

# EVALUATION DES PRESSIONS ET IMPACTS DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LES HABITATS ET LES ÉCOSYSTÈMES

## VALUTAZIONE DELLE PRESSIONI E DEGLI IMPATTI DELLE ATTIVITÀ ANTROPICHE SUGLI HABITAT E GLI ECOSISTEMI

A cura di: Coneservatoire du Littoral



### OBIETTIVI DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE:

- identificare e limitare gli impatti e le pressioni sugli habitat costieri e gli ecosistemi in un'ottica di conservazione;
- considerare alternative alle opere di difesa costiera che, sebbene efficaci a livello locale, sono costose e hanno un impatto sui siti vicini (effetto di dislocamento delle celle di erosione);
- promuovere le tecniche per una gestione flessibile della linea costiera concentrandosi su soluzioni di ingegneria ecologica.

### IL DIRITTO EUROPEO, FATTORE DI ARMONIZZAZIONE DELLE PRATICHE FRANCESI E ITALIANE

Direttiva n° 85/337/CE del 27/06/2015 sulla valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati [Valutazione di impatto ambientale]:

- impone la descrizione e la valutazione degli effetti dei progetti che, per loro natura, dimensione o posizione, possono avere effetti significativi sull'ambiente. Il pubblico deve essere coinvolto nel processo decisionale

Direttiva n° 92/43/CEE del 21/05/1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche [Valutazione di incidenza sui siti Natura 2000]

- impone l'identificazione di tutti gli impatti di un progetto sugli habitat di interesse comunitario e l'esame di soluzioni alternative in caso di impatto negativo sull'ambiente.

### ALCUNI PASSI DA COMPIERE PRIMA DELLA VALUTAZIONE

Promuovere il consolidamento dei dati naturalistici e dei dati sulle attività umane a livello regionale o interregionale. Questa centralizzazione può essere effettuata attraverso i sistemi di informazione geografica regionale e i portali informativi specializzati. Definire perimetri e temporalità adeguati, tenendo conto delle interazioni terra-mare e litorale-retrolitorale e delle articolazioni a breve-medio-lungo termine. Definire le modalità di condivisione delle conoscenze con gli attori terra-mare del territorio (attraverso osservatori costieri, sintesi non tecniche, ecc.).

### IL PROCESSO DI VALUTAZIONE

- Fase 1** Realizzazione di una diagnosi globale. Valutazione dello stato iniziale dell'ambiente. Diagnosi dei fattori determinanti.
- Fase 2** Misura delle pressioni e impatti delle attività umane sugli habitat e gli ecosistemi. Protocollo per il monitoraggio degli habitat e degli ecosistemi durante l'attuazione delle attività. Protocollo per monitorare l'evoluzione delle praterie di posidonia a lungo termine.
- Fase 3** Definizione e attuazione di misure di conservazione. Si tratta di identificare e applicare tecniche e alternative per evitare o limitare gli impatti negativi delle attività umane sugli habitat e sugli ecosistemi marini e costieri.

### OBJECTIFS DU PROCESSUS:

- identifier et limiter les impacts et pressions pesant sur les habitats et les écosystèmes côtiers dans une optique de préservation;
- envisager des alternatives aux opérations de défense côtière qui, bien qu'efficaces localement, s'avèrent coûteuses et impactantes pour les sites avoisinants (effet de déplacement des cellules d'érosion);
- favoriser les techniques de gestion souple du trait de côte en privilégiant les solutions de génie écologique.

### LE DROIT EUROPÉEN, FACTEUR D'HARMONISATION DES PRATIQUES FRANÇAISES ET ITALIENNES D'ÉVALUATION

Directive n° 85/337/CE du 27/06/2015 sur l'évaluation des impacts environnementaux de certains projets publics et privés [Evaluation des impacts environnementaux]:

- impose la description et l'évaluation des effets des projets, qui, de par leur nature, leur dimension ou leur localisation, sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement. Le public doit être associé au processus décisionnel.

Directive n° 92/43/CEE du 21/05/1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages [Evaluation des incidences sur les sites Natura 2000]:

- impose l'identification de l'ensemble des incidences d'un projet sur les habitats d'intérêt communautaire et l'examen de solutions alternatives en cas d'impact négatif sur l'environnement.

### QUELQUES DÉMARCHES À EFFECTUER EN AMONT DE L'ÉVALUATION D'ÉVALUATION

Favoriser le regroupement des données naturalistes et des données sur les activités humaines à l'échelle régionale ou interrégionale. Cette centralisation peut être faite par le biais de systèmes d'information géographiques régionaux et de portails d'information spécialisés. Définir des périmètres et des temporalités adaptées, tenant compte des interactions terre-mer et littoral-rétrolittoral, et de l'articulation court-moyen-long-terme. Définir les modalités de partage de la connaissance avec les acteurs terre-mer du territoire (par le biais d'observatoires du trait de côte, de la réalisation de résumés non-techniques, etc.).

### LE PROCESSUS D'ÉVALUATION

- Etape 1** Réalisation d'un diagnostic global. Etat initial de l'environnement. Diagnostic des déterminants.
- Etape 2** Mesure des pressions et impacts des activités humaines sur les habitats et les écosystèmes. Protocole de suivi des habitats et écosystèmes durant la mise en œuvre des activités. Protocole de suivi de l'évolution de l'herbier marin à long terme.
- Etape 3** Définition et mise en œuvre de mesures de préservation. Il s'agit d'identifier et mettre en application des techniques et alternatives permettant d'éviter ou limiter les impacts négatifs des activités anthropiques sur les habitats et les écosystèmes marins et côtiers.



# PROTOCOLLI DI MONITORAGGIO DELLA FASCIA COSTIERA

## PROTOCOLES DE MONITORAGE DU LITTORAL

A cura di: Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Firenze



La conoscenza dello stato fisico del litorale e della sua evoluzione, sia nelle coste basse sia in quelle alte, è un elemento fondamentale per la gestione dei rischi da erosione costiera, da inondazione da mare o da crollo delle falesie.

Questa conoscenza è fornita dagli studi di base e dal monitoraggio, un'attività questa che precede, accompagna e segue le fasi di pianificazione, progettazione, realizzazione e gestione di ogni intervento (normativo, gestionale o strutturale) che riguarda la fascia costiera.

Nel territorio transfrontaliero del progetto MAREGOT, i protocolli e i piani di monitoraggio sono risultati disomogenei e, per certe tematiche, assai carenti, anche se vi è unanimità nel considerare questa attività indispensabile per il governo del territorio.

Ciò ha portato a sviluppare protocolli di monitoraggio condivisi fra i vari Partner e sono in fase di progettazione i piani di monitoraggio specifici per le aree pilota, che verranno eventualmente ottimizzati nel caso l'applicazione ne evidenziasse la necessità.



La connaissance de l'état physique du littoral et de son évolution, aussi bien des côtes basses que des falaises, est un élément clé dans la gestion des risques liés à l'érosion côtière, aux inondations des côtes et à l'effondrement des falaises.

Cette connaissance est fournie par des études de base et le monitoring, une activité qui précède, accompagne et suit les phases de planification, conception, mise en œuvre et gestion de toute intervention (réglementaire, de gestion ou structurelle) qui concerne la bande côtière. Au sein de l'espace transfrontalier du projet MAREGOT, les protocoles et les plans de monitoring analysés sont inégaux et présentent des lacunes pour certaines problématiques, même s'il existe une unanimité pour considérer cette activité comme indispensable pour le gestion du territoire. Cela a conduit à l'élaboration de protocoles de monitoring partagés entre les différents partenaires et des plans de monitoring spécifiques pour les zones pilotes sont en cours de planification, qui seront optimisés au cas où leur application en mettrait en évidence le besoin.

### MOTO ONDOSO



Per quanto riguarda il moto ondoso, la tipologia e le caratteristiche dei dati richiesti variano a seconda degli specifici obiettivi delle attività da svolgere:

- interpretazione della dinamica dei sedimenti e dei fenomeni erosivi;
- previsione del rischio a lungo termine anche alla luce dei cambiamenti climatici;
- progettazione degli interventi di difesa della costa;
- prodotti operativi (previsioni) ai fini della gestione del rischio costiero a breve termine.



