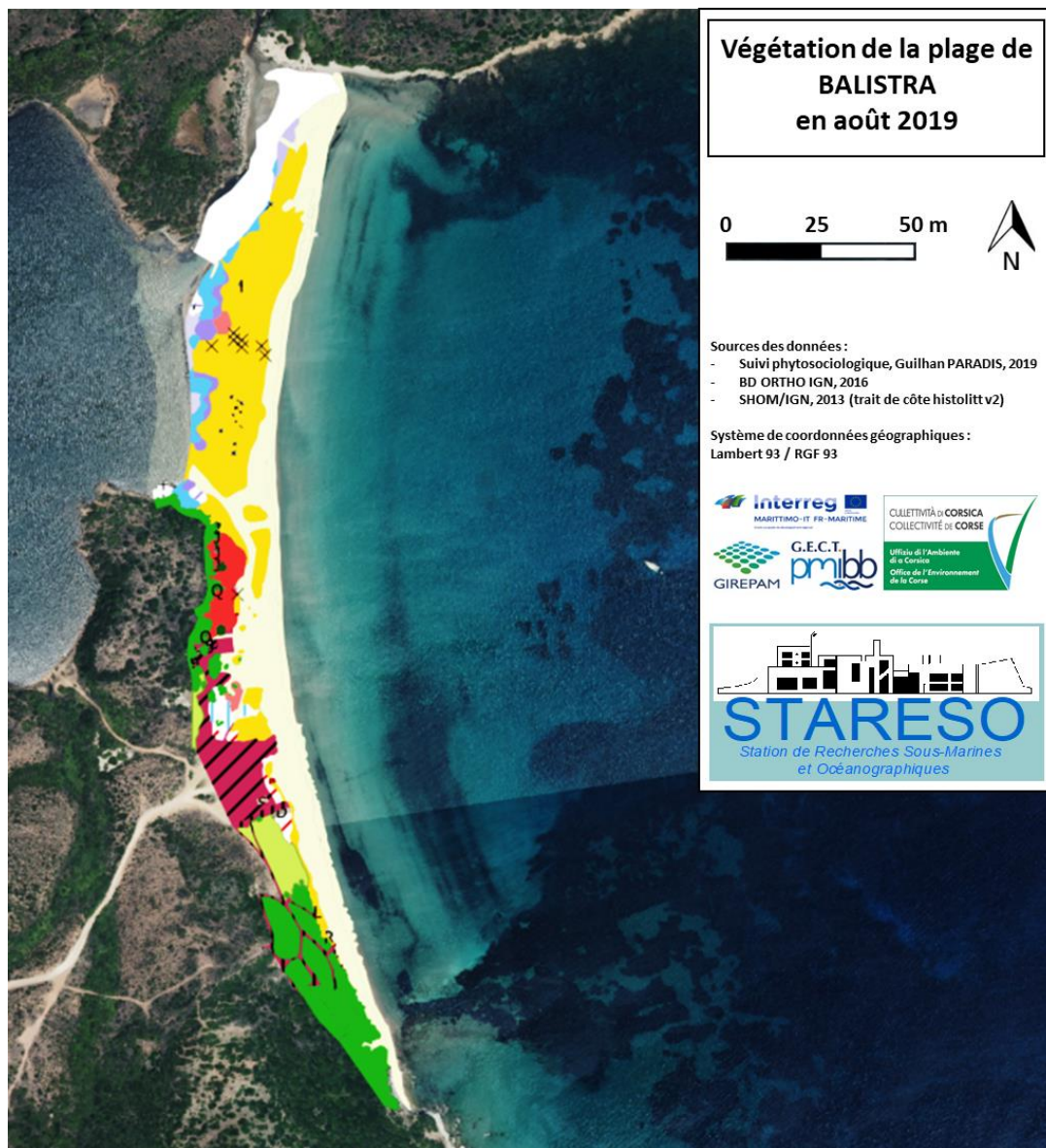


Figure 95 : Carte de la végétation de la plage de Balistra en mai 1993



Légende carte de végétation de la plage de BALISTRA en août 2019

- 1 Sable nu recouvert, une partie de l'année, par des dépôts naturels de Posidonie
- 2 Sable très dénudé (plage aérienne; cordon devant le bar-restaurant; "chemins")
- 3 Pelouse claire à Sporobolus pungens dominant (Sporobolium arenarii)
- 4 Pelouse claire à Sporobolus pungens et Elytrigia juncea dominants (Sporobolo-Elymetum farctii)
- 5 Pelouse claire à Eryngium maritimum et Elytrigia juncea dominants (Eryngio-Elymetum farctii)
- 6 Pelouse claire à Achillea maritima dominant (Eryngio-Elymetum farctii à Achillea maritima)
- 7 Groupement à Limbarda crithmoides et Elytrigia juncea (Inulo crithmoidis-Elymetum farctii)
- 8 Groupement à Eryngium maritimum et Echinophora spinosa
- 9 Groupement à Polygonum maritimum
- 10 Buttes éoliennes à touffes d'Ammophila arundinacea au sein des groupements à Elytrigia juncea
- 11 Groupement très clair à Helichrysum italicum et Scrophularia ramosissima
- 12 Groupement très clair à Lomelosia rutifolia
- 13 Maquis divers: à Pistacia lentiscus, à Phillyrea angustifolia, à Myrtus communis, à Quercus ilex
- 14 Maquis à Juniperus phoenicea subsp. turbinata dominant (Juniperion turbinatae)
- 15 Cistaie et pelouse de substitution au maquis bas très dégradé
- 16 Groupement dense à Spartina patens et espèces de zpnas humides saumâtres
- 17 Groupement clair à Spartina patens et espèces des Euphorbio-Ammophiletea
- 18 Groupement à Spartina patens et Limbarda crithmoides abondant
- 19 Végétation pionnière sur des portions assez récemment perturbées (creusements, dépôts de Posidonies)
- 20 Mosaïque: à Dittrichia viscosa, à Asphodelus ramosus, à Elytrigia acuta
- 21 Groupements à Cynodon dactylon
- 22 Carpobrotus edulis
- 23 Eau (étang de Balistra et son embouchure temporaire)
- 24 Vase dénudée dans une petite dépression, en bordure de l'étang
- 25 Buttes de faible étendue à touffes d'Ammophila arenaria subsp. arundinacea
- 26 Rochers granitiques
- 27 Bâtiment: bar-restaurant
- 28 Parking et zones de passage à proximité du bar-restaurant (sur terre tassée, issue des colluvions)
- 29 Piste d terre
- 30 b Caravanes utilisées par le personnel du bar-restaurant et restant ici toute l'année
- 31 S Poste de secours (été 2019)
- 32 R Parpaings de la base d'une construction qui n'a pas été terminée
- 33 D Dittrichia viscosa
- 34 f Sarcocornia fruticosa
- 35 J Juniperus phoenicea subsp. turbinata
- 36 L Limbarda crithmoides subsp. longifolia
- 37 I Pistacia lentiscus
- 38 Q Quercus ilex

Figure 96 : Carte de la végétation de la plage de Balistra en août 2019

2. Caractérisation des dépôts de banquettes de Posidonie en 2019

L'association du suivi en régie effectué 1 fois par mois de janvier à août 2019 par l'Office de l'Environnement de la Corse au suivi effectué mensuellement par STARESO d'août 2019 à janvier 2020, a permis d'analyser l'évolution spatiale des dépôts de banquettes de Posidonie sur une année complète.

Les mesures de surfaces, d'épaisseurs et de compacités effectuées lors de ces suivis ont permis de quantifier le volume de ces accumulations à chaque date de suivi.

Malgré l'apport d'éléments cohérents et représentatifs de la localisation et de la quantité de banquettes de Posidonie présentes chaque mois pendant un an sur les plages de Rondinara et de Balistra, il faut néanmoins savoir que la variation spatio-temporelle de ces dépôts est beaucoup plus fines et aléatoires. En effet, selon les conditions météorologiques, une banquette de Posidonie peut disparaître ou apparaître en quelques heures. Les résultats présentés ci-après dépendent donc fortement du jour où les missions terrain ont été faites.

2.1. Plage de Rondinara

2.1.1. Evolution des banquettes

La plage de Rondinara étant une petite plage relativement abritée des vents et des vagues d'est grâce à l'étroitesse de son golfe, et au-devant de laquelle se développe un relatif petit herbier de Posidonie, le dépôt de banquettes devrait y être limité.

Néanmoins, ces derniers y sont bien présents, notamment en périodes automnales et hivernales, comme le démontrent :

- la figure 97 qui représente de manière graphique l'évolution temporelle

(variation mensuelle) du nombre, de l'épaisseur moyenne, de la surface totale et du volume total de banquettes sur la plage ;

- la figure 98 illustrant de manière cartographique l'évolution spatiale de ces dépôts à chaque date de suivi.

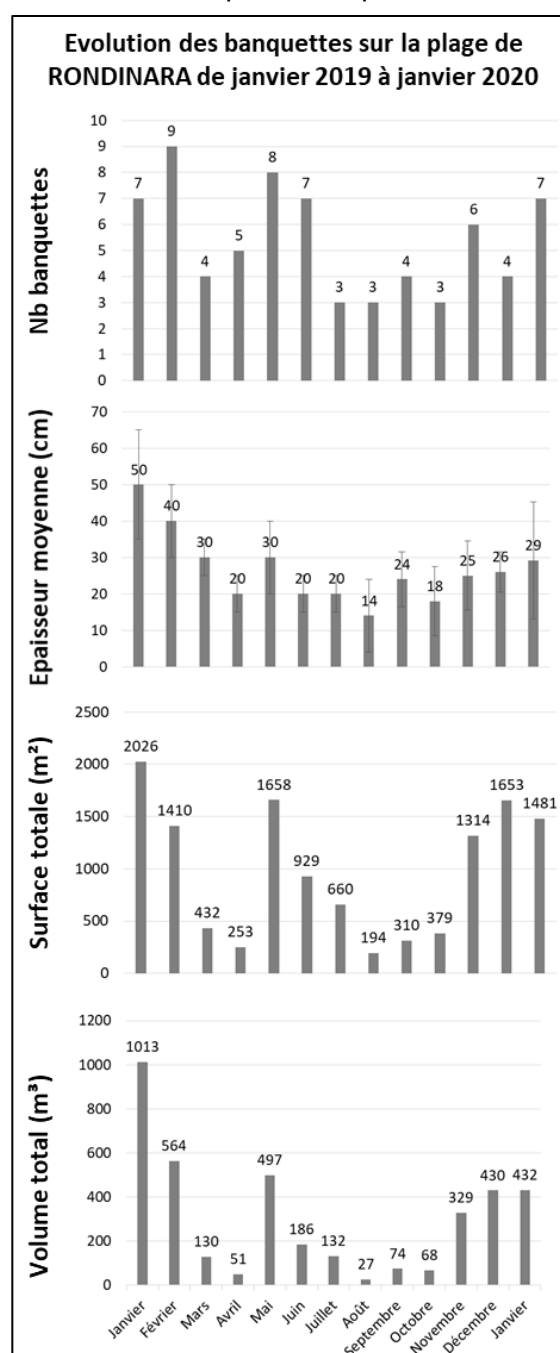


Figure 97 : Evolution mensuelle du nombre, de l'épaisseur moyenne, de la surface et du volume total de banquettes sur la plage de Rondinara de janvier 2019 à janvier 2020

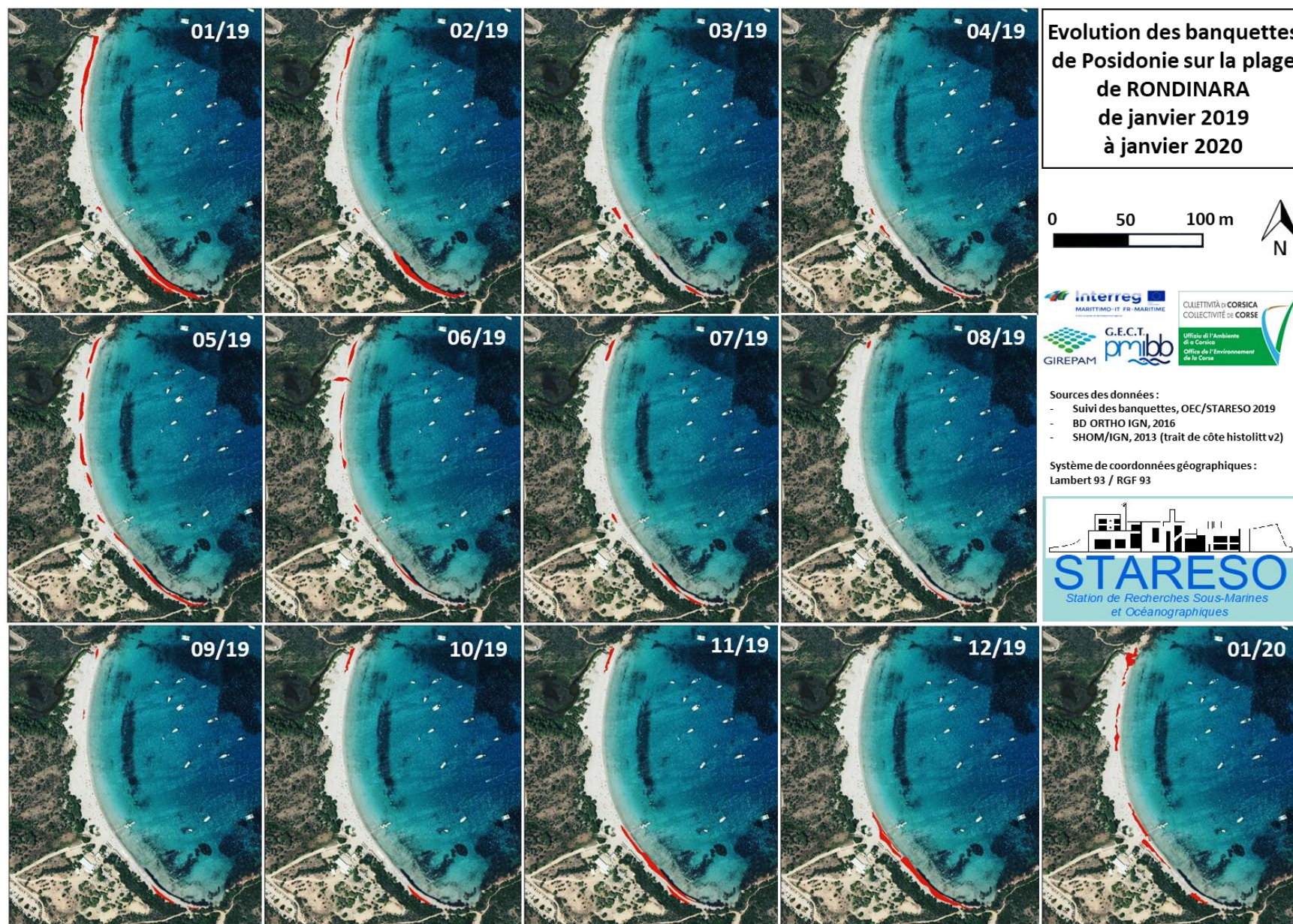


Figure 98 : Evolution spatiale des banquettes de Posidonie (zones marron) sur la plage de Rondinara de janvier 2019 à janvier 2020

La délimitation des banquettes s'est appuyée sur le respect de plusieurs critères. Autrement-dit, 2 banquettes ont été distinguées lorsque celles-ci présentaient, soit :

- une rupture géographique (étaient non jointives) (Fig. 99) ;
- un âge (ou une typologie) différent selon les observations et l'appréciation de l'opérateur.



Figure 99 : Deux banquettes séparées par une rupture géographique au nord de la plage de Rondinara le 22 janvier 2020.

Au total, 428 points GPS et 340 mesures d'épaisseur ont été pris d'août 2019 à janvier 2020 sur la plage de Rondinara (Fig. 100).

Les résultats obtenus sont en parfait accord avec les connaissances relatives au cycle de vie de l'herbier de Posidonie. En effet, le nombre, l'épaisseur moyenne, la surface totale et le volume total de dépôts à l'échelle de la plage varient au cours du temps et sont nettement plus importants lorsque l'herbier a perdu ses feuilles formant des litières, autrement-dit en hiver (en janvier et février 2019 et en janvier 2020) et en automne (d'octobre à décembre 2019) (Fig. 97 et 101).



Figure 100 : Prise de mesure de l'épaisseur d'une banquette fraîche d'environ 1,10m de hauteur au nord de la plage de Rondinara le 22 janvier 2020.

Les valeurs maximales ont été relevées le 30 janvier 2019 avec 7 banquettes de 50cm (+/-30cm) d'épaisseur en moyenne, et recouvrant une surface totale d'environ 2026m², soit un volume total de 1013m³ de banquettes de Posidonie sur la plage de Rondinara.

Les valeurs minimales ont quant à elles été mesurées le 27 août avec seulement 3 banquettes de 14cm (+/-20cm) d'épaisseur en moyenne et représentant une surface totale de 194m², soit un volume total d'environ 27m³.

Les différences d'épaisseurs (écart-type) les plus importantes ont été mesurées en janvier et février 2019 et en janvier 2020, périodes lors desquelles il est possible d'observer simultanément d'épaisses banquettes relativement jeunes et des banquettes plus anciennes, tassées, dispersées et mélangées avec de grandes quantités de sable.

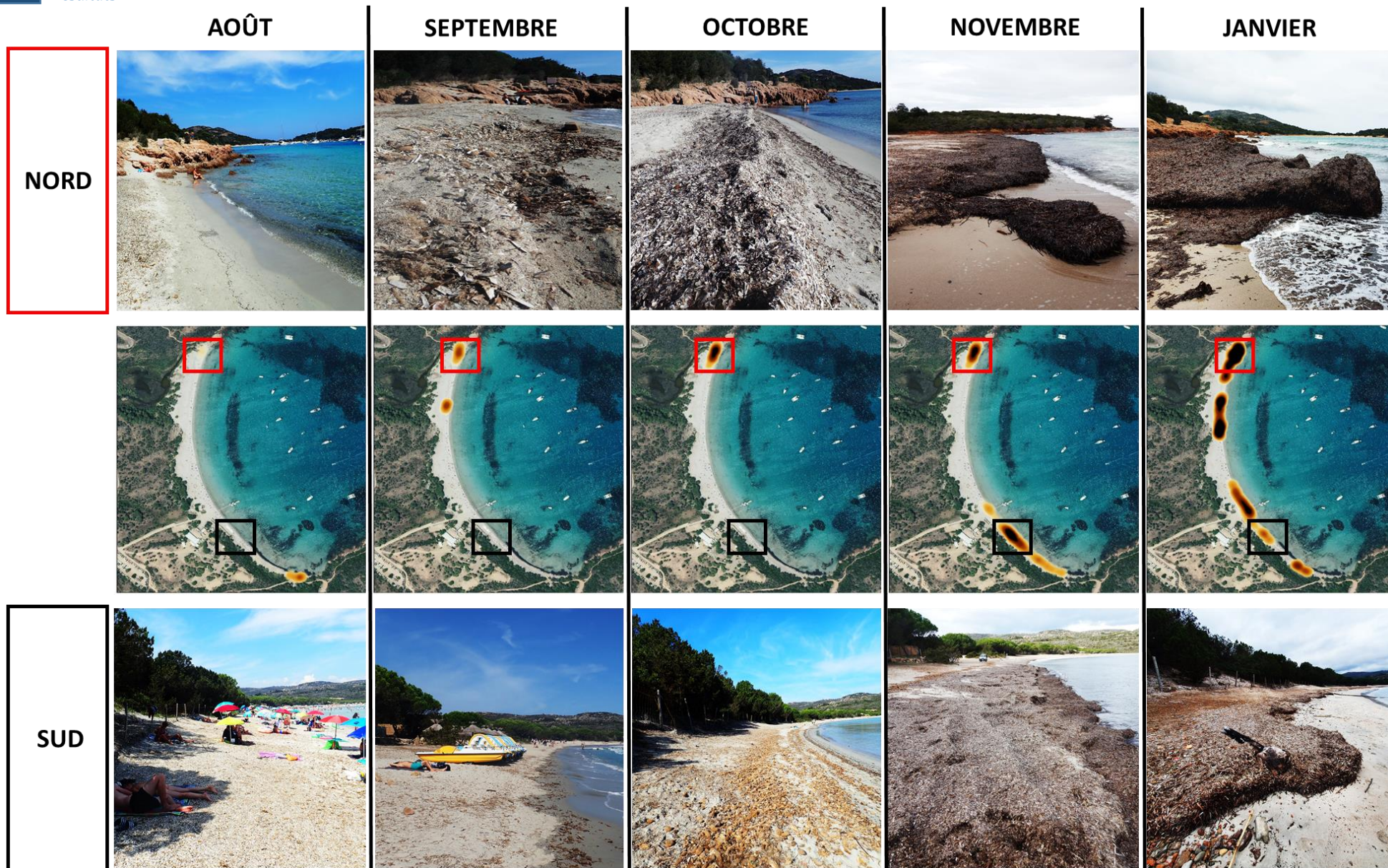


Figure 101 : Evolution temporelle des banquettes de Posidonie au nord (en haut) et au sud (en bas) de la plage de Rondinara d'août à novembre 2019 et en janvier 2020

Par ailleurs, il n'est pas toujours évident d'identifier l'ensemble des dépôts lorsque les conditions météorologiques sont très changeantes et, d'une fois sur l'autre, peuvent être propices soit à la création, soit à l'érosion de la plage et au retrait des banquettes. De plus, il se peut que certaines banquettes peu épaisses aient été recouvertes de sédiments et forment une espèce de « mille-feuilles » constitué d'une alternance de couches de sables et de feuilles de Posidonie (Fig. 102).



Figure 102 : Structure en « mille-feuilles » constitué d'une alternance de couches de sables et de feuilles de Posidonie.

2.1.2. Compacité et typologie(s)

A chacune des 340 mesures d'épaisseurs de banquette de Posidonie effectuées d'août 2019 à janvier 2020 a été associée une mesure de compacité.

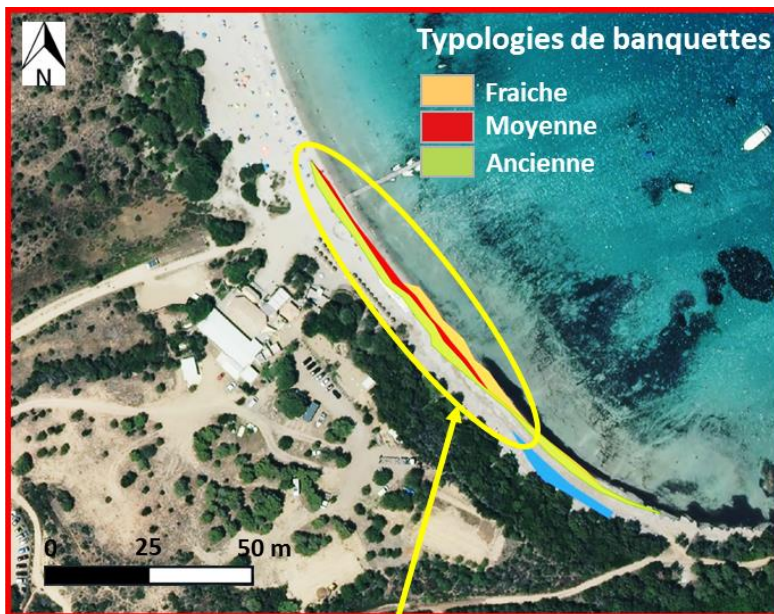
Ces mesures de compacité ont été faites de manière aléatoire (ou indiscriminée) et relativement homogène au sein des différents dépôts identifiés chaque mois sur la plage.

Afin d'anticiper les carottages de la mission de janvier 2020 destinés à mesurer les teneurs en sédiments des différentes typologies de banquettes, il était nécessaire de correctement discriminer ces différentes typologies.

Lors de chaque mission terrain les banquettes ont donc été considérées comme :

- plutôt anciennes lorsqu'elles apparaissaient relativement compactes et composées par du matériel végétal sec. Ces dépôts généralement situés plus en haut de plage pourraient avoir été créés il y a plusieurs mois, voire plusieurs années ;
- moyennes lorsqu'elles étaient en partie encore humides et semblaient d'une compacité moyenne. Celles-ci pouvaient dater de quelques semaines à quelques mois ;
- plutôt récentes lorsqu'elles apparaissaient relativement peu compactes, composées de matériel végétal d'apparence fraîche et humide, et situées au plus près de l'eau. Ces banquettes pouvaient n'avoir que quelques jours.

Par exemple, la figure 103 suivante illustre la manière dont ont été représentées les typologies de banquettes supposées lors de la mission de novembre.



Typologies et épaisseurs des banquettes de Posidonie au sud de la plage de RONDINARA en novembre 2019

- Sources des données :
- Suivi des banquettes, OEC/STARESO 2019
 - BD ORTHO IGN, 2016
 - SHOM/IGN, 2013 (trait de côte histolittv2)

Système de coordonnées géographiques : Lambert 93 / RGF 93

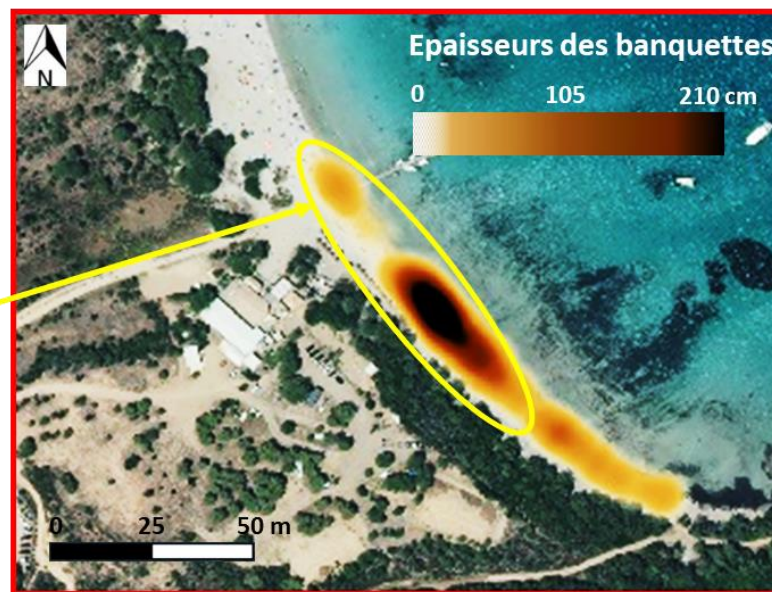
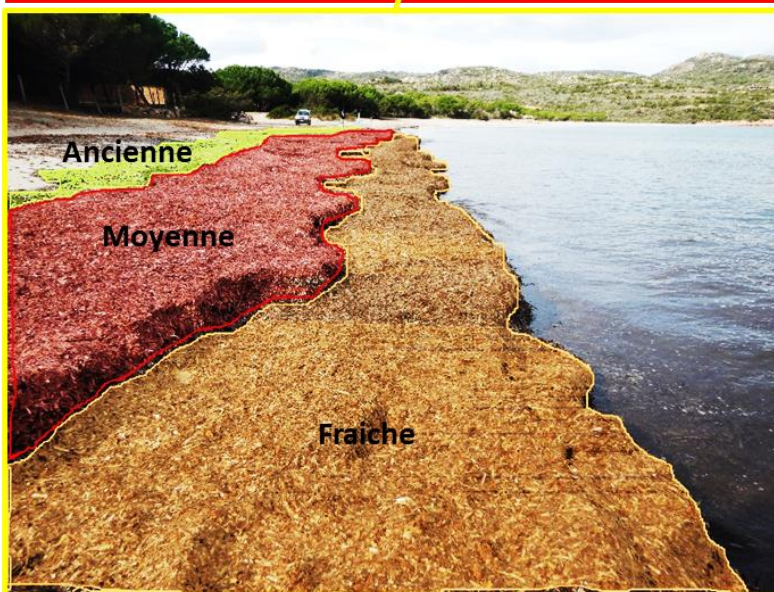


Figure 103 : Représentation supposée des différentes typologies de banquettes présentes au sud de la plage de Rondinara en novembre 2019

Le 22 janvier 2020 sur la plage de Rondinara, l'observateur a supposé la présence de 3 typologies de banquettes réparties de manière longitudinale au trait de côte (Fig. 104). Ont ainsi été identifiés :

- plusieurs patchs d'anciens dépôts de 5 à 15cm d'épaisseur, déjà présents au mois d'août 2019 au sud de la plage ;
- une banquette moyennement fraîche de quelques semaines et d'environ 30cm d'épaisseur juste en face de la piste d'accès au centre de la plage ;
- 2 grandes banquettes fraîches de quelques jours et d'une hauteur maximale de 2,10m sur toute la moitié nord de la plage.

Afin de vérifier cette classification hypothétique, un test de Mann-Whitney a été réalisé pour voir s'il y avait des différences significatives entre les 3 groupes préalablement mis en évidence grâce à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec distance euclidienne et critère d'agrégation Ward (exemple d'analyse cluster) effectuée sur base des 228 mesures de compacité faites ce même jour (Fig. 105). Cette analyse a permis de vérifier l'hypothèse initiale de l'opérateur comme quoi il y avait bien 3 typologies de banquettes sur la plage de Rondinara ce 22 janvier 2020 caractérisées par des profondeurs d'enfouissement du pénétromètre (tige graduée) significativement différentes les unes des autres (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$) (Fig. 106).