### HOULE



En ce qui concerne la houle, le type et les caractéristiques des informations requises varient en fonction des objectifs spécifiques des activités à réaliser, en particulier :

- interprétation de la dynamique des sédiments et des phénomènes d'érosion ;
- prévision des risques à long terme notamment sur la base du changement climatique ;
- planification des interventions de défense côtière ;
- produits d'exploitation (prévisions) à des fins de gestion des risques côtiers à court terme.

### TRASPORTO SOLIDO



Il sistema fluviale rappresenta la rete principale attraverso la quale avviene il trasferimento dei sedimenti dalle zone di produzione sui versanti alle zone di deposito alle foci e quindi ai litorali.

La scala d'indagine, sia spaziale che temporale, deve tener conto della variabilità dei processi e quindi considerare sia i tempi geologici che quelli degli eventi estremi, in un'ottica di bacino ma con attenzione anche ai fattori locali.

Veranno utilizzate e valutate diverse metodologie per la stima dell'erosione dei versanti e del trasporto solido alla foce, anche con un confronto fra i risultati ottenuti nei diversi territori del partenariato.



### TRANSPORT SOLIDE



Le réseau fluvial constitue le réseau principal par lequel les sédiments sont transférés des zones de production sur les versants vers les zones de stockage situées dans les embouchures puis vers les côtes. L'échelle d'investigation, spatiale et temporelle, doit prendre en compte la variabilité des processus et donc considérer à la fois les temps géologiques et ceux liés aux événements extrêmes, avec une vision de bassin mais aussi avec une attention particulière aux facteurs locaux.

Différentes méthodes seront utilisées et évaluées pour l'estimation de l'érosion des versants et du transport solide à l'embouchure des cours d'eau, notamment en comparant les résultats obtenus dans les différents territoires représentés au sein du partenariat.

### SPIAGGE



Il monitoraggio delle spiagge deve identificare la tendenza evolutiva del litorale, definire la dinamica dei sedimenti, valutare il bilancio sedimentario e identificare e quantificare l'impatto antropico, sia diretto che indiretto.

L'indagine dovrà interessare l'intera unità fisiografica. In considerazione della continuità trasversale dalla duna alla profondità di chiusura, il monitoraggio deve comprendere tutta la fascia attiva. Le tecniche utilizzate devono tenere conto delle grandezze in gioco e dell'accuratezza dei metodi di misura, in particolare quando deve essere valutata l'efficacia dei ripascimenti artificiali.



### PLAGES



Le monitoring des plages est voué à identifier la tendance évolutive du littoral, définir la dynamique des sédiments, évaluer l'équilibre sédimentaire et identifier et quantifier l'impact anthropique, aussi direct qu'indirect.

L'analyse devra concerner toute l'unité physiographique. Compte tenu de la continuité transversale entre la dune et la profondeur de fermeture, le monitoring doit inclure toute la bande active. Les techniques utilisées doivent prendre en compte les échelles concernées et la précision des méthodes de mesure, en particulier lorsque l'efficacité de l'alimentation artificielle en sable doit être évaluée.

### COSTE ALTE



I protocolli di monitoraggio delle falesie sono in una fase ancora giovanile, ma guardano alle tecniche innovative che si stanno sviluppando. Il Progetto MAREGOT è un'ottima occasione per sviluppare questa tematica e consentirà di acquisire informazioni indispensabili per la pianificazione e gestione di questa parte del territorio.

Di fondamentale importanza è l'analisi delle forme e dei processi sottomarini, che possono talvolta costituire i fattori scatenanti di eventi che interessano la parte emersa della falesia. Ciò deve essere accompagnato dall'analisi del moto ondoso per determinare i fattori scatenanti gli eventi e prevederne le probabilità di accadimento nel tempo.

Un monitoraggio specifico del moto ondoso si rende necessario per determinare i fattori scatenanti gli eventi e prevederne le probabilità di accadimento nel tempo.



### CÔTES À FALAISES



Les protocoles de surveillance des falaises sont encore dans une phase juvénile, mais ils regardent les techniques innovantes qui se développent. Le projet MAREGOT est une excellente opportunité de développer ce dossier et permettra l'acquisition d'informations indispensables à la planification et à la gestion de cette partie du territoire.

D'une importance fondamentale est l'analyse des formes et des processus sous-marins, qui peuvent parfois constituer les facteurs déclenchants d'événements affectant la partie émergée de la falaise. Ceci doit être accompagné par l'analyse du mouvement des vagues pour déterminer les facteurs déclenchants les événements et prédire la probabilité d'occurrence dans le temps. Une surveillance spécifique du mouvement des vagues est nécessaire pour déterminer les facteurs qui déclenchent les événements et pour prédire leur probabilité d'occurrence au fil du temps.

### HABITAT



La determinazione dello stato degli habitat marini è funzionale:

- alla pianificazione costiera;
- alla progettazione degli interventi costieri in un'ottica di sostenibilità ambientale;
- alle fasi istruttorie di approvazione degli interventi;
- alla verifica delle previsioni della suddetta fase.

La fascia costiera da prendere in considerazione si estende dalla fascia dunale al limite inferiore della prateria di Posidonia oceanica. Questa si estenderà ulteriormente verso terra nel caso in cui il litorale ospiti lagune o stagni costieri o, comunque, zone di pregio o sensibili.



### HABITAT



La détermination de l'état des habitats marins est fonctionnelle:

- la planification côtière;
- planifier les interventions côtières en vue de la durabilité environnementale;
- les étapes préliminaires d'approbation des interventions;
- vérifier les prévisions de la phase mentionnée.

La bande côtière à considérer s'étend de la bande de dunes à la limite inférieure de la prairie de Posidonie océanique. Cela s'étendra plus loin au sol si la côte accueille des lagunes ou des étangs côtiers ou, dans tous les cas, des zones précieuses ou sensibles.



# LA DINAMICA SEDIMENTARIA DEI LITORALI

# LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE DU LITTORAL

A cura di: Di.S.T.A.V. - Università degli Studi di Genova



Gli studi di base per la conoscenza dei meccanismi che governano l'assetto delle spiagge sono fondamentali per una seria azione pianificatoria e/o gestionale che riguarda il tratto di costa. Il monitoraggio del litorale, inteso come controllo dell'evoluzione del sistema protratto nel tempo, è una pratica utilizzata nei casi in cui si voglia valutare gli effetti di interventi sulla costa o più semplicemente tenere sotto osservazione un tratto di costa.

## SCHEMA METODOLOGICO DI ANALISI DELLA DINAMICA DELLE SPIAGGE

| Definizione dell'area d'indagine            | Définition de la zone d'investigation            |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Durata temporale e frequenza delle indagini | Durée temporelle et fréquence des investigations |
| Indagine storica                            | Investigation historique                         |
| Attività di campo                           | Activités sur le terrain                         |
| Elaborazione dati e modellistica            | Elaboration des données et modélisation          |