Il y avait donc des banquettes de catégorie :

- A : ayant une faible profondeur d'enfouissement signe d'une forte compacité (en moyenne 12cm) ;
- B : ayant une grande profondeur d'enfouissement synonyme d'une faible compacité (en moyenne 88cm) ;
- C : ayant une compacité moyenne (en moyenne 44cm).

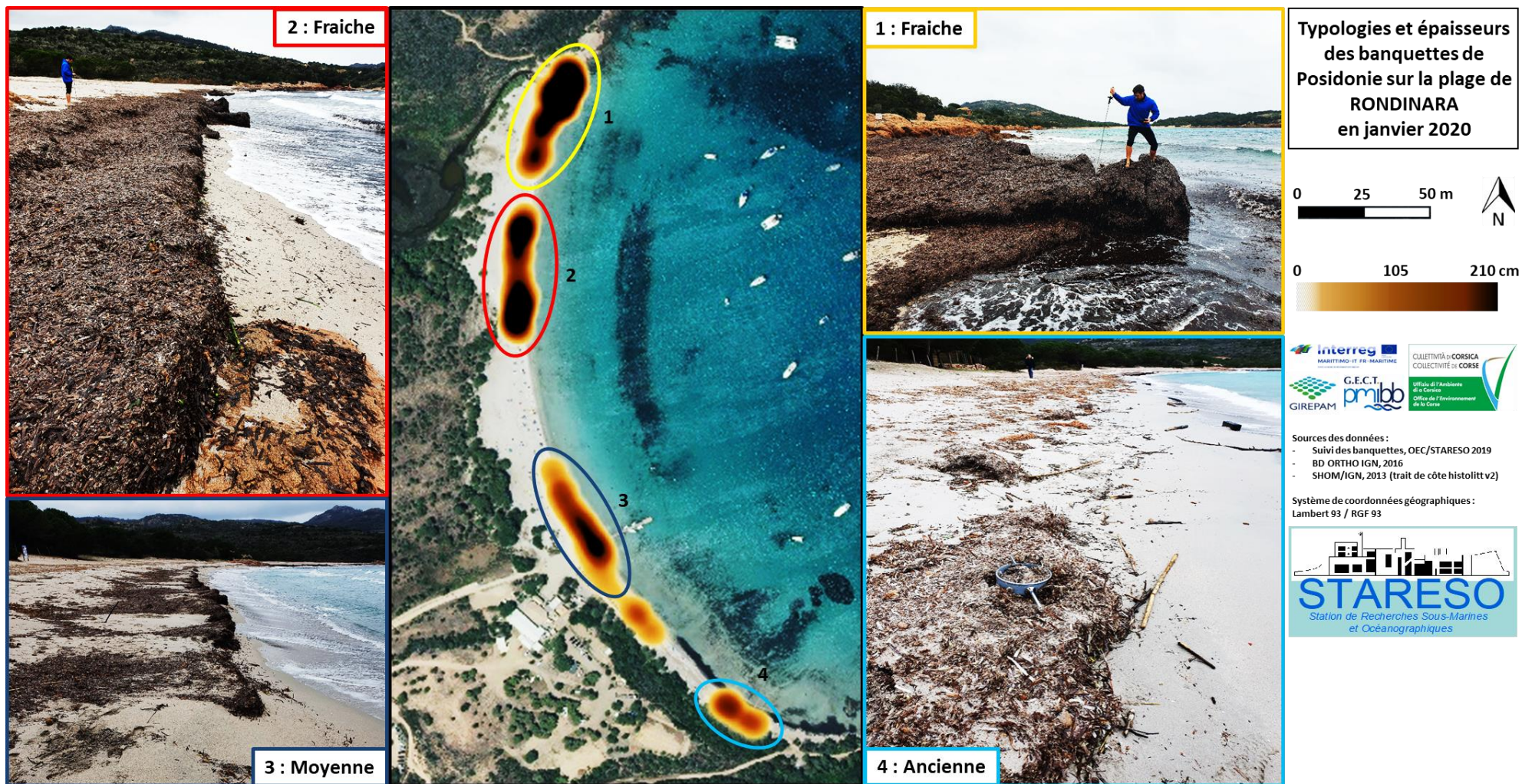


Figure 104 : Typologies et épaisseurs des banquettes au sud de la plage de Rondinara en janvier 2020

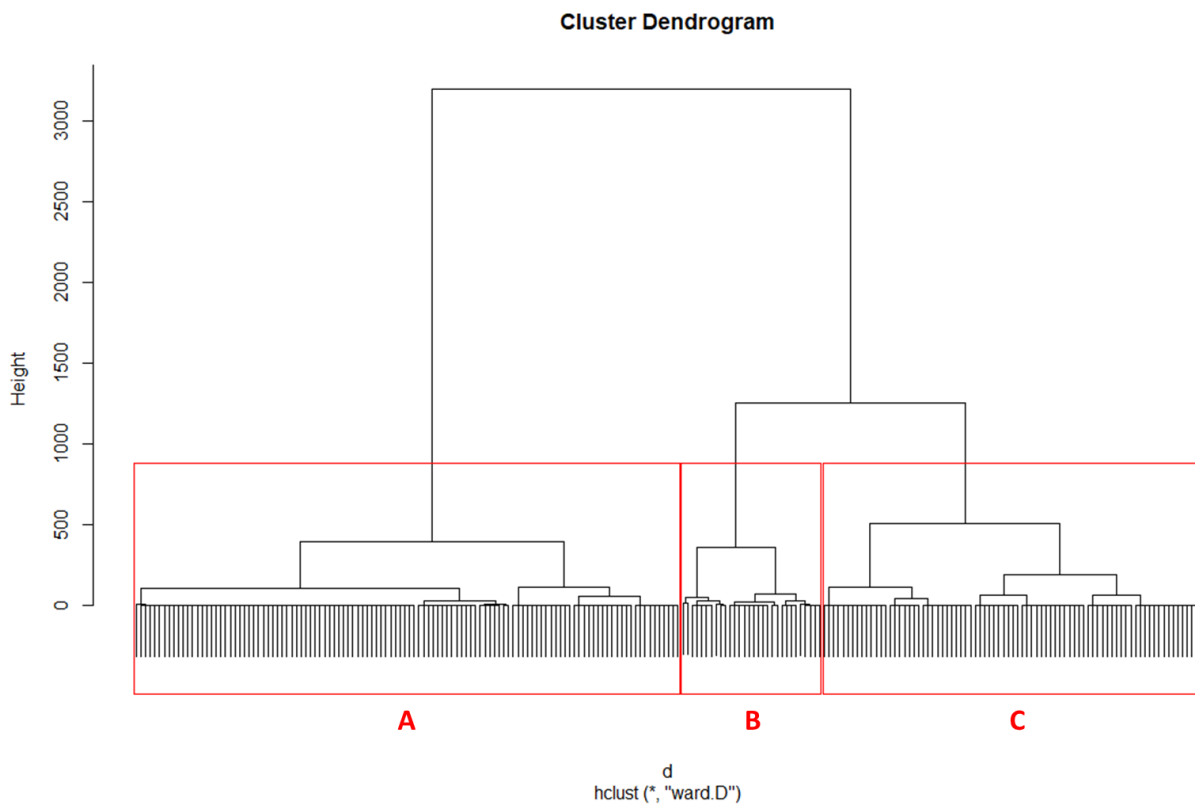


Figure 105 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec distance euclidienne et critère d'agrégation Ward réalisée à partir des mesures de profondeur d'enfouissement effectuées sur la plage de Rondinara le 22 janvier 2020.

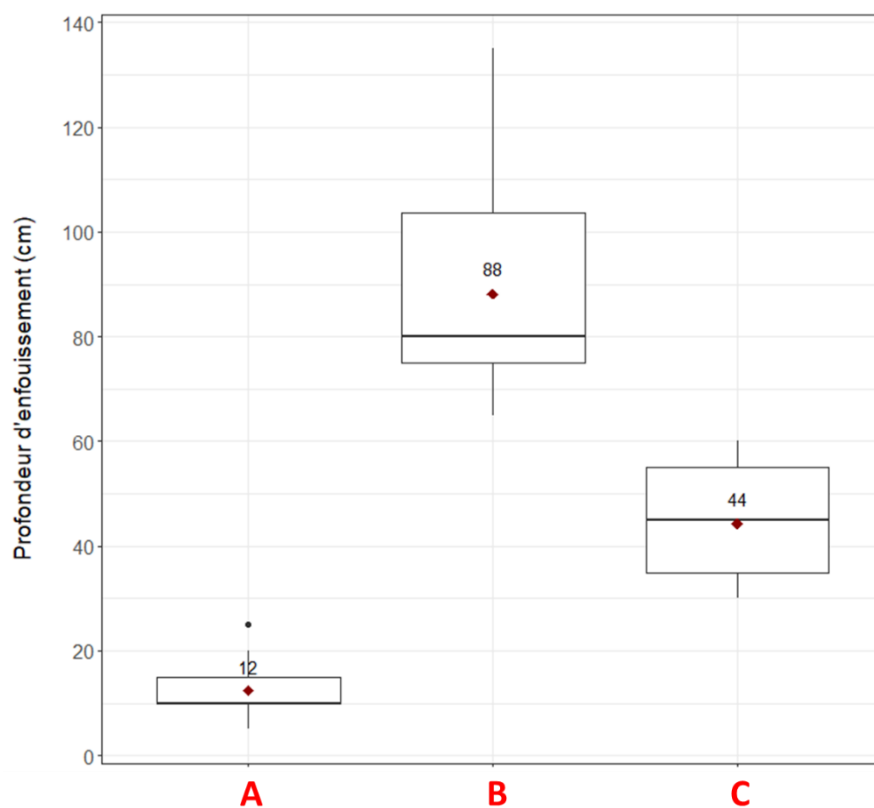


Figure 106 : Boxplots réalisés à partir des mesures de profondeur d'enfouissement effectuées sur la plage de Rondinara le 22 janvier 2020, sur base des 3 catégories identifiées par CAH.

2.2. Plage de Balistra

2.2.1. Evolution des banquettes

La plage de Balistra, du fait de sa grande taille et de l'importante quantité d'herbier de Posidonie présente au sein du golfe de Sant' Amanza, est un site relativement exposé aux dépôts de banquettes de Posidonie, notamment en périodes automnales et hivernales, comme le démontrent :

- la figure 108 qui représente de manière graphique l'évolution temporelle (variation mensuelle ou saisonnière) du nombre, de l'épaisseur moyenne, de la surface totale et du volume total de banquettes sur la plage ;
- la figure 109 illustrant de manière cartographique l'évolution spatiale de ces dépôts à chaque date de suivi.

Au total, 628 points GPS et 454 mesures d'épaisseur ont été pris d'août 2019 à janvier 2020 sur la plage de Balistra (Fig. 107).



Figure 107 : Prise de mesure de l'épaisseur d'une banquette fraîche d'environ 1,10m de hauteur au nord de la plage de Balistra le 22 janvier 2020 par un opérateur de STARESO.

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

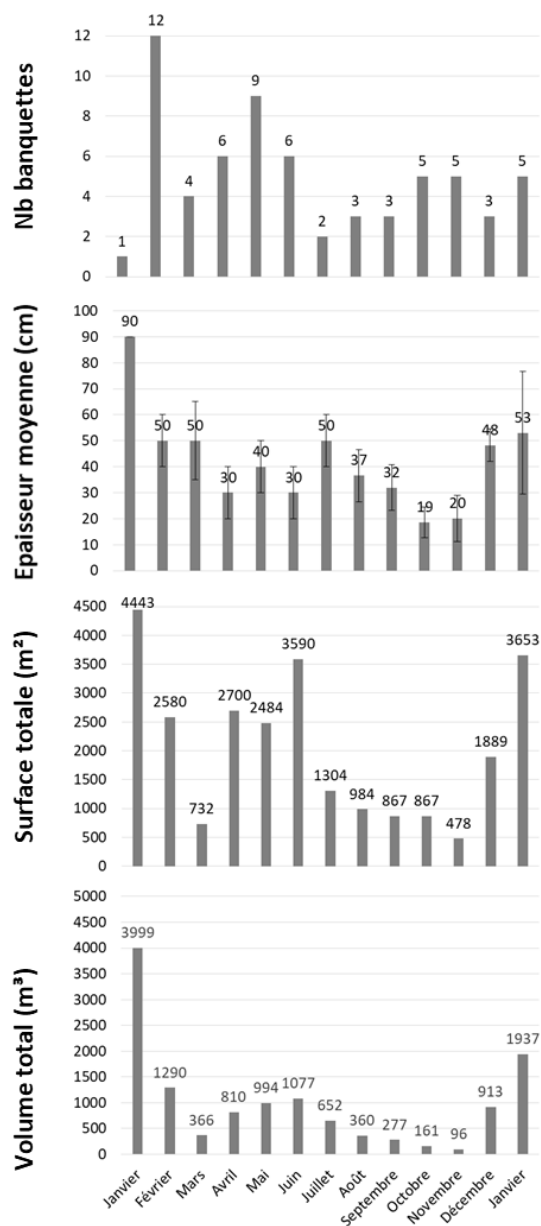


Figure 108 : Evolution mensuelle du nombre, de l'épaisseur moyenne, de la surface et du volume total de banquettes sur la plage de Balistra de janvier 2019 à janvier 2020

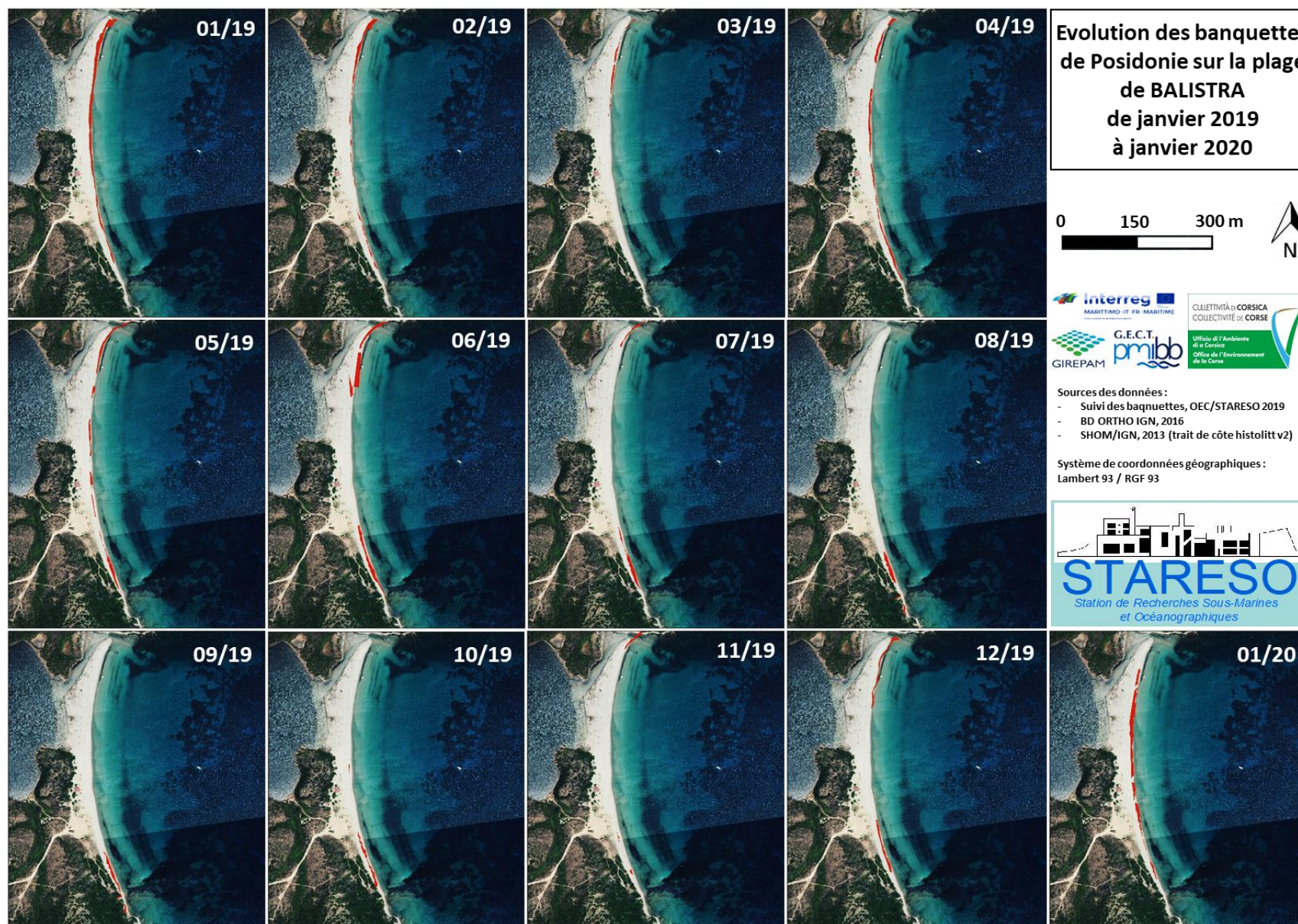


Figure 109 : Evolution spatiale des banquettes de Posidonie sur la plage de Balistra de janvier 2019 à janvier 2020

A l'image des observations faites sur la plage de Rondinara, les résultats obtenus sont en accord avec les connaissances relatives au cycle de vie de l'herbier de Posidonie. En effet, sur la plage de Balistra le nombre, l'épaisseur moyenne, la surface totale et le volume total de dépôts à l'échelle de la plage varient au cours du temps sont également plus importants lorsque l'herbier a perdu ses feuilles, autrement-dit en hiver (en janvier et février 2019 et en janvier 2020) et en automne (en décembre 2019) (Fig. 110).

Les valeurs maximales ont été relevées le 30 janvier 2019 avec 1 grande banquette de 90cm d'épaisseur en moyenne, et recouvrant une surface totale d'environ 4443m², soit un volume total de 3999m³ de banquettes de Posidonie sur la plage de Balistra.

Les valeurs minimales ont quant à elles été mesurées le 19 novembre avec seulement 5 banquettes de 20cm (+/-18cm) d'épaisseur en moyenne et représentant une surface totale de 478m², soit un volume total d'environ 96m³.

Les différences d'épaisseur (écart-types) les plus importantes ont été mesurées en mars 2019 et en janvier 2020. Ces écarts peuvent s'expliquer par :

- la période. En effet, il s'agit de la saison lors de laquelle il est généralement possible d'observer simultanément d'épaisses banquettes récemment accumulées et des banquettes relativement plus anciennes et tassées ;
- la grande variété d'épaisseur entre différentes banquettes humides voire au sein d'une même banquette humide.

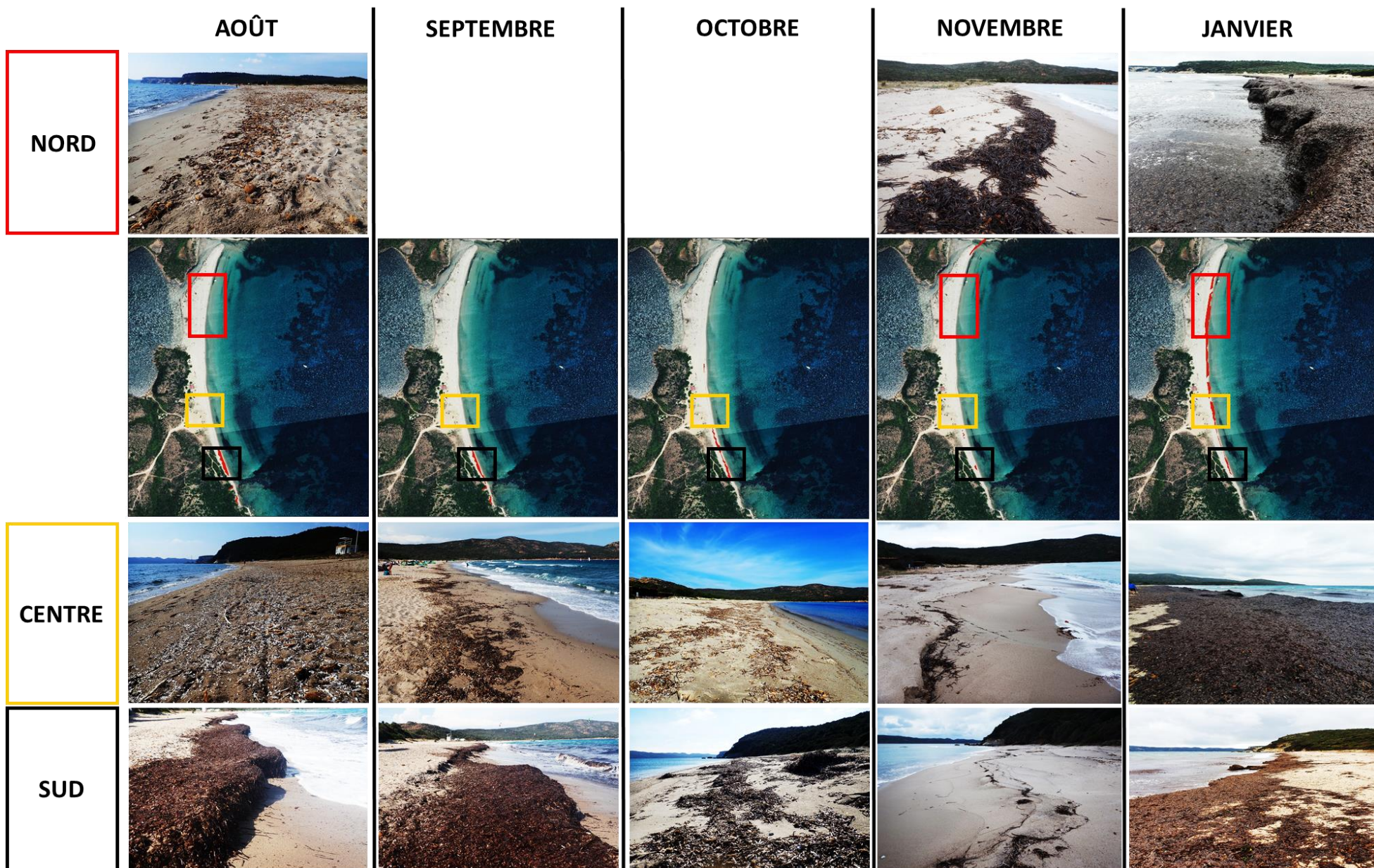


Figure 110 : Evolution temporelle des banquettes de Posidonie au nord, au centre et au sud de la plage de Balistra d'août à novembre 2019 et en janvier 2020

2.1.2. Compacité et typologie(s)

Les observations visuelles ainsi que les mesures de compacité effectuées le 22 janvier 2020 sur la plage de Balistra ont mis en évidence, à l'inverse de la plage de Rondinara, la présence de 5 banquettes appartenant à une seule typologie, appelée catégorie D pour ce cas d'étude. En effet, il s'agit de banquettes toutes d'apparence très fraîches et très humides, et toutes situées au plus près de l'eau donc certainement âgées de quelques jours (Fig. 111).

Les 224 mesures de compacité réalisées de manière homogène et aléatoire au sein de ces dépôts mettent en évidence que cette typologie de banquette a une profondeur d'enfouissement moyenne relativement importante (91cm +/- 17,8cm).

2.3. Conclusion

Les banquettes de Posidonie évoluent de manière spatio-temporelle selon les conditions météorologiques et géomorphologiques locales. A première vue, en considérant ces 2 plages, il existerait plusieurs typologies de banquettes d'âges différents et agencées transversalement ou longitudinalement au trait de côte.

Bien qu'il y ait de fortes variations interannuelles, les plages de Rondinara et de Balistra s'avèrent être des sites particulièrement exposés aux dépôts de banquettes de Posidonie.

Il apparaît donc nécessaire de gérer cet écosystème de manière adaptée, consciencieuse, globale et intégrée, autrement-dit en prenant en compte son rôle écologique non négligeable, la complexité des formations végétales adjacentes, la configuration particulière des sites et les enjeux économiques et touristiques locaux.

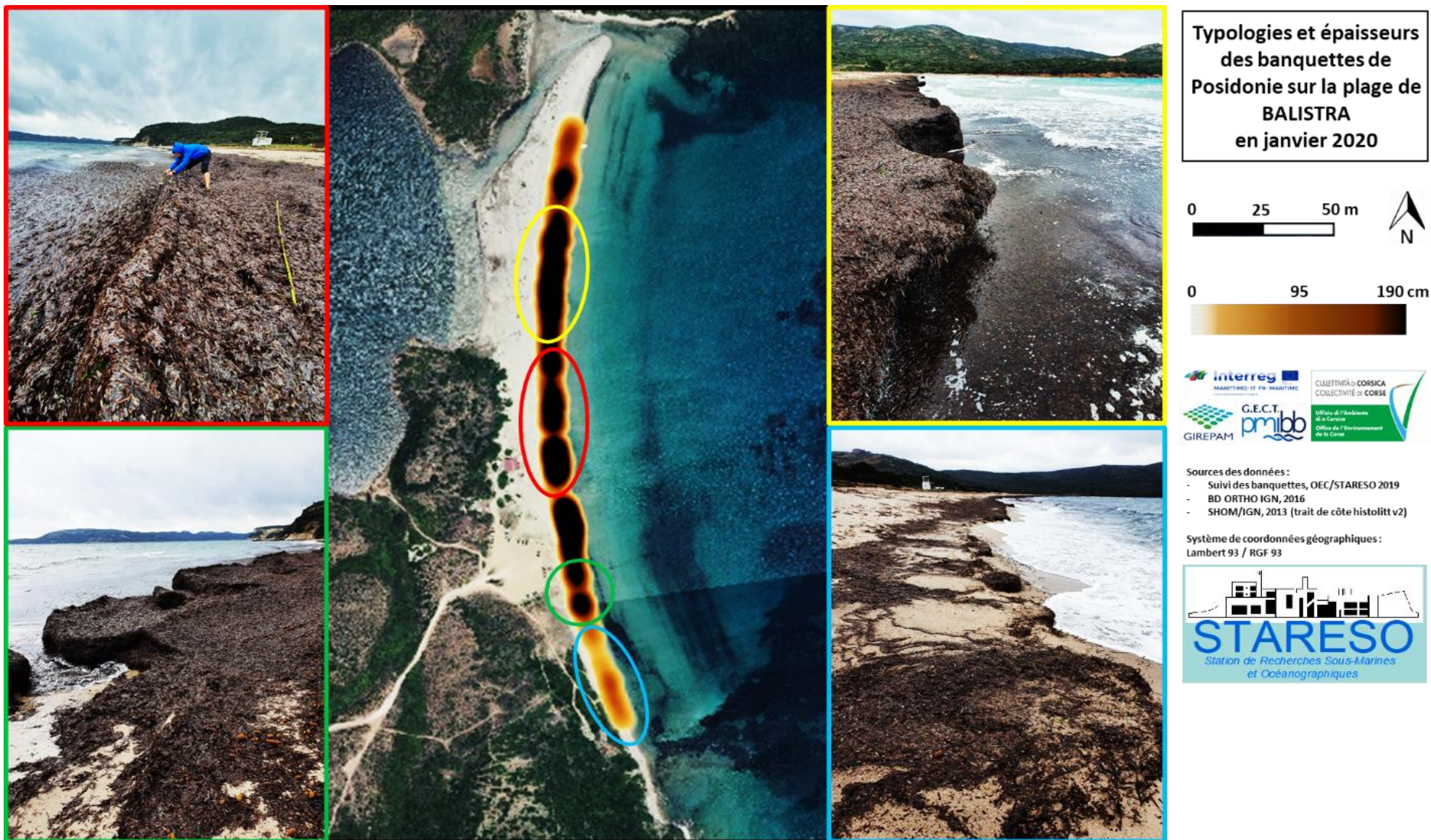


Figure 111 : Illustration des dépôts de banquettes d'une même typologie d'apparence très fraîche sur la plage de Balistra le 22 janvier 2020

3. La composition des banquettes en sédiments

Lors de la mission de janvier 2020, 36 carottages (18 par plage) ont été effectués à l'aide d'un carottier manuel de 20cm de côté, soit 0,008m³. Les mesures des teneurs en sédiments contenues au sein de différentes catégories de banquettes présentées ci-après ont permis d'apporter des éléments supplémentaires concernant à la fois le rôle écosystémique que celles-ci pourraient avoir et les contraintes techniques qu'une éventuelle gestion devrait considérer

3.1. Plage de Rondinara

Afin de déterminer la teneur en sédiments des 3 catégories de banquettes préalablement identifiées sur base des mesures de compacité, et en accord avec le plan d'échantillonnage, 6 carottes par typologie ont été prélevées (Fig. 112 et 113). Une mesure de compacité a également été faite au niveau de chaque point d'échantillonnage.