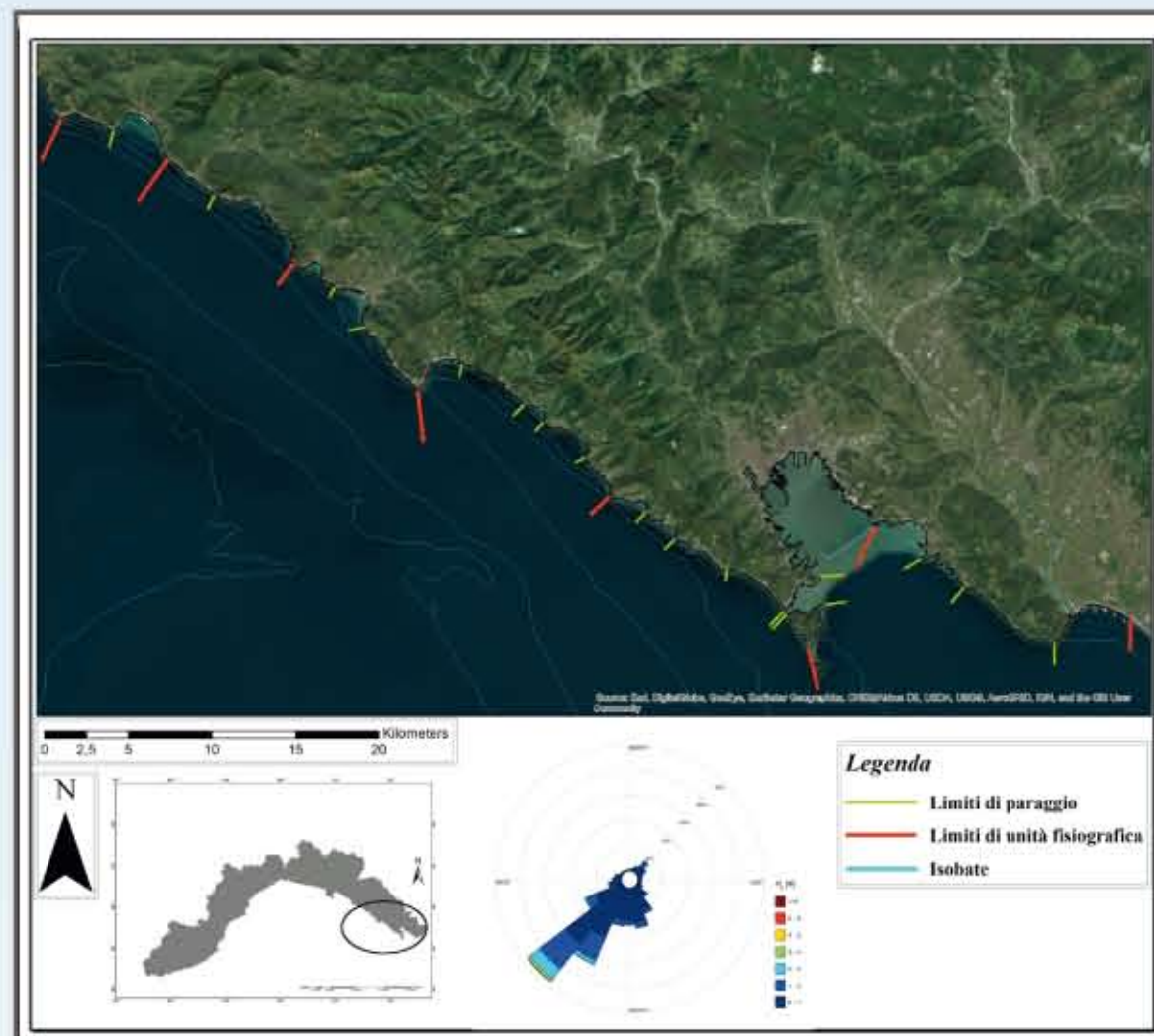
## SHÉMA METHODOLOGIQUE DE L'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES PLAGES

Les études de base pour la connaissance des mécanismes qui régissent la structure des plages sont fondamentales pour une action efficace de planification et / ou de gestion concernant la frange côtière. Le monitoring du littoral, conçu comme un contrôle de l'évolution du système dans le temps, est une pratique utilisée dans les cas où l'on souhaite évaluer les effets des interventions sur la côte ou simplement surveiller un tronçon de côte.

## DEFINIZIONE DELL'AREA D'INDAGINE



L'Unità Fisiografica (UF), cioè quel settore di costa dove i processi dinamici sedimentari non sono influenzati dai settori adiacenti, è il riferimento spaziale di riferimento per gli studi costieri. L'area di indagine interessa tutta l'UF o potrà essere ridotta quando le influenze con i paraggi adiacenti sono considerati scarsamente significativi.



## DEFINITION DE LA ZONE D'INVESTIGATION

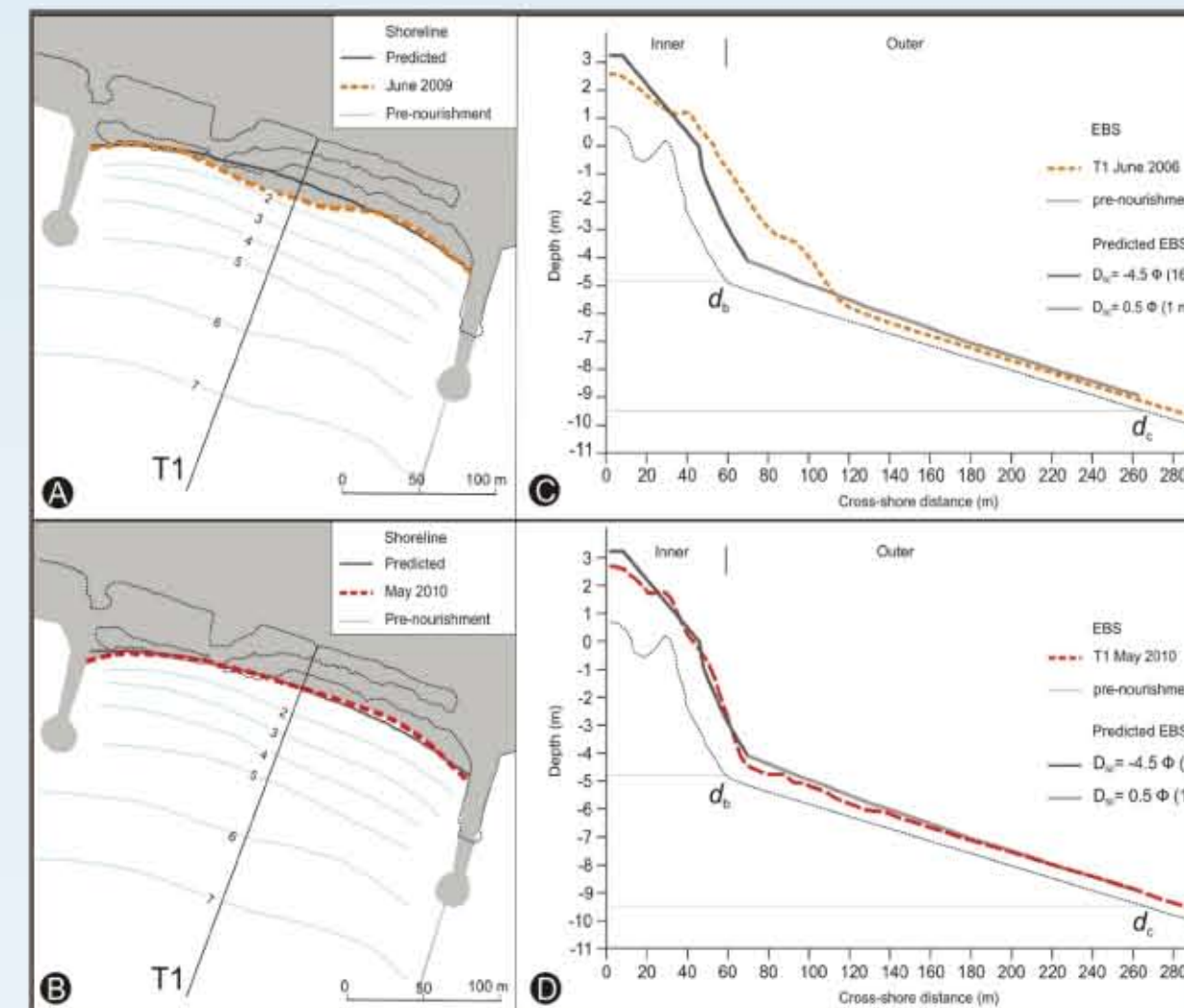


L'Unité Physiographique (UP), c'est-à-dire le secteur du littoral où les processus sédimentaires dynamiques ne sont pas influencés par les secteurs adjacents, représente l'unité de référence pour les études côtières. La zone d'investigation couvre toute l'UP ou peut être réduite lorsque les influences avec les zones adjacentes sont considérées comme étant peu significatives.

## DURATA E FREQUENZA DELLE INDAGINI



La durata temporale e la frequenza delle indagini dovrà essere pianificata in funzione dell'obiettivo che s'intende raggiungere.