Figure 112: Carottage dans une banquette fraîche au nord de la plage de Rondinara en janvier 2020



Figure 113 : Carottage dans une banquette ancienne au sud de la plage de Rondinara en janvier 2020

En laboratoire, les carottes ont été intégralement tamisées dans l'eau afin de séparer la fraction minérale (sédiments) de la fraction organique (feuilles de Posidonie). Les fractions sédimentaires de chaque carotte ont été séchées à l'étuve puis pesées (Fig. 114).



Figure 114 : Fraction sédimentaire issue d'une carotte prélevée dans une banquette ancienne au sud de la plage de Rondinara en janvier 2020

Les valeurs obtenues ont ainsi été exprimées en poids sec de sédiments g/carotte et en poids sec de sédiments kg/m³.

Les résultats présentés dans le tableau 3 et la figure 115 ci-dessous correspondent aux moyennes des 6 carottes respectives de chaque typologie de banquettes (Annexe 19).

Tableau 3 : Résultats issus des mesures de poids secs des sédiments contenus dans les carottes pour les 3 typologies de banquettes du 23 janvier 2020

Typologies	A	B	C
Poids sec moyen (g) / carotte	1777,13	369,47	382,12
Ecart-type (g) / carotte	382	202,23	133,35
Poids sec moyen (kg) / m ³	222,14	46,18	47,76
Ecart-type (kg) / m ³	47,75	25,28	16,67

En moyenne, sur la plage de Rondinara, une banquette dite de catégorie A (très compacte) contient 222,14kg de sédiments par m³.

La teneur moyenne en sédiments des banquettes de cette typologie est donc 4,7 fois supérieure à celle des banquettes de catégorie C (moyennement compactes) (47,76kg/m³ +/- 16,67kg/m³) et 4,8 fois supérieure à celle des banquettes de catégorie B (peu compacte) (46,18kg/m³ +/- 25,28kg/m³) (Fig. 115).

Il existe une différence significative de teneur en sédiments entre les banquettes de catégories A (très compactes) et les 2 autres typologies ($p < 0,5$). Cependant, il n'existe aucune différence significative de teneur en sédiments entre les banquettes de catégories B (peu compactes) et C (moyennement compactes) ($p \text{ value} > 0,5$) (Fig. 114). Il est donc possible de supposer que seulement 2 typologies de banquettes étaient finalement présentes sur la plage de Rondinara ce 22 janvier 2020.

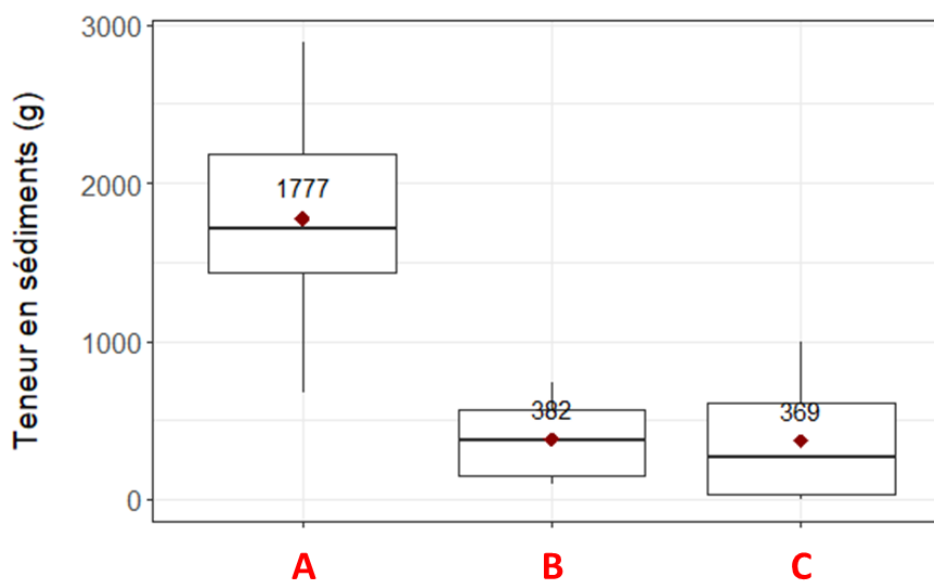


Figure 115 : Boxplots réalisés à partir des mesures de teneur en sédiments effectuées à partir des carottes prélevées dans chaque typologie de banquettes sur la plage de Rondinara le 23 janvier 2020.

3.2. Plage de Balistra

Etant donné la présence d'une seule typologie, et toujours dans un souci de respect du plan d'échantillonnage, 18 carottes ont été prélevées également de manière homogène et aléatoire au sein de ces dépôts répartis longitudinalement au trait de côte (Fig. 116).



Figure 116 : Carottage dans une banquette fraîche au centre de la plage de Balistra le 22 janvier 2020

Celles-ci aussi ont été intégralement tamisées dans l'eau afin de séparer la fraction minérale (sédiments) de la fraction organique (feuilles de Posidonie), et les fractions sédimentaires de chaque carotte ont également été séchées à l'étuve puis pesées pour être exprimées en poids sec de sédiments g/carotte et en poids sec de sédiments kg/m³. Les résultats montrent que ces carottes contiennent en moyenne 29,72g de sédiments secs par carotte, soit 3,71kg/m³ de banquette sur la plage de Balistra (Fig. 117, Annexe 20).

Ces teneurs relatives aux banquettes de catégorie D s'avèrent être nettement moins élevées (12,4 fois inférieures) que les plus faibles concentrations en sédiments relevées sur la plage de Rondinara dans les banquettes de catégorie B (peu compactes).



Figure 117 : Fraction sédimentaire issue d'une carotte effectuée dans une banquette d'apparence fraîche sur la plage de Balistra le 22 janvier 2020

3.3. Ensemble des 2 sites

Sachant qu'une mesure de teneur en sédiments a été systématiquement associée à une mesure de profondeur d'enfouissement, la corrélation entre ces 2 paramètres a été analysée pour les 36 points d'échantillonnage sur les 2 sites confondus. Les résultats démontrent qu'il existe une corrélation linéaire significative entre la profondeur d'enfouissement du pénétromètre et la teneur en sédiments des banquettes de Posidonie présentes sur ces 2 plages ($p = 5,739 \times 10^{-9}$) avec un coefficient de corrélation de Spearman de -0,80 (Fig. 118). Autrement-dit, plus la profondeur d'enfouissement de la tige augmente, plus la teneur en sédiments diminue. Une banquette peu compacte contiendrait donc peu de sédiment, et inversement.

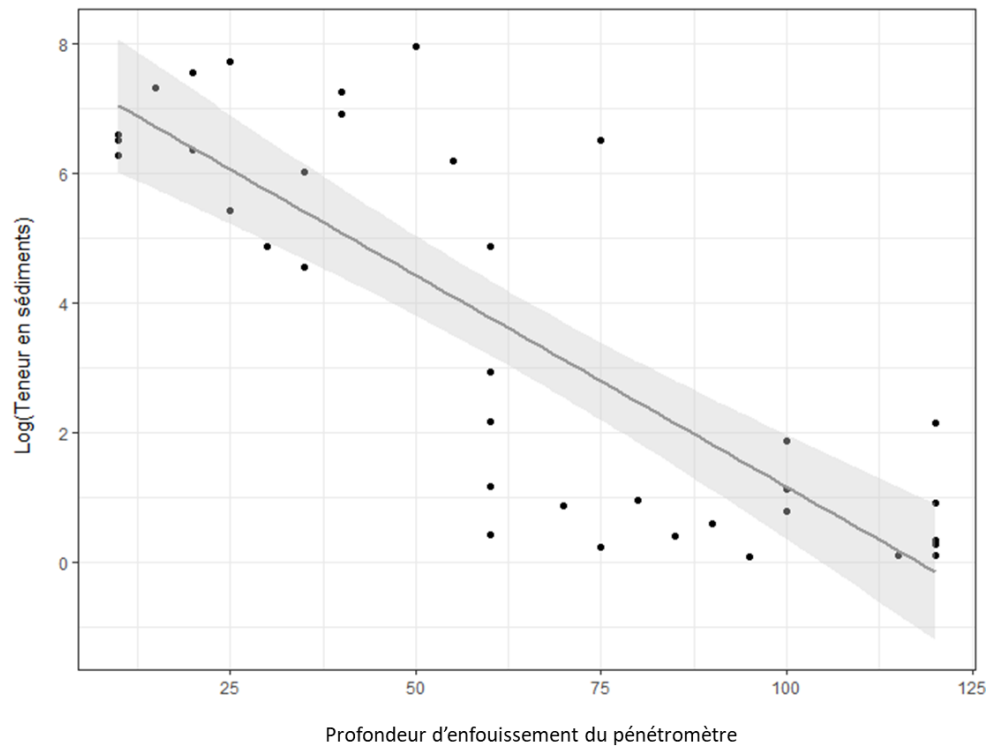


Figure 118 : Régression linéaire entre les paramètres « profondeur d'enfouissement du pénétromètre » et « teneur en sédiments » (données log-transformées) mesurés pour les 36 points d'échantillonnage réalisés dans les banquettes de Posidonie sur les plages de Rondinara et Balistra les 22 et 23 janvier 2020.

L'analyse des mesures de teneur en sédiments et de profondeur d'enfouissement pour les 2 sites confondus montre qu'il y a une différence significative concernant ces 2 paramètres entre les mesures faites dans les banquettes de Balistra et les mesures faites dans les 3 typologies de banquettes de Rondinara (p value < 0,05).

Comme évoqué précédemment, n'ayant pas de différence significative de teneur en sédiments entre les banquettes de catégories B et C de la plage de Rondinara, il serait finalement possible de définir 3 typologies significativement différentes pour les 2 paramètres considérés ($p < 0,05$) à l'échelle des 2 sites de la manière suivante (Fig. 119) :

- des banquettes dites de catégorie « A » sur la plage de Rondinara, relativement anciennes et caractérisées par une faible profondeur d'enfouissement (en moyenne 12cm) et une forte teneur

en sédiments (en moyenne $222,14\text{kg/m}^3$);

- des banquettes dites de catégorie « B+C » sur la plage de Rondinara caractérisées par une teneur en sédiments moyenne de $46,9\text{kg/m}^3$ et une profondeur d'enfouissement moyenne de 56cm ;
- des banquettes dites de catégories « D » sur la plage de Balistra, relativement fraîches, très peu compactes (avec une profondeur d'enfouissement moyenne de 91cm) et avec une très faible teneur en sédiments (en moyenne $3,71\text{kg/m}^3$).

Il s'agit néanmoins d'une hypothèse à confirmer grâce à d'autres suivis effectués sur plusieurs sites.

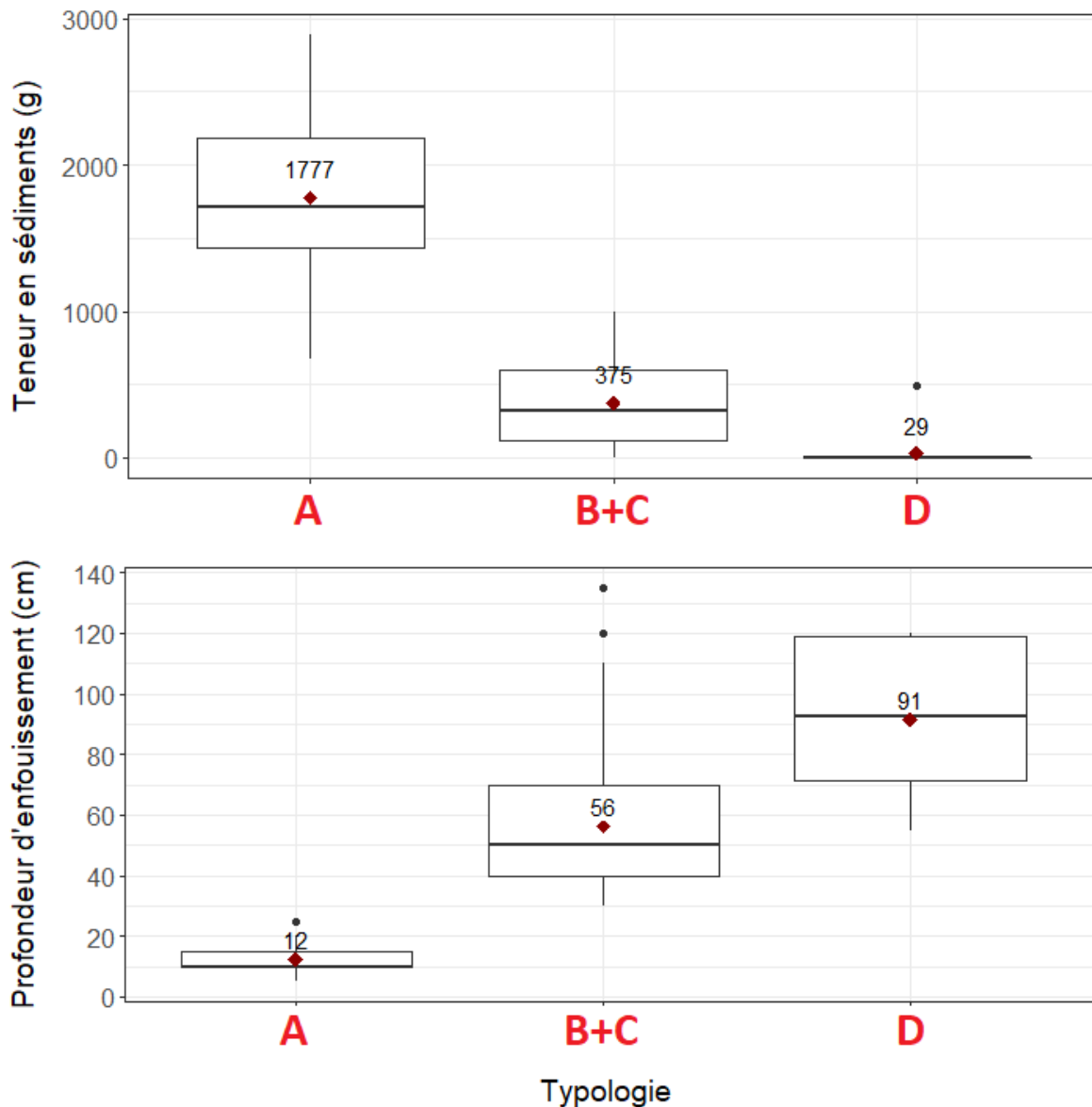


Figure 119 : Boxplots réalisés à partir des mesures de teneur en sédiments et de profondeur d'enfouissement effectuées dans les 3 typologies hypothétiques sur les plages de Rondinara et de Balistra les 22 et 23 janvier 2020, après fusion entre les mesures effectuées dans les banquettes de catégories B et C de Rondinara.

La réalisation d'un arbre de décision selon la méthode de partitionnement récursif à partir des 36 mesures de profondeurs d'enfouissement et de teneurs en sédiments, met en évidence, sur base de ces 3 ultimes typologies, un seuil de profondeur d'enfouissement de 53cm permettant de distinguer les banquettes de catégorie D, caractérisées par de grandes profondeurs d'enfouissement, de faibles teneurs en sédiments et une grande fraîcheur, des autres typologies (Fig. 120).

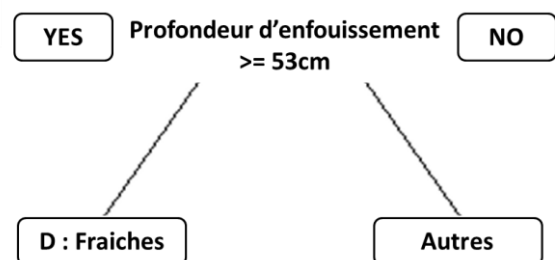


Figure 120: Arbre de décision réalisé à partir des mesures de profondeurs d'enfouissement et de teneurs en sédiments sur base des 3 typologies « A », « B+C » et « D » identifiées sur les plages de Rondinara et Balistra.

3.4. Conclusion

Cette présente étude constitue une tentative expérimentale visant notamment à distinguer plusieurs typologies de banquettes existantes selon leur teneur en sédiments. Ainsi, grâce à des mesures de compacité qui se sont avérées positivement corrélées avec la quantité de sédiments contenue dans l'ensemble des dépôts de Posidonie, il a été possible de définir un seuil (profondeur d'enfouissement de 53cm) permettant de différencier les banquettes fraîches contenant peu de sédiments des autres typologies de banquettes plus anciennes davantage chargées en sédiments.

Cette étude pilote, au moins sur ces 2 plages et sur la base de ces données, montre donc qu'il existe une méthode reproductible (pénétrromètre) permettant de différencier les banquettes fraîches des autres typologies de banquettes à l'aide d'une valeur seuil d'environ 50cm. Cette étude pourrait ainsi servir d'outil ou d'aide à la prise de décision pour les gestionnaires concernant, d'une part, l'éventuelle nécessité de réaliser de futures opérations de déplacements de banquettes, et d'autre part, le choix exact des banquettes à déplacer dans le cas où une telle opération s'avère nécessaire.

4. Bilan, préconisations et recommandations

Les plages de Rondinara et de Balistra, présentant des enjeux économiques, touristiques et environnementaux importants, représentent des sites d'étude complexes.

Cette étude a permis, sur les 2 sites considérés :

- de caractériser de manière précise, selon la méthode phytosociologique sigmatiste et sous Système d'Information Géographique (SIG), la végétation dunaire ; caractérisation à partir de laquelle il a été possible de définir et de classifier les différents habitats naturels présents en 2019 ;
- d'analyser de manière quantitative et qualitative l'évolution spatio-temporelle des différents groupements végétaux par comparaison avec les précédents suivis de 1993 et 1994 ;
- de mettre en évidence l'impact anthropique sur cette végétation ;
- d'étudier l'évolution spatio-temporelle des différents dépôts de banquettes de Posidonie grâce à une géolocalisation mensuelle et à des calculs d'épaisseurs, de surfaces et de volumes de ces accumulations ;
- de distinguer plusieurs typologies de banquettes caractérisées par des teneurs en sédiments différentes grâce à la réalisation de mesures de compacité et d'échantillonnages au sein de ces dépôts.

Les paramètres considérés lors de cette étude (l'épaisseur, la compacité et la teneur en sédiments) se sont avérés être des indicateurs de typologies de banquettes faciles à appréhender pour les gestionnaires d'espaces littoraux. En effet, cette étude préliminaire a finalement permis d'apporter des éléments de connaissance nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion intégrée des banquettes de Posidonie en accord avec la

végétation et les enjeux économiques présents sur ces 2 sites.

4.1. Modalités de déplacement

De nombreuses études ont d'ores et déjà démontré le rôle de barrière naturelle contre l'érosion qu'ont les banquettes récemment accumulées sur les plages et situées en bordure d'eau.

Néanmoins, lorsque ces banquettes deviennent problématiques d'un point de vue sécuritaire comme pour Balistra en 2017 où elles empêchaient l'accès au poste de secours et au dispositif mis en place pour les personnes à mobilités réduites (PMR), des opérations de déplacement sont préconisées (Cancemi *et al.*, 2017).

Ainsi, s'il devait y avoir un nettoyage des plages pour une quelconque raison justifiée répondant aux critères fixés par la lettre du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie de 2014, cette opération devrait :

- ne considérer que les banquettes de typologie fraîche caractérisées par une faible teneur en sédiments et par une compacité $\geq 53\text{cm}$. Les dépôts anciens contenant de grandes quantités de sédiments et étant fortement compacts, sont en équilibre et ont un rôle écologique bien ancré avec le reste du système dunaire. De plus, en raison de leur faibles concentrations en sédiments, les banquettes fraîches sont nettement moins contraignantes à déplacer ;
- se dérouler juste avant l'été lorsque la probabilité qu'il y ait des conditions météorologiques favorables à l'érosion soit minimale ;
- utiliser une technique de déplacement et de stockage douce, ne dégradant pas les communautés végétales présentes sur le site et prenant en

compte le fait que ces banquettes puissent être valorisées ou remises à leur place initiale après la saison estivale ;

- imaginer un lieu de stockage sur ou à proximité immédiate de la plage avec un accès facile, là où il n'existe ni enjeux économiques, environnementaux, de circulation ou sécuritaires, et où la surface est suffisamment grande pour le volume à stocker.

4.2. Lieux de stockage

4.2.1. Plage de Rondinara

Sur la plage de Rondinara, les sites les plus adaptés semblent être :

- l'unité 13 de 2019 « Rentrant dans le maquis » située au sud de la plage au pied de la colline, là où il y a déjà des accumulations de feuilles mortes de Posidonie disséminées par le vent et où la fréquentation est relativement moins importante, notamment dans sa partie méridionale. Malgré une surface relativement réduite (environ 188m²), le stockage de feuilles de Posidonie à cet endroit pourrait permettre le développement de la végétation de maquis à *Juniperus phoenica* subsp. *turbinata* sur une forte pente soumise à l'érosion. Cette possibilité semble également pertinente car le stockage de feuilles mortes de Posidonie pourrait y permettre le développement de mosaïques anciennement présentes en 1994 mais aujourd'hui disparues à cause de la fréquentation humaine et de l'extension des surfaces bâties (unité 7 de 1993 : Mosaïque clairsemée : *Pancratium maritimum* / *Cutandia*, et unité 14 de 1993 : Mosaïque : *Pancratium maritimum* / *Sileno* – *Vulpietum* / *Cutandia*).
- l'unité 2 de 2019 correspondant au sable nu.

4.2.2. Plage de Balistra

Concernant la plage de Balistra, le site le plus adapté semble correspondre à l'unité 15 (vert clair) de 2019 « Cistaie et pelouse de substitution au maquis bas très dégradé » qui correspond à une zone de maquis dégradé où se développe une végétation de substitution. Cette unité est située dans la partie centrale de la plage, sur un terrain plat au sud du parking et en arrière du poste de secours. D'une surface de 1638m², elle présente un fort potentiel pour le stockage d'une quantité importante de banquettes et pourrait même suffire à elle seule pour accueillir une grande partie des dépôts frais de Posidonie. Néanmoins, il serait bien de laisser libre une partie de cette unité pour tout de même permettre l'évolution naturelle de cette mosaïque. De plus, il apparaît important de signaler la présence de « Pelouses claires à *Sporobolus pungens* et *Elytrigia juncea* dominants (*Sporobolus-Elmetum farctii*) » (unité 4) qu'il faudra absolument préserver de tout impact.

C'est donc en accord avec les principes et les recommandations de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, et de l'Energie, 2017) que cette étude pilote prône et peut s'avérer utile à :

- l'expérimentation et à l'innovation de méthodes et de techniques de gestion souple des côtes ;
- la protection et la restauration des écosystèmes côtiers qui contribuent à limiter l'impact des risques littoraux sur les activités et les biens ;
- une gestion intégrée du trait de côte prenant en compte les 3 piliers du développement durable (économie, social, environnement), la dimension culturelle (patrimoine littoral, paysages...) et la transition énergétique et écologique.



Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- 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 *Posidonia* 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 du trait de côte en Haute-Corse*. 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'Ecologie, du Développement durable, et de l'Energie (2017). Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte. 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. Réunion. 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.



Annexes

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau phytosociologique, plage de Rondinara, le 5 septembre 2019. Groupement à *Sporobolus pungens*

Tableau 1. Groupement à <i>Sporobolus pungens</i>			
N° de relevé (tableau)	1	2	3
N° de relevé (archive Rondinara, 5 septembre 2019)	1	4	6
Extrémité nord de la plage ouest du golfe de Rondinara	+	+	.
Sud de la partie nord de la plage ouest	.	.	+
Assez près de l'embouchure de l'étang de Rondinara	+	+	.
Sable recouvrant le bas des rochers	.	.	+
Anciens dépôts de Posidonie sous le sable	+	+	.
Quelques aegagropyles	+	.	.
Surface (m2)	600	160	20
Recouvrement (%)	40	70	20
Nombre d'espèces	4	5	2
Caractéristique d'association			
<i>Sporobolus pungens</i>	2b	2a	2b
Compagnes des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>			
<i>Eryngium maritimum</i>	1	+	.
<i>Medicago marina</i>	.	1	1
<i>Polygonum maritimum</i>	+	+	.
<i>Glaucium flavum</i>	+	+	.
<i>Echinophora spinosa</i>	+	.	.
<i>Euphorbia paralias</i>	+	.	.
<i>Pancratium maritimum</i>	.	+	.
<i>Convolvulus soldanella</i>	.	+	.
Espèces des <i>Cakiletea</i>			
<i>Euphorbia pepelis</i>	2a	r	.
<i>Kali australis</i>	.	+	.
Autres espèces			
<i>Limbaria crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	+	.	.
<i>Carpobrotus edulis</i>	1	.	.

Annexe 2 : Tableau phytosociologique, plage de Rondinara, le 5 septembre 2019. Groupement à *Cynodon dactylon*

Tableau 2. Groupement à <i>Cynodon dactylon</i>	
N° de relevé (tableau)	1
N° de relevé (archive Rondinara, 5 septembre 2019)	2
Extrémité nord de la plage ouest du golfe de Rondinara	+
Entre la butte d'anciens dépôts de Posidonie (sous le	+
Quelques aegagropyles	+
Surface (m2)	30
Recouvrement (%)	40
Nombre d'espèces	9
Strate basse	
Caractéristiques du groupement	
<i>Cynodon dactylon</i>	2b
<i>Plantago coronopus</i> subsp. <i>coronopus</i>	1
Autres espèces	
<i>Polygonum aviculare</i>	1
<i>Lobularia maritima</i>	1
<i>Polygonum maritimum</i>	+
<i>Cakile maritima</i>	r
Strate haute	
<i>Dittrichia viscosa</i>	1
<i>Dittrichia graveolens</i>	+
<i>Glaucium flavum</i>	+

Annexe 3 : Tableau phytosociologique, plage de Rondinara, le 5 septembre 2019. Groupement à *Euphorbia peplis*

Tableau 3. Groupement à <i>Euphorbia peplis</i>	
N° de relevé (tableau)	1
N° de relevé (archive Rondinara, 5 septembre 2019)	3
Extrémité nord de la plage ouest du golfe de Rondinara	+
Entre les <i>Juncus acutus</i> et les <i>Tamarix africana</i> du bord de l'étang	+
Quelques aegagropyles	+
Surface (m2)	100L
Recouvrement (%)	40
Nombre d'espèces	6
Strate basse	
Caractéristique du groupement	
<i>Euphorbia peplis</i>	2b
Autres espèces	
<i>Plantago coronopus</i> subsp. <i>coronopus</i>	1
<i>Sporobolus pungens</i>	+
<i>Polygonum maritimum</i>	+
Strate haute	
<i>Dittrichia viscosa</i>	1
<i>Glaucium flavum</i>	1

Annexe 4 : Tableau phytosociologique, plage de Rondinara, le 5 septembre 2019. Maquis à *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* et *Pistacia lentiscus*

Tableau 4. Maquis à <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> et <i>Pistacia lentiscus</i>		
N° de relevé (tableau)	1	2
N° de relevé (archive Rondinara, 5 septembre 2019)	7	9
Quart nord de la plage ouest du golfe de Rondinara	+	.
Quart sud du site		+
Entre l'étang et la plage dénudée	+	.
Sur sable	+	.
Sur colluvions avec, par place, un peu de sable		+
Quelques aegagropyles	+	.
Surface (m2)	100	200
Recouvrement (%)	80	100
Hauteur maximale (m)	4	4
Nombre d'espèces	4	
Caractéristiques		
<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i>	3	5.5
<i>Pistacia lentiscus</i>	2b	2a
<i>Myrtus communis</i>	.	+
Espèce plantée		
<i>Pinus halepensis</i>	2b	.
Autres espèces		
<i>Ruscus aculeatus</i>	2a	+
<i>Smilax aspera</i>	.	1
<i>Clematis flammula</i>	.	+

Annexe 5 : Tableau phytosociologique, plage de Rondinara, le 5 septembre 2019. Groupement à *Juncus acutus* et *Scirpoides holoschoenus*

Tableau 5. Groupement à <i>Juncus acutus</i> et <i>Scirpoides holoschoenus</i>	
N° de relevé (tableau)	1
N° de relevé (archive Rondinara, 5 septembre 2019)	9
Sud de la partie centrale de la plage ouest	+
Bord du petit ruisseau temporaire	+
Sur sable	+
Surface (m2)	70
Recouvrement (%)	80
Nombre d'espèces	9
Caractéristiques du groupement d'association	
<i>Juncus acutus</i>	2a
<i>Scirpoides holoschoenus</i>	4
Autres espèces	
pérennes des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>	
<i>Convolvulus soldanella</i>	2a
<i>Pancratium maritimum</i>	+
autres pérennes	
<i>Carpobrotus edulis</i>	2a
<i>Dittrichia viscosa</i>	1
<i>Lobularia maritima</i>	+
thérophytes	
<i>Scolymus hispanicus</i>	1
<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i>	1

Annexe 6 : Tableau de correspondance entre les relevés phytosociologiques et les tableaux 1 à 12 par groupement