## DUREE ET FREQUENCE DES INVESTIGATIONS

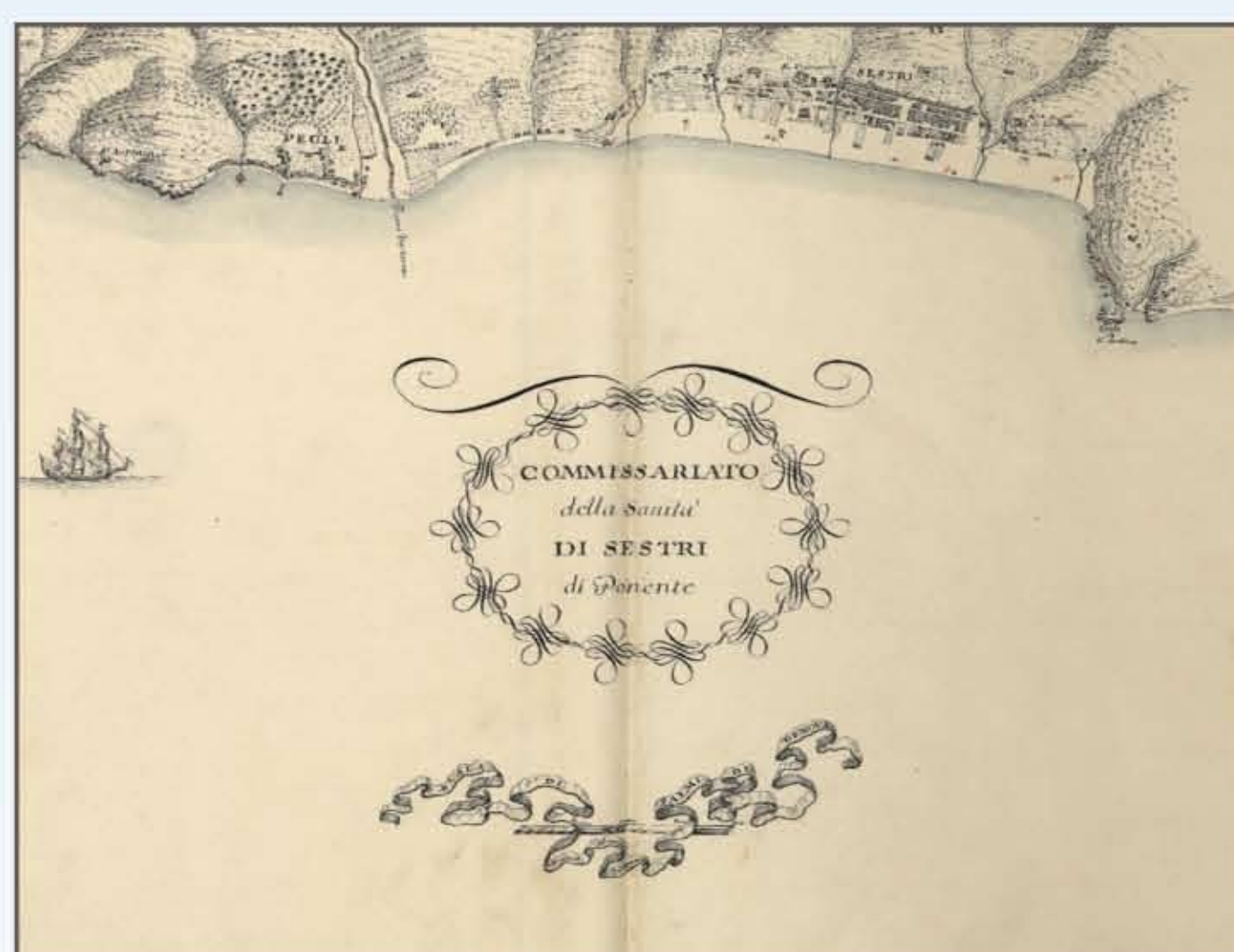


La durée et la fréquence des investigations doivent être planifiées en fonction de l'objectif à atteindre.

## INDAGINE STORICA



Lo scopo di questa indagine è di valutare la tendenza evolutiva del tratto di litorale indagato. Oltre alle informazioni morfo-sedimentologiche sono di particolare interesse le informazioni relative alle trasformazioni intervenute sul water-front. Particolare attenzione dovrà essere posta alla qualità del dato e valutare ove possibile l'errore di misura presente.



| Data / Données                                                                                                  | Informazioni richieste / Informations requises                                                                                           | Altro / Plus d'information                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Linea di riva<br>Ligne de rivage                                                                                | - anno del rilievo / année du relief;<br>- modalità di esecuzione (foto aeree, ecc.)<br>- méthodes d'exécution (photos aériennes, etc.). | - precisione della misura / précision de la mesure.                                                                             |
| Rilievi planialtimetrici (Battimetria e topografia)<br>Reliefs plano-altimétriques (Bathymétrie et topographie) | - anno del rilievo / année du relief;<br>- modalità di esecuzione / méthodes d'exécution.                                                | - precisione della misura / précision de la mesure.                                                                             |
| Opere di difesa<br>Ouvrages de défense                                                                          | - anno di costruzione / année de construction;<br>- modalità di costruzione<br>- méthodes de construction.                               | - modifiche, manutenzioni<br>- modifications, maintenance.                                                                      |
| Altre strutture<br>Autres ouvrages                                                                              | - anno di costruzione / année de construction;<br>- modalità di costruzione<br>- méthodes de construction.                               | - modifiche, manutenzioni<br>- modifications, maintenance.                                                                      |
| Ripascimenti<br>Remblayage                                                                                      | - anno dell'intervento / année de l'intervention;<br>- volumi immessi / volumes injectés.                                                | - caratteristiche tessiture<br>- caractéristiques texturales<br>- modalità di versamento<br>- méthodes de méthodes de sédiments |

## INVESTIGATION HISTORIQUE



Le but de cette étude est d'évaluer la tendance évolutive de la portion de côte étudiée (figures 3 et 4). En plus des informations morpho-sédimentologiques, l'information concernant les transformations sur le borde de mer présente un intérêt particulier. Une attention particulière doit être accordée à la qualité des données et à l'évaluation l'erreur de mesure lorsque cela est possible.

## ATTIVITÀ DI CAMPO



Le attività di terreno nello studio dei litorali sono indirizzate alla caratterizzazione morfologica e sedimentologica della spiaggia. Le misure relative alle strutture morfosedimentologiche della spiaggia emersa, hanno un utilizzo limitato nelle attività di pianificazione, ma rivestono una notevole importanza per la comprensione dei meccanismi dinamici sedimentari e per la taratura dei modelli matematici morfo-idrodinamici.

- Spiaggia emersa.

Le indagini sono rivolte alla determinazione topografica della superficie ed alla identificazione delle principali strutture morfosedimentologiche (piede della duna, berma di tempesta, berma ordinaria, ecc.). Le attuali tecniche topografiche (laser scanner, Dgps, remote sensing e LIDAR) permettono di realizzare il rilievo con elevata accuratezza e velocità d'esecuzione.

- Spiaggia sommersa.