Tableau annexe 1. Correspondances entre les relevés phytosociologiques et les tableaux 1 à 12								
N° de relevé	N° de tableau	Caractéristique du tableau	N° de relevé	N° de tableau	Caractéristique du tableau	N° de relevé	N° de tableau	Caractéristique du tableau
1	9	<i>Spartina patens</i>	29	4	<i>Achillea maritima</i>	57	7	Maquis
2	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	30	9	<i>Spartina patens</i>	58	7	Maquis
3	1	<i>Sporobolium</i>	31	1	<i>Sporobolium</i>	59	7	Maquis
4	2	<i>Sporob-Elymetum</i>	32	1	<i>Sporobolium</i>	60	7	Maquis
5	4	<i>Limbarda-Elymet</i>	33	9	<i>Spartina patens</i>	61	7	Maquis
6	5	<i>Ammophiletum</i>	34	10	Vég. Pionnière	62	7	Maquis
7	5	<i>Ammophiletum</i>	35	10	Vég. Pionnière	63	.	Mosaïque à <i>Dittrichia</i>
8	2	<i>Sporob-Elymetum</i>	36	3	<i>Eryng-Echinoph</i>	64	.	Mosaïque à <i>Dittrichia</i>
9	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	37	4	<i>Achillea maritima</i>	65	6	<i>Lomelosia</i>
10	9	<i>Spartina patens</i>	38	1	<i>Sporobolium</i>	66	11	<i>Elytrigia acuta</i>
11	9	<i>Spartina patens</i>	39	4	<i>Achillea maritima</i>	67	2	<i>Sporob-Elymetum</i>
12	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	40	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	68	2	<i>Sporob-Elymetum</i>
13	9	<i>Spartina patens</i>	41	4	<i>Achillea maritima</i>	69	1	<i>Sporobolium</i>
14	9	<i>Spartina patens</i>	42	6	<i>Heli-Scrophularia</i>	70	12	<i>Cynodon</i>
15	7	Maquis	43	6	<i>Heli-Scrophularia</i>	71	12	<i>Cynodon</i>
16	2	<i>Sporob-Elymetum</i>	44	4	<i>Polygonum marit.</i>	72	3	<i>Eryng-Elymetum</i>
17	2	<i>Sporob-Elymetum</i>	45	4	<i>Polygonum marit.</i>	73	2	<i>Sporob-Elymetum</i>
18	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	46	4	<i>Polygonum marit.</i>	74	3	<i>Eryng-Elymetum</i>
19	4	<i>Limbarda-Elymet</i>	47	3	<i>Eryng-Sporobol</i>	75	12	<i>Cynodon</i>
20	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	48	4	<i>Polygonum marit.</i>	76	2	<i>Sporob-Elymetum</i>
21	6	<i>Lomelosia</i>	49	5	<i>Ammophiletum</i>	77	12	<i>Cynodon</i>
22	9	<i>Spartina patens</i>	50	7	Maquis	78	2	<i>Sporob-Elymetum</i>
23	4	<i>Limbarda-Elymet</i>	51	7	Maquis	79	2	<i>Sporob-Elymetum</i>
24	8	<i>Limbarda</i>	52	7	Maquis	80	6	<i>Heli-Scrophularia</i>
25	9	<i>Spartina patens</i>	53	7	Maquis	81	6	<i>Heli-Scrophularia</i>
26	9	<i>Spartina patens</i>	54	7	Maquis	82	6	<i>Heli-Scrophularia</i>
27	9	<i>Spartina patens</i>	55	7	Maquis	83	3	<i>Eryng-Elymetum</i>
28	3	<i>Eryng-Elymetum</i>	56	7	Maquis			

Annexe 7 : Groupement à *Sporobolus pungens* (*Sporobolus arenarii*)

N° de relevé (tableau)	1	2	3	4	5		
N° de relevé (archive du 27 août 2019)	3	38	31	32	.		
N° de relevé (archive du 5 septembre 2019)	.	.	.	.	69		
Nord du site	+	.	.	.	.
Centre du site	.	+	+	+	.		
Sud du restaurant	.	.	.	.	+
Près de l'étang	.	.	+	+	.		
Près du parking	.	.	.	.	+
En arrière de la plage	+	+	.	.	.		
Butte éolienne	.	+	.	.	.		
Présence d'aegagropiles	+	.	.	.	.
Sur sable	+	+	+	.	.		
Sur rejet de débris de Posidonies	.	.	.	+	.		
Sur un mélange de sable et de terre	.	.	.	.	+
Surface (m2)	100	50	30	40	100		
Recouvrement (%)	70	70	90	50	60		
Nombre d'espèces	3	3	3	9	4	m=4,4	
Espèces des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i> caractéristiques						P	CR
<i>Sporobolus pungens</i>	4.5	4.5	5.5	3.5	3.5	5	5750
<i>Elytrigia juncea</i>	+	1.3	.	1	.	3	104
compagnes							
<i>Eryngium maritimum</i>	+	1.3	.	1	.	3	104
<i>Achillea maritima</i>	.	.	.	r	.	1	2
<i>Echinophora spinosa</i>	.	.	.	r	.	1	2
Espèces des milieux humides							
<i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	.	.	1	2a	.	2	220
<i>Halimione portulacoides</i>	.	.	+	.	.	1	4
<i>Spartina patens</i>	.	.	.	+	.	1	4
<i>Limonium virgatum</i>	.	.	.	+	.	1	4
<i>Limonium narbonense</i>	.	.	.	+	.	1	4
Autres espèces pérennes							
<i>Dittrichia viscosa</i>	.	.	.	.	1	1	50
<i>Carex flacca</i>	.	.	.	.	1	1	50
thérophyte							
<i>Plantago coronopus</i> subsp. <i>coronopus</i>	.	.	.	.	2a	1	170

Annexe 8 : Groupement à *Sporobolus pungens* et *Elytrigia juncea* (*Sporobolus pungentis-Elymetum farcti*)

99

N° de relevé (tableau)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N° de relevé (archive du 27 août 2019)	4	8	16	17	.	.	.	.	.	.
N° de relevé (archive du 5 septembre 2019)	.	.	.	.	67	68	76	73	78	79		
Nord du site	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Sud du restaurant	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
Partie sud de la plage	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Près de l'étang	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Près du parking	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.
En arrière de la plage	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Haut du cordon sableux	.	.	.	+	.	.	+	.	+	+		
Présence d'aegagropiles	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Sur sable	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Sur rejet de débris de Posidonies	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Mélange de sable et de terre	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Surface (m2)	60	200	100	200L	100	70	100	70	50L	60		
Recouvrement (%)	70	70	60	70	70	70	70	50	60	50		
Nombre d'espèces	4	6	4	5	9	10	11	9	6	9	m=7,3	
Espèces des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i> caractéristiques											P	CR
<i>Sporobolus pungens</i>	3	3	3.5	2b	2b	3	3	2b	2b	2b	10	2800
<i>Elytrigia juncea</i>	3	2b	2a	3	2b	3	2b	2a	2a	2a	10	1920
compagnes												
<i>Eryngium maritimum</i>	1	1	2a	2a	2a	+	2a	1	1	2a	10	527
<i>Echinophora spinosa</i>	.	+	.	1	+	.	+	1	.	+	6	58
<i>Achillea maritima</i>	2a	1	.	2a	.	.	+	.	2b	.	5	382
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>	.	.	.	.	2a	1	+	.	1	2a	5	222
<i>Pancratium maritimum</i>	.	.	.	.	2a	1	1	+	+	.	5	139
<i>Polygonum maritimum</i>	.	r	.	.	+	.	.	.	.	.	2	3
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	
<i>Convolvulus soldanella</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1	2
Espèces des <i>Cakiletea</i>												
<i>Kali australis</i> (<i>Salsola kali</i>)	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	2	27
<i>Euphorbia peplis</i>	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	2	27
<i>Cakile maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	2	27
Espèces des milieux humides												
<i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	25
Autres espèces												
<i>Dittrichia viscosa</i>	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	2	27
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	2	27
<i>Cynodon dactylon</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	28
<i>Dactylis hispanica</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	2
<i>Scolymus hispanicus</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	2
<i>Daucus carota</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	2
<i>Lobularia maritima</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	1
<i>Smilax aspera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	2
<i>Helichrysum italicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	2

Annexe 9 : Eryngio maritimi-Elymetum farcti typicum (A). Groupement à Eryngium maritimum et Echinophora spinosa (B). Groupement à Eryngium maritimum et Sporobolus pungens (C)

N° de relevé (tableau)	A											B	C	P	CR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
N° de relevé (archive du 27 août 2019)	9	12	2	18	20	28	40	83	.	.	.	36	47		
N° de relevé (archive du 5 septembre 2019)	72	74	.	.	.		
Nord du cordon sableux de Balistra	+	+	+		
Centre du site	.	.	.	+	+	+	+	+	+		
N du restaurant	+	.	.	+	+		
Très près du restaurant	+		
Près de la plage	+		
Butte éolienne	+		
Bas du parking: mélange de terre et de sable	+	.	.	.		
Haut de plage	+	.	.		
Surface (m2)	100	200	100	200	200	200	120	12	30	40	200	150			
Recouvrement (%)	60	60	50	70	60	70	70	50	50	70	70	70	m=7,4		
Nombre d'espèces	5	8	4	8	8	10	5	4	8	6	6	7	A		
Espèces des Euphorbia-Ammophiletea															
Caractéristiques d'association															
<i>Elytrigia juncea</i>	2b	2a	3	3	2a	3	3	2b	2a	3	.	.	10	2361	
<i>Eryngium maritimum</i>	2b	2b	2a	2b	2b	2b	2b	3	1	2a	4.5	3	10	1772	
autres espèces des Euphorbia-															
<i>Echinophora spinosa</i>	2b	2a	.	+	2a	2a	+	.	.	.	1	.	6	493	
<i>Sporobolus pungens</i>	1	1	1	2a	1	1	.	.	.	2a	1	2b	7	300	
<i>Achillea maritima</i>	1	+	+	1	+	+	1	.	.	.	.	.	7	90
<i>Lotus cytoides</i> subsp. <i>conradiæ</i>	.	2b	.	.	2a	2a	.	.	1	.	.	2a	4	422	
<i>Pancreum maritimum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1	2a	r	2a	4	126
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	3	32
<i>Polygonum maritimum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	+	1	.	1	3	32
<i>Plantago coronopus</i> subsp. <i>humilis</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	27
<i>Glaucium flavum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2
Espèces des Cakiletea															
<i>Euphorbia pepelis</i>	.	.	.	.	r	.	.	.	1	.	.	.	2	28
<i>Cakile maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1	2
<i>Kali australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	1	1
Espèces des milieux humides															
<i>Spartina patens</i>	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	1	94
<i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	r	.	1	27
<i>Juncus acutus</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	1	1
<i>Scirpoides holoschoenus</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	.	1	1
Espèces des ourlets															
<i>Scrophularia ramosissima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a.2	.	.
<i>Helichrysum italicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
autres espèces															
<i>Plantago coronopus</i> subsp. <i>coronopus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	1	416
<i>Daucus carota</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	2

Annexe 10 : Autres groupements des "dunes embryonnaires". A : Sous-association à *Achillea maritima* au sein de l'*Eryngio-Elymetum farcti*. B : Groupement à *Polygonum maritimum*. C : Groupement à *Limbarda crithmoides* et *Elytrigia juncea* (*Inulo crithmoidis-Elymetum farcti*).

N° de relevé (tableau)	A				B				C			A	B	C
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
N° de relevé (archive 27 août 2019)	39	37	29	41	46	44	.	45	19	5	23			
N° de relevé (archive 5 septembre 2019)	.	.	.	.	.	.	48	.	.	.	.
Nord du site	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Centre du site	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+
Près de l'étang	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Près du restaurant	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
N du restaurant	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Près de la plage	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Butte éolienne	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+
Accumulation de feuilles de Posidonie	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Quelques aegagropiles	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Surface (m2)	16	160	200	200	2	20	1	40	150	10	80			
Recouvrement (%)	80	70	70	55	90	60	90	80	60	85	60			
Nombre d'espèces	4	5	10	9	4	5	3	12	7	4	8			
Caractéristiques d'association												A	B	C
<i>Elytrigia juncea</i> (<i>Elymus farctus</i>)	2a	2a	2b	+	2b.3	.	.	1	3	2a	2a	892	700	1816
<i>Eryngium maritimum</i>	1	2b	2a	2b	2a.3	+	1	2b	2a	+	2b	1200	906	906
Caractéristiques de sous-associations														
<i>Achillea maritima</i> (<i>Otanthus maritimus</i>)	4.4	3	3	2b	2b.3	.	.	.	.	.	+	3900	616	6
<i>Polygonum maritimum</i>	.	.	+	.	3.3	4	4	2b	.	.	.	4	4525	.
<i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	4.5	2b	.	.	3316
Compagnes des Euphorbia-Ammophiletea														
<i>Echinophora spinosa</i>	.	1	1	2a	.	.	.	1	r	.	+	337	83	9
<i>Sporobolus pungens</i>	2a	.	2a	1	.	+	.	2a	1	2b	1	487	290	783
<i>Lotus cytoides</i> subsp. <i>conradiæ</i>	.	.	1	1	.	.	.	2a	.	.	.	125	283	.
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	67	.	.
<i>Convolvulus soldanella</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	83
<i>Pancreum maritimum</i>	.	.	.	1	.	+	2b	2b	.	.	.	62.5	623	.
<i>Medicago marina</i>	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
<i>Euphorbia paralias</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
Espèces des Cakiletea														
<i>Cakile maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	6	.
<i>Euphorbia pepelis</i>	.	.	r	.	.	.	+	.	.	.	.	2	6	.
<i>Kali australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	6	3
Espèces des Helichryso-Crucianelletea														
<i>Lomelosia rutifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	6	.
<i>Helichrysum italicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	6	.
Espèce des milieux humides														
<i>Spartina patens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	90
Autres														
<i>Lobularia maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	6	.

Annexe 11 : Dunes à oyat (*Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*) (*Ammophiletum arundinaceae*)

N° de relevé (tableau)	1	2	3
N° de relevé (archive 27 août 2019)	6	7	.
N° de relevé (archive 5 septembre 2019)	.	.	49
Nord du site	+	+	.
Sud du restaurant	.	.	+
Surface (m2)	20	100	100
Recouvrement (%)	45	70	70
Butte sableuse importante	.	.	+
Nombre d'espèces	5	8	12
Caractéristique			
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	3.2	4.2	2a
Compagnes des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>			
<i>Sporobolus pungens</i>	2a	+	2b
<i>Elytrigia juncea</i>	+	1	2b
<i>Eryngium maritimum</i>	1	+	1
<i>Glaucium flavum</i>	r	+	.
<i>Pancratium maritimum</i>	.	1	2a
<i>Echinophora spinosa</i>	.	2a	.
<i>Polygonum maritimum</i>	.	.	1
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>	.	.	+
Espèces des <i>Helichryso-Crucianelletea</i>			
<i>Helichrysum italicum</i>	.	.	2a
<i>Lomelosia rutifolia</i>	.	.	1
Autres espèces pérennes			
<i>Juncus acutus</i>	.	+	.
<i>Lobularia maritima</i>	.	.	+
Thérohytes			
<i>Cakile maritima</i>	.	.	+
<i>Scolymus hispanicus</i>	.	.	r

Annexe 12 : Groupements des *Helichryso italicum*-*Crucianelletea* maritimi. A : groupement à *Helichrysum italicum* et *Scrophularia ramosissima* (*Helichryso italicum*-*Scrophularietum ramosissimae*). B : groupement à *Lomelosia rutifolia*.