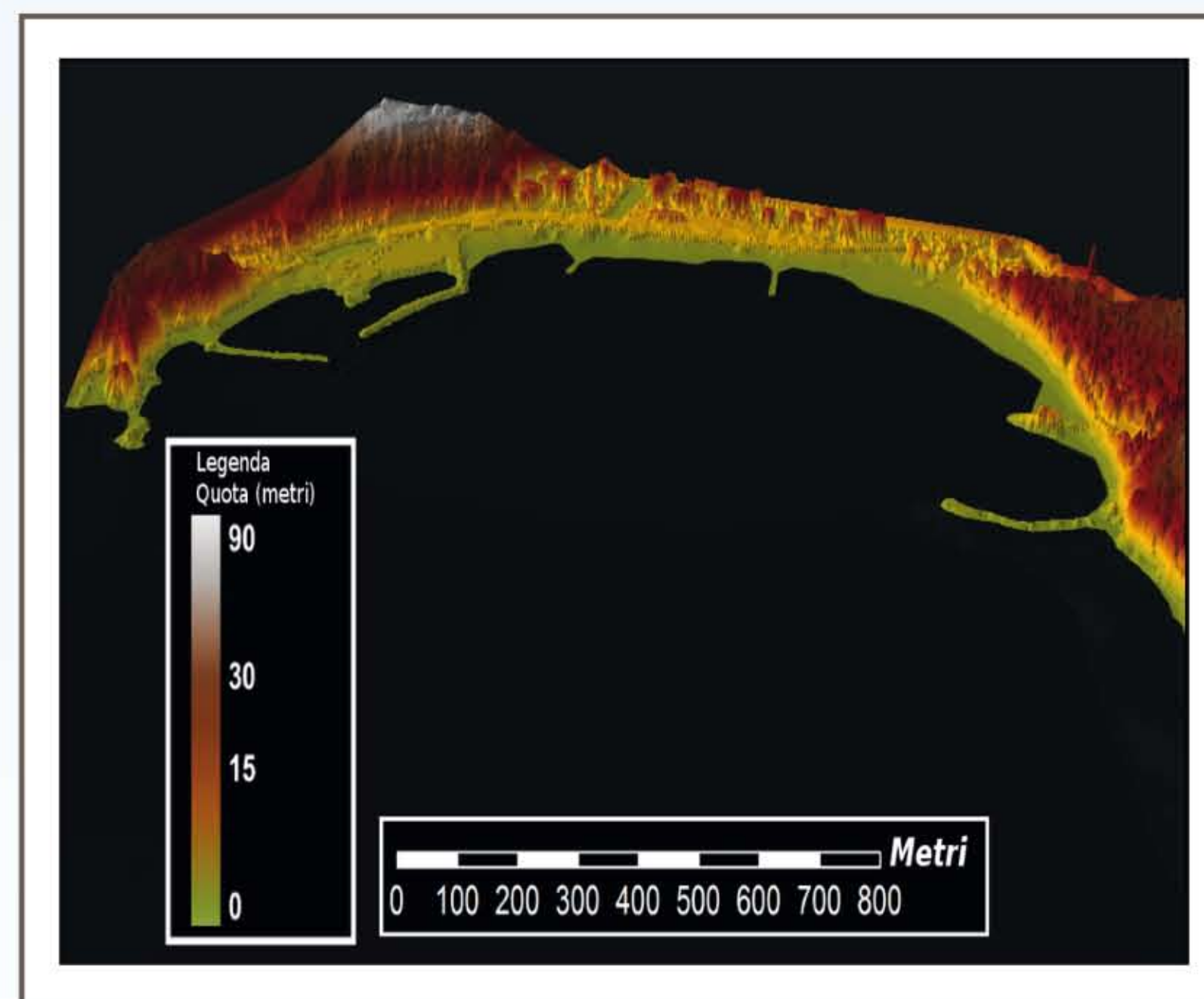
Le indagini utilizzano la tecnologia singlebeam e multibeam, quest'ultima preferibile per precisione, e sono da considerarsi essenziali specie nelle attività di monitoraggio per la valutazione dell'efficacia degli interventi di difesa.

- Linea di riva.

Costituisce un utile parametro nella valutazione della tendenza evolutiva del litorale a lungo termine ma è scarsamente significativo nelle valutazioni a breve termine, in quanto influenzato dalle condizioni meteorologiche contingenti. Quando si opera in spiagge di modesta estensione, o tratti limitati di litorale, è preferibile l'utilizzo di sistemi di monitoraggio della linea di riva quali web-cam che registrano lo stato della spiaggia in continuo, e forniscono informazioni di maggior dettaglio soprattutto correlabili con lo stato del mare.

- Analisi sedimentologiche.

Sono indirizzate alla caratterizzazione dimensionale dei sedimenti e finalizzate alla comprensione dei meccanismi che governano lo spostamento dei sedimenti nei litorali, utili nella progettazione degli interventi.



## ACTIVITES SUR LE TERRAIN



Les activités de terrain dans l'étude des côtes visent la caractérisation morphologique et sédimentologique de la plage. Les relevés relatifs aux structures morphosédimentologiques de la plage émergée ont une portée limitée dans les activités de planification, mais sont d'une importance considérable pour la compréhension des mécanismes sédimentaires dynamiques et pour l'étalonnage des modèles mathématiques morfo-hydrodynamiques.

- Arrière plage.

Les investigations visent à la détermination topographique de la surface et à l'identification des principales structures morphosédimentologiques (pie de la dune, berme de tempête, berme ordinaire, etc.). Les techniques topographiques actuelles (scanner laser, Dgps, télédétection et LIDAR) permettent de réaliser rapidement des relevés avec une grande précision.

- Avant plage

Les investigations utilisent la technologie singlebeam et multibeam, cette dernière étant préférable pour la précision et considérée comme essentielle, en particulier dans les activités de suivi pour l'évaluation de l'efficacité des interventions de protection.

- Ligne de côte.

Il s'agit d'un paramètre utile dans l'évaluation de la tendance de développement à long terme du littoral, mais il n'est pas très significatif dans les évaluations à court terme, car il est influencé par les conditions météorologiques. Lorsqu'on opère sur des plages de petite dimension ou sur des portions limitées de littoral, il est préférable d'utiliser des systèmes de monitoring du littoral tels que les webcams qui enregistrent l'état de la plage en continu et fournissent des informations plus détaillées, en particulier liées à l'état de la mer.

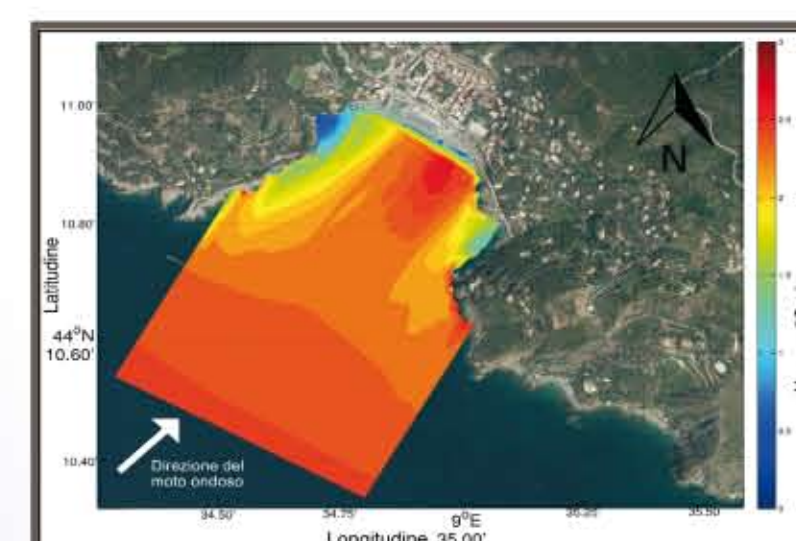
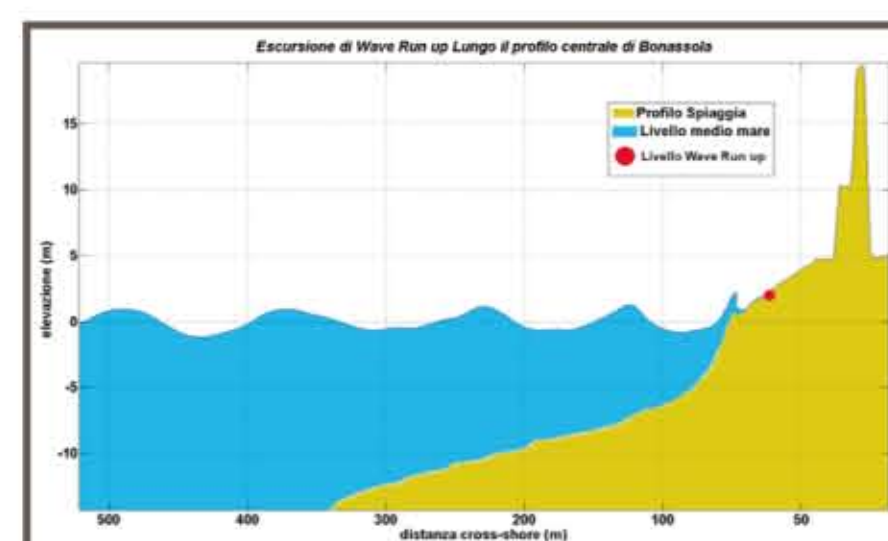
- Analyse sédimentologique.

Elle permet la caractérisation dimensionnelle des sédiments et vise à comprendre les mécanismes qui régissent le déplacement des sédiments sur les côtes, mécanismes utiles pour la conception des interventions.

## ELABORAZIONE DATI E MODELLISTICA



L'utilizzo di modelli matematici permette di determinare molte informazioni utili alla pianificazione e gestione della fascia costiera quali: determinazione delle direzioni di trasporto dei sedimenti, traiettorie delle correnti litoranee, capacità penetrativa del moto ondoso sulla spiaggia (run up) e individuazione della spiaggia attiva.



## ELABORATION DES DONNEES ET MODELISATION



L'utilisation de modèles mathématiques permet de déterminer de nombreuses informations utiles pour la planification et la gestion du littoral, telles que: la direction du transport des sédiments, les trajectoires des courants côtiers, la pénétration des vagues sur la plage (run up) et l'identification des plages actives.



# BILANCIO SEDIMENTARIO DELLE SPIAGGE

## BILANCE SEDIMENTAIRE DES PLAGES

A cura di: Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna - ARPAS - Dipartimento Geologico



Il contributo della geomorfologia fluviale è fondamentale per la valutazione del bilancio sedimentario e la gestione integrata dell'erosione costiera.

La spiaggia è geneticamente connessa con le dinamiche fluviali e sedimentarie del corso d'acqua, pertanto le cause dei processi erosivi delle spiagge sono in relazione con i processi di erosione e trasporto dei sedimenti in alveo e con la riduzione degli apporti detritici verso il settore costiero.

### OBBIETTIVI ATTESI

- Obiettivo 1: comprensione delle dinamiche fluviali geomorfologiche e sedimentarie dei corsi d'acqua che sfociano nel settore costiero;
- Obiettivo 2: caratterizzazione quali-quantitativa del trasporto solido, dell'approccio geomorfologico e della modellistica fluviale;
- Obiettivo 3: gestione dei sedimenti e proposta di interventi sull'assetto plano-altimetrico degli alvei e dei corridoi fluviali, al fine di migliorare lo stato morfologico del corso d'acqua e conseguentemente l'apporto sedimentario verso la costa.

### SCHEMA METODOLOGICO PLAN METHODOLOGIQUE

|                                                            |                                                                  |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| FASE1: CARATTERIZZAZIONE DELLA RETE FLUVIALE               | ETAPE 1: CARACTÉRISATION DU RÉSEAU FLUVIAL                       |
| FASE2: EVOLUZIONE PASSATA E VALUTAZIONE CONDIZIONI ATTUALI | ETAPE 2: ÉVOLUTION PASSÉE ET ÉVALUATION DES CONDITIONS ACTUELLES |
| FASE3: TENDENZE FUTURE                                     | ETAPE 3: TENDANCES FUTURES                                       |
| FASE4: GESTIONE                                            | ETAPE 4: GESTION                                                 |

La contribution de la géomorphologie fluviale est fondamentale pour l'évaluation de l'équilibre sédimentaire et la gestion intégrée de l'érosion côtière. La plage est génétiquement liée à la dynamique fluviale et des roches sédimentaires des cours d'eau, donc les causes des processus d'érosion des plages sont liées aux processus d'érosion et de transport des sédiments dans le lit et à la réduction des débris sédimentaires sur le littoral.

### OBJECTIFS ATTENDUS

- Objectif 1: compréhension de la dynamique géomorphologique et sédimentaire des cours d'eau qui se jettent dans le secteur côtier;
- Objectif 2: la caractérisation quali-quantitative du transport des sédiments, l'approche géomorphologique et la modélisation fluviale;
- Objectif 3: la gestion des sédiments et la proposition d'interventions sur l'aménagement plano-altimétrique des lits des rivières et des couloirs fluviaux, afin d'améliorer l'état morphologique du cours d'eau et par conséquent l'apport de sédiments vers la côte.

### FASE 1 - CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA FLUVIALE



- 1a Inquadramento del bacino idrografico (Scala spaziale 1:10.000)**
- inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico;
  - inquadramento climatico e idrologico;
  - individuazione delle sorgenti di sedimenti;
  - artificialità e uso del suolo.
- 1b Suddivisione gerarchica del bacino e del reticolo idrografico**
- inquadramento e definizione delle Unità fisiografiche (U.F.);
  - definizione del grado e dell'indice di confinamento (Gc - Ic);
  - definizione della morfologia dell'alveo (Sinuosità, intrecciamento, anabranching, morfometria, etc.);
  - suddivisione in tratti fluviali.
- 1c Caratterizzazione e analisi delle condizioni attuali del sistema fluviale**
- processi di alimentazione;
  - trasferimento e deposizione di sedimenti all'interno della rete idrografica.
- 1d La stima del trasporto solido fluviale**
- approccio geomorfologico (confronto tra profili e sezioni topografiche);
  - dati idrologici e geomorfologici a supporto della modellistica;
  - confronto tra metodologie e software.

### FASE 2 - EVOLUZIONE PASSATA E VALUTAZIONE CONDIZIONI ATTUALI



- 2a - Evoluzione passata**
- variazione della configurazione morfologica e misura degli indici morfologici (sinuosità, intrecciamento, etc.);
  - variazione larghezza alveo e quota del fondo;
  - tendenze evolutive;
  - analisi delle cause.
- 2b - Valutazione della qualità morfologica IQM**
- indice IQM - indice di qualità morfologica - schede di rilevamento;
  - sintesi delle criticità.
- 2c - Valutazione della dinamica morfologica IDM**
- indice IDM - Indice di Dinamica Morfologica - schede di rilevamento;
  - classificazione della dinamica d'evento (CDE);
  - definizione e finalità di utilizzo delle fasce fluviali.

### FASE 3 - TENDENZE FUTURE



- 3a - Monitoraggio morfologico dell'alveo e del sistema fluviale**
- parametri planimetrici (sinuosità, intrecciamento, etc.);
  - profilo longitudinale (pendenza) e trasversale (larghezza, profondità, ...);
  - sedimentologia del fondo (granulometria e struttura ...);
  - materiale legnoso;
  - vegetazione delle fasce perfluviali;
  - portate liquide.
- 3b - Monitoraggio degli elementi artificiali**
- dighe ed altre opere di alterazione delle portate liquide;
  - opere trasversali di trattenuta e di contenimento;
  - argini e difese spondali;
  - variazioni di tracciato;
  - variazioni areali della fascia erodibile;
  - rivestimenti del fondo;
  - Interventi di rimozione dei sedimenti;
  - taglio della vegetazione nella fascia perfluviale

### FASE 4 - GESTIONE E PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI



- ripristino morfologico;
- interventi naturalistici;
- riduzione dell'artificialità;
- gestione dei sedimenti;
- aumento dell'apporto detritico dalle sponde e dai versanti;
- ripascimenti e bypass con immissione di sedimenti in alveo;
- reintroduzione all'interno del tracciato fluviale del materiale detritico captato all'interno delle opere;
- gestione della vegetazione fluviale ripariale.



### ETAPE 1 - CARACTÉRISATION DU RÉSEAU FLUVIAL



- 1a. Encadrement du bassin hydrographique (Échelle spatiale 1: 10.000)**
- encadrement géologique, géomorphologique et hydrogéologique;
  - cadre climatique et hydrologique;
  - identification des sources de sédiments;
  - artificialité et utilisation des terres.
- 1b Subdivision hiérarchique du bassin et du réseau hydrographique**
- encadrement et définition des Unités Physiographiques (U.P);
  - définition du degré et de l'indice de confinement (Dc - Ic);
  - définition de la morphologie du lit de la rivière (sinuosité, entrelacement, anabranching, morphométrie, etc.);
  - subdivision en sections fluviales.
- 1c Caractérisation et analyse des conditions actuelles du réseau hydrographique**
- processus d'alimentation;
  - transfert et dépôt de sédiments dans le réseau hydrographique.
- 1d L'estimation du transport solide fluvial**
- approche géomorphologique (comparaison entre les profils et les sections topographiques);
  - données hydrologiques et géomorphologiques à l'appui de la modélisation mathématique;
  - comparaison entre méthodologies et software.

### ETAPE 2 - ÉVOLUTION PASSÉE ET ÉVALUATION DES COND. ACTUELLES



- 2a - Évolution passée**
- changement de la configuration morphologique et mesure des indices morphologiques (sinuosité, entrelacement, etc.);
  - modification de la largeur du lit de la rivière et du profil du cours d'eau;
  - tendances évolutives;
  - analyse des causes.
- 2b - Évaluation de la qualité morphologique - IQM**
- indice IQM - indice de qualité morphologique - fiches de collecte de données;
  - résumé des problèmes critiques.
- 2c - Évaluation de la dynamique morphologique IDM**
- indice IDM - indice de la dynamique morphologique - fiches de collecte de données;
  - classification de la dynamique des événements (CDE);
  - définition et but d'utilisation des bandes fluviales.