	A					B		
N° de relevé (tableau)	1	2	3	4	5	6	7	
N° de relevé (archive 27 août 2019)	42	43	80	81	82	21	.	
N° de relevé (archive 5 septembre 2019)	.	.	.	.	.	.	65	
N du restaurant	+	+	+	+	+	.	.	
Centre du site	.	.	.	.	.	+	.
Sud du restaurant	.	.	.	.	.	.	+
Butte éolienne	.	+	.	.	+	.	.	
Surface (m2)	150	70	100	200	60	100	70	
Recouvrement (%)	40	40	40	70	80	70	70	
Nombre d'espèces	8	9	6	12	8	8	8	
Chaméphytes des <i>Helichryso-Crucianelletea</i>								CR(A)
<i>Helichrysum italicum</i>	2a	2a	2b	1	2a	.	.	930
<i>Scrophularia ramosissima</i>	2a	+	1	2a	+	.	+	398
Autres chaméphytes								
<i>Osyris alba</i>	.	.	1	1	.	.	.	100
<i>Cistus salviifolius</i>	.	.	+	1	.	.	.	54
<i>Phillyrea angustifolia</i>	.	.	.	+	.	.	.	4
Herbacées des <i>Helichryso-Crucianelletea</i>								
Hc <i>Lomelosia rutifolia</i>	.	.	1	1	2a	3	4.5	270
G <i>Cyperus capitatus</i>	1	.	.	.	.	.	.	50
Espèces des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>								
<i>Pancratium maritimum</i>	1	2a	1	2b	2a	.	1	810
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>	1	.	.	2b	3	1	1	1170
<i>Sporobolus pungens</i>	.	2a	.	1	1	.	+	270
<i>Eryngium maritimum</i>	1	1	.	1	.	1	+	150
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	2a	+	.	+	.	.	.	178
<i>Elytrigia juncea</i>	.	1	.	1	.	2b	+	100
<i>Polygonum maritimum</i>	.	1	.	.	.	.	.	50
<i>Echinophora spinosa</i>	+	.	.	.	.	1	1	4
<i>Euphorbia paralias</i>	.	.	.	.	+	.	.	4
<i>Achillea maritima</i>	.	r	.	.	.	2a	.	2
<i>Anthemis maritima</i>	.	.	.	.	.	+	.	.
Espèces des milieux plus ou moins humides								
G <i>Scirpoides holoschoenus</i>	.	.	.	.	2b	.	.	370
Ch <i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	.	.	.	.	.	1	.	.

G: géophyte. Ch: chaméphyte. Hc: hémicryptophyte

Annexe 13 : Divers types de maquis sur le sable de Balistra A : maquis à *Pistacia lentiscus*. B : maquis à *Phillyrea angustifolia*. C : maquis à *Myrtus communis*. D : maquis à *Pistacia lentiscus* et *Quercus ilex*. E : maquis à *Pistacia lentiscus* et *Juniperus phoenicea*

	A		B		C			D		E				
N° de relevé (tableau)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N° de relevé (27 août 2019)	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N° de relevé (5 septembre 2019)	.	56	57	50	54	51	53	55	52	59	60	62	58	61
Centre du site	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sud du restaurant	.	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.
Nord du restaurant	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+
Sur sable	+	.	+	+	.	+	.	+	.	.	.	.	+	+
Sur une butte sableuse	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sur sable fin	.	.	.	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.
Sable sur colluvions	.	.	.	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.	.
Grand bosquet	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
Abondance de feuilles de Posidonie	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Surface (m2)	20	60	10	10	10	15	100	100	200	200	300	200	80	80
Recouvrement (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Hauteur maximale (m)	1,5	0,8-2	1,8	1,8	1,2	2	3	3	3	4	4	4	3,5	4
Nombre d'espèces	4	8	5	4	1	10	6	5	11	10	7	6	7	5
Espèces ligneuses phanérophytiques														
<i>Pistacia lentiscus</i>	5.5	5.5	3	.	.	.	4	4	4.4	4	2b	2b	5.5	4
<i>Phillyrea angustifolia</i>	.	2a	4	5.5	5.5	3.3	1	1	2a	2a	1	.	.	.
<i>Myrtus communis</i>	.	.	.	.	.	4.3	3	3	2b.3	1	.	.	1	.
<i>Quercus ilex</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2a.3	2a	4	3	.	.
<i>Arbutus unedo</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2b	.	2a	.	.
<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1	3
Lianoïdes														
<i>Smilax aspera</i>	.	1	.	1	.	.	.	2a	1	1	1	1	2a	1
<i>Lonicera implexa</i>	.	1	1	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	1
<i>Clematis flammula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Rubia peregrina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Espèces ligneuses basses (chaméphytes)														
<i>Ruscus aculeatus</i>	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Osyris alba</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.
<i>Cytisus laniger</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.	.
<i>Asparagus acutifolius</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.
<i>Cistus monpellierensis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Cistus salvifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Espèces des Helichryso-Crucianelletea														
Ch <i>Helichrysum italicum</i>	.	.	.	1	.	1	.	.	+	1	.	.	1	.
Hc <i>Lamelosia rutifolia</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Espèces des Euphorbio-Ammophiletea														
<i>Elytaria juncea</i>	1	.	2a	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Pancratium maritimum</i>	r	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sporobolus pungens</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Autres espèces herbacées														
G <i>Scirpoides holoschoenus</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hc <i>Daucus carota</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Hc <i>Labularia maritima</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Ch <i>Carpobrotus edulis</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.

G: géophyte. Ch: chaméphyte. Hc: hémicryptophyte

Annexe 14 : Groupement à *Limbaria crithmoides* subsp. *longifolia*

N° de relevé (tableau)	1
N° de relevé (archive 27 août 2019)	24
Centre du site	+
Très près de l'étang	+
Surface (m2)	10
Recouvrement (%)	95
Nombre d'espèces	6
Caractéristique	
<i>Limbaria crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	4.5
Espèces des milieux humides	
<i>Juncus maritimus</i>	3
<i>Juncus acutus</i>	1
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	1
<i>Limonium narbonense</i>	r
Autre espèce	
<i>Sporobolus pungens</i>	+

Annexe 15 : Groupements dominés par *Spartina patens*

	A						B					P(A)	CR(A)	P(B)	CR(B)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
N° de relevé (tableau)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
N° de relevé (archive 27 août 2019)	26	1	13	30	33	25	14	22	27	10	11				
Nord du site	.	+	+	.	.	.	+	.	.	+	+				
Centre du site	+	.	.	+	+	+	.	+	+	.	.				
Près de l'étang	+	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+				
Très en arrière de l'étang	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
Sur rejet de débris de Posidonies	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sur sable	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
<i>Spartina</i> nettement envahissante	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Surface (m2)	120	40L	200L	150	300	80L	200	80	150	100	50				
Recouvrement (%)	75	90	95	90	95	100	95	80	70	80	95				
Nombre d'espèces	4	5	5	6	7	4	8	9	11	8	10				
Caractéristique															
<i>Spartina patens</i>	3	4.4	5.5	5.5	5.5	5.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.5	6	7800	5	6750
Espèces des milieux humides															
<i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	3	1	2a	2a	2a	+	+	+	1	1	.	6	1095	4	108
<i>Dittrichia viscosa</i>	.	2a	1	1	2a	.	.	1	1	.	.	4	366	2	100
<i>Juncus acutus</i>	+	.	.	+	1	2a	.	.	.	.	.	4	170	0	.
<i>Juncus maritimus</i>	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	1	141	0	.
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	1	141	0	.
<i>Limonium virgatum</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	41	0	.
<i>Limonium narbonense</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	0	.
Espèces des Euphorbio-Ammophiletea															
<i>Eryngium maritimum</i>	.	+	.	+	.	.	2a	2a	+	1	+	2	6	5	398
<i>Echinophora spinosa</i>	.	.	.	.	.	.	+	r	1	1	+	0	.	5	120
<i>Convolvulus soldanella</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	r	2a	+	0	.	4	180
<i>Elytrigia juncea</i>	.	1	+	.	.	.	.	.	+	2a	+	2	44	3	178
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	1	0	.	3	104
<i>Achillea maritima</i>	.	.	.	.	.	.	+	r	+	.	.	0	.	3	10
<i>Pancratium maritimum</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	r	.	0	.	2	52
<i>Glaucium flavum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	0	.	1	4
<i>Euphorbia paralias</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	0	.	1	4
<i>Sporobolus pungens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	0	.	1	4
Espèces des Cakiletea															
<i>Cakile maritima</i>	.	.	.	.	+	.	1	.	+	r	1	1	3	4	106
<i>Euphorbia peplis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	0	.	1	4
Espèces des Helichryso-Crucianelletea															
<i>Lomelosia rutifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	0	.	1	4
Autres															
<i>Jacobaea maritima</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	3	0	.
<i>Critimum maritimum</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	3	0	.
<i>Thymelaea hirsuta</i> (jeune)	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	0	.	1	2

Annexe 16 : Végétation pionnière, colonisant du sable ayant subi des perturbations

N° de relevé (tableau)	1	2
N° de relevé (archive 27 août 2019)	35	34
Centre du site	+	+
En arrière de l'étang	+	+
Sur rejet de débris de Posidonies	?	+
Sur sable	+	+
Nombreuses touffes mortes de <i>Spartina patens</i>	+	.
Surface (m2)	200	200
Recouvrement (%)	40	60
Nombre d'espèces	14	11
(1) Espèces des milieux un peu humides		
<i>Phragmites australis</i>	2a	1
<i>Spartina patens</i>	1	1
<i>Limbarda crithmoides</i> subsp. <i>longifolia</i>	+	.
<i>Juncus acutus</i>	+	.
<i>Limonium virgatum</i>	.	1
<i>Dittrichia viscosa</i>	.	+
(2) Espèces des Euphorbio-Ammophiletea		
<i>Glaucium flavum</i>	2a	1
<i>Euphorbia paralias</i>	+	2b
<i>Achillea maritima</i>	1	+
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>	+	+
<i>Pancratium maritimum</i>	1	.
<i>Sporobolus pungens</i>	+	.
<i>Convolvulus soldanella</i>	r	.
(3) Espèces des Cakiletea maritimae		
<i>Cakile maritima</i>	1	1
<i>Kali australis</i>	+	.
<i>Euphorbia peplis</i>	.	r
Autres		
<i>Pistacia lentiscus</i> petit	r	.
<i>Scrophularia ramosissima</i>	.	+

Annexe 17 : Groupement à *Elytrigia acuta*

N° de relevé (tableau)	1
N° de relevé (5 septembre 2019)	66
Sud du restaurant	+
Surface (m2)	40
Recouvrement (%)	80
Nombre d'espèces	12
Dominante et caractéristique	
<i>Elytrigia acuta</i> (<i>Elytrigia atherica</i> ; <i>Elymus pycnanthus</i>)	3
Espèces des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>	
<i>Elytrigia juncea</i> (<i>Elymus farctus</i>)	2a
<i>Sporobolus pungens</i>	2a
<i>Polygonum maritimum</i>	1
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>	1
<i>Eryngium maritimum</i>	+
<i>Pancratium maritimum</i>	+
Autres espèces	
<i>Carex flacca</i> subsp. <i>serrulata</i>	2a
<i>Plantago lanceolata</i>	1
<i>Lomelosia rutifolia</i> (<i>Pycnocomon rutifolium</i>)	+
<i>Scabiosa atropurpurea</i> (<i>S. atropurpurea</i> subsp. <i>maritima</i> ; <i>Sixalix atropurpurea</i> subsp. <i>maritima</i>)	+
<i>Daucus carota</i>	+

Annexe 18 : Végétation pionnière, colonisant du sable ayant subi des perturbations

N° de relevé (tableau)	1	2	3	4		
N° de relevé (5 septembre 2019)	70	71	75	77		
Bordure du parking	+	+	+	.		
Bord du sentier au bas de la colline (sud du site)	.	.	.	+		
Sable et terre	+	+	.	.		
Terre	.	.	+	+		
Surface (m2)	50	40	30	25L		
Recouvrement (%)	70	40	70	90		
Nombre d'espèces	5	3	4	6		
Caractéristique					P	CR
<i>Cynodon dactylon</i>	4.5	2b	3	5.5	4	5150
Autres espèces						
pérennes des <i>Euphorbio-Ammophiletea</i>						
<i>Pancratium maritimum</i>	.	.	+	+	2	10
<i>Lotus cytisoides</i> subsp. <i>conradiae</i>				1	1	62
<i>Eryngium maritimum</i>	.	.	r	.	1	2
autres pérennes						
<i>Dittrichia viscosa</i>	+	.	.	1	2	67
<i>Daucus carota</i>	+	.	.	1	2	67
<i>Carex flacca</i> subsp. <i>serrulata</i>	+	.	.	.	1	5
annuelles						
<i>Plantago coronopus</i> subsp. <i>coronopus</i>	1	2b	3	.	3	1462
<i>Kali australis</i>				r	1	2

Annexe 19 : Tableau présentant les résultats issus des pesées des carottes effectuées sur la plage de Rondinara le 23 janvier 2020

Carottes	Typologies	Poids sed(g)/carotte	Poids sed(kg)/m3
1	Ancienne	2885,2	360,65
2	Ancienne	1407,89	175,98625
3	Ancienne	2268,1	283,5125
4	Ancienne	1508,7	188,5875
5	Ancienne	672,2	84,025
6	Ancienne	1920,7	240,0875
7	Moyenne	93,6	11,7
8	Moyenne	737,1	92,1375
9	Moyenne	529,6	66,2
10	Moyenne	130	16,25
11	Moyenne	227,5	28,4375
12	Moyenne	574,9	71,8625
13	Fraiche	2,2	0,275
14	Fraiche	130,3	16,2875
15	Fraiche	408,2	51,025
16	Fraiche	2,1	0,2625
17	Fraiche	998,6	124,825
18	Fraiche	675,4	84,425

Annexe 20 : Tableau présentant les résultats issus des pesées des carottes effectuées sur la plage de Balistra le 22 janvier 2020

105

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