### FASE 3 - TENDANCE FUTURES



- 3a - Suivi morphologique du lit de la rivière et du système fluvial**
- paramètres planimétriques (sinuosité, entrelacement, etc.);
  - profil longitudinal (pente) et transversal (largeur, profondeur...);
  - sedimentologie du fonds (granulométrie et structure ...);
  - matériau ligneux;
  - végétation des bandes périfluviales;
  - débits de liquide.
- 3b - Suivi des éléments artificiels**
- barrages et autres ouvrages comme barrières de rétention des écoulements liquides;
  - ouvrages transversales de retenue et de confinement;
  - remblais et défenses bancaires;
  - changements dans l'itinéraire;
  - variations de zone de la ceinture érodable;
  - revêtements des fonds;
  - interventions d'enlèvement des sédiments
  - coupe de la végétation dans la ceinture périfluviale

### PHASE 4 - GESTION ET PLANIFICATION DES INTERVENTIONS



- rétablissement morphologique ;
- interventions naturalistes ;
- réduction de l'artificialité ;
- gestion des sédiments ;
- augmentation de l'apport détritico des berges et des pentes;
- remblayage et by-pass avec la mise en place de sédiments dans le lit de la rivière;
- reintroduction dans la voie fluviale du matériel détritico capturé dans les œuvres;
- gestion de la végétation riveraine.



# LE COSTE DELLA SARDEGNA

## LES CÔTES DE LA SARDAIGNE

A cura di: Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato Difesa dell'Ambiente - Servizio Tutela della Natura e P. F.

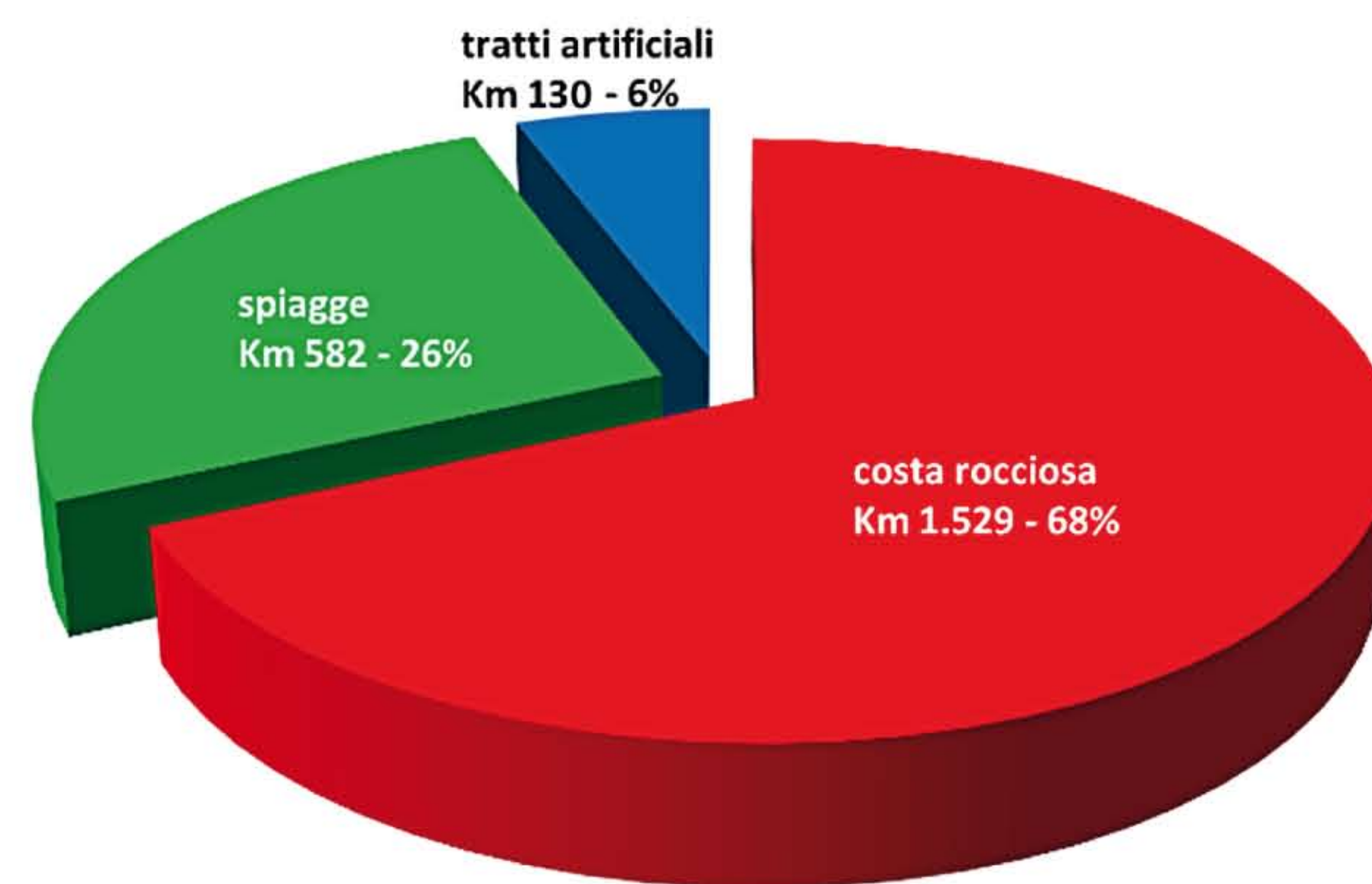
### Programma di Azione Coste - PAC 2013



Lo sviluppo complessivo delle coste della Sardegna è di circa 2.700 km (comprese le isole minori).

Su circa 2.240 Km di coste analizzate nel PAC (escluse l'isola dell'Asinara e l'arcipelago della Maddalena), la distribuzione della tipologia di costa è risultata la seguente:

- la costa rocciosa ha uno sviluppo complessivo di 1.529 km (68%) di cui 127 km in falesia;
- la costa sabbiosa si attesta a 582 km (26%);
- la costa artificiale a 130km (6%), con circa 33 km di opere portuali e circa 97 Km di opere difesa.



### Programme d'Action Côtière - PAC 2013



Le développement global des côtes de la Sardaigne est d'environ 2 700 km (y compris les plus petites îles).

Sur environ 2 240 km de littoral analysés dans le PAC (à l'exclusion de l'île d'Asinara et de l'archipel de la Maddalena), la répartition du type de côte était la suivante:

- la côte rocheuse présente une longueur totale de 1 529 km (68%) dont 127 km en falaises;
- la côte sablonneuse est de 582 km (26%);
- la côte artificielle est égal à 130 km (6%), avec environ 33 km d'ouvrages portuaires et environ 97 km d'ouvrages de défense.

### COSTE SABBIOSE\*



Nello sviluppo di costa sabbiosa, sono state individuate e analizzate 271 spiagge, singole o accorpate in gruppi. L'analisi preliminare di criticità ha evidenziato 79 spiagge o complessi di spiagge che presentano criticità di varia natura classificata "alta" e "bassa". Sono state identificate complessivamente 27 spiagge altamente critiche per uno sviluppo totale di circa 84,35 Km, pari a circa il 14,5% del totale delle spiagge.

### CÔTES SABLEUSE\*



Dans le développement de la côte sableuse, 271 plages, isolées ou regroupées, ont été identifiées et analysées. L'analyse préliminaire de criticité a mis en évidence 79 plages ou complexes de plage qui présentent différents types de criticité classés comme «élevées» et «faibles». Un total de 27 plages très critiques ont été identifiées pour une longueur totale d'environ 84,35 km, soit environ 14,5% du total des plages.



Mappe delle coste rocciose ad alta criticità  
Carte des côtes rocheuses très critiques

### COSTE ROCCIOSE\*



Sono stati classificati 314 tratti franosi per una lunghezza complessiva pari a 802 km di sviluppo lineare.

La sovrapposizione dei "tratti franosi" con elementi sensibili e a rischio presenti in una fascia interna di 30 metri dalla linea di costa ha determinato l'individuazione di aree soggette a valutazione speciale, indicate con il termine di "tratti ad alta criticità".

All'interno dei tratti franosi sono stati censiti 138 tratti ad alta criticità per uno sviluppo lineare di 83 km totali, pari a circa il 5,4% del totale delle coste alte.

### CÔTES ROCHEUSES\*



314 tronçons sujets aux glissements de terrain ont été classés pour une longueur totale de 802 km de développement linéaire.

Le chevauchement des «tronçons sujets aux glissements de terrain» avec les éléments sensibles et à risque présents dans une bande intérieure de 30 mètres de la côte a déterminé l'identification des zones soumises à une évaluation spéciale, désignée par le terme «sections très critiques».

Parmi les tronçons sujets aux glissements de terrain, 138 sections très critiques ont été étudiées pour un développement linéaire de 83 km, correspondant à environ 5,4% du total des hautes côtes.

Mappe delle spiagge a bassa e alta criticità  
Carte des plages qui présentent criticité élevée et faible

\* nella valutazione dei tratti critici sono escluse le isole dell'Asinara e della Maddalena.  
\* les îles de l'Asinara et de la Maddalena sont exclues dans l'évaluation des caractéristiques critiques.





# REVISIONE INTEGRATA DEI PIANI DI MONITORAGGIO

## PLANS DE SUIVI ET DONNÉES COLLECTÉES DANS LA ZONE DE COOPÉRATION

A Cura Di: Regione Toscana - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e Costa

### E' IMPORTANTE CONOSCERE SE E COME LE METODOLOGIE DI MISURA E I MONITORAGGI VENGONO UTILIZZATE NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE A LIVELLO REGIONALE.

La condivisione di tali informazioni nei territori partners del progetto MAREGOT, ha permesso di fare delle valutazioni che hanno fatto emergere punti di forza, di debolezza, e opportunità, rispetto alle tematiche trattate. L'obiettivo è quello di mettere a fuoco ciò che occorre per utilizzare al meglio quanto già disponibile, codificare metodologie e tracciare percorsi condivisi.

### IL EST IMPORTANT DE SAVOIR SI ET COMMENT LES MÉTHODES DE MESURE ET LA SUIVI SONT UTILISÉES DANS LES OUTILS DE PLANIFICATION AU NIVEAU RÉGIONAL

Le partage de ces informations dans les territoires du projet MAREGOT, nous a permis de faire des évaluations qui ont révélé les forces et les faiblesses, et opportunités, par rapport aux sujets traités. Le but est de se concentrer sur ce qui est nécessaire pour utiliser au mieux ce qui est déjà disponible, codifier les méthodologies et tracer les chemins à partager.



#### MOTO ONDOSO

- Grande patrimonio di metodologie di misura, di dati e anche di competenze

#### TRASPORTO SOLIDO BACINI IDROGRAFICI

- Omogeneo approccio tecnico relativo agli elementi e ai processi morfologici da monitorare

#### SPIAGGE

- Metodologie di indagine comuni svolte durante le attività di monitoraggio

#### COSTE ALTE

- Gli strumenti e le tecniche di monitoraggio possono essere molteplici, in funzione degli indicatori che si intende rilevare, dell'accuratezza delle misure e della loro frequenza

#### HABITAT MARINO COSTIERI

- Tutti i partner dispongono di protocolli di monitoraggio sugli habitat marino costieri



#### MOTO ONDOSO

- Bassa accessibilità alla grande mole di dati raccolti negli anni emancanza di un utilizzo sistematico e standardizzato dei dati raccolti per le attività di pianificazione.

#### TRASPORTO SOLIDO BACINI IDROGRAFICI

- Carenza e scarsa disponibilità di dati e informazioni relative alle misure di trasporto solido alle foci

#### SPIAGGE

- Quadro disomogeneo tra Italia e Francia per quanto riguarda gli Enti territoriali di riferimento e le tempistiche di monitoraggio

#### COSTE ALTE

- Non esistono o sono estremamente limitate nell'area Transfrontaliera le attività di monitoraggio specifico sulle coste rocciose

#### HABITAT MARINO COSTIERI

- Mancanza di dati di monitoraggio degli habitat marino costieri di lungo periodo e conseguente difficoltà di effettuare analisi storiche significative



#### MOTO ONDOSO

- Definizione comunitaria di standard di interoperabilità dei dati
- Utilizzo dei dati per le attività di pianificazione strategica e programmazione.

#### TRASPORTO SOLIDO BACINI IDROGRAFICI

- L'adozione di misure in linea con il paradigma della green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali potrà essere d'impulso alla corretta gestione dei sedimenti fluviali

#### SPIAGGE

- L'adozione di protocolli o manuali di riferimento potrà costituire la piattaforma iniziale da cui sviluppare la metodologia comune all'area transfrontaliera

#### COSTE ALTE

- Le tecniche di Telerilevamento rendono possibile monitorare il territorio con sensori capaci di rilevare informazioni anche in condizioni di difficile acquisizione diretta

#### HABITAT MARINO COSTIERI

- L'acquisto pubblico di aree naturali costiere può avere un ruolo strategico nell'adattamento al fenomeno erosivo e costituisce un autentico valore aggiunto per i territori permettendo di tutelare nel tempo la resilienza delle zone tampone e riducendo l'antropizzazione (coastal squeeze)

## PUNTI DI FORZA LES FORCES

## PUNTI DI DEBOLEZZA LES FAIBLESSES

## OPPORTUNITÀ LES OPPORTUNITÉS



#### HOULE

- Grande ricchezza des méthodes de mesure, des données, ainsi que des compétences

#### TRANSPORT SOLIDE

- Approche technique homogène liée aux éléments et aux processus morphologiques à surveiller

#### PLAGES

- Méthodologies communes d'enquête menées pendant les activités de suivi

#### CÔTES À FALAISES

- Les outils et les techniques de suivi peuvent être multiples, en fonction des indicateurs à détecter, de l'exactitude des mesures et de leur fréquence

#### HABITAT MARIN CÔTIER

- Tous les partenaires ont des protocoles de suivi sur l'habitat marin côtier



#### HOULE

- Faible accessibilité à la grande quantité de données recueillies au cours des années et absence d'une utilisation systématique et standardisée des données recueillies pour les activités de planification.

#### TRANSPORT SOLIDE

- Pénurie et faible disponibilité de données et d'informations sur les mesures de transport solides à l'embouchure

#### PLAGES

- Cadre inégale entre l'Italie et la France pour les autorités locales de référence et les temps de suivi

#### CÔTES À FALAISES

- Les activités de suivi spécifiques sur les côtes rocheuses n'existent pas ou sont extrêmement limitées dans la région transfrontalière

#### HABITAT MARIN CÔTIER

- Manque de données de suivi sur les habitat marin côtier à long terme et difficulté à effectuer des analyses historiques significatives



#### HOULE

- Définition standard des normes d'interopérabilité des données
- Utilisation des données pour la planification stratégique et la programmation

#### TRANSPORT SOLIDE

- L'adoption de mesures conformes au paradigme de l'économie verte et à la limitation de l'utilisation excessive des ressources naturelles constituera une impulsion pour la gestion correcte des sédiments fluviaux

#### PLAGES

- L'adoption de protocoles ou de manuels de référence peut constituer la plate-forme initiale à partir de laquelle développer la méthodologie commune pour la zone transfrontalière

#### CÔTES À FALAISES

- Les techniques de télédétection permettent de surveiller le territoire avec des capteurs capables de détecter des informations même dans les difficiles conditions d'acquisition directe

#### HABITAT MARIN CÔTIER

- L'achat public d'espaces naturels littoraux peut jouer un rôle stratégique dans l'adaptation au phénomène d'érosion et constitue une réelle valeur ajoutée pour les territoires permettant de protéger la résilience des zones tampons dans le temps et réduisant l'anthropisation (coastal squeeze)



# L'EVOLUZIONE DELLE COSTE ALTE

# L'ÉVOLUTION DES CÔTES À FALAISES

A cura di: D.S.C.G. - Università degli Studi di Cagliari



La comprensione dei fenomeni che modificano l'assetto delle coste alte è legata allo studio dei processi di arretramento delle pareti rocciose e di accumulo alla base dei prodotti dell'erosione. Lo studio e le successive fasi di monitoraggio devono approfondire quindi sia i processi che avvengono in ambiente subaereo che subacqueo. In questo contesto ambientale l'opera del moto ondoso gioca un ruolo di fondamentale importanza sia come azione di impatto sulla costa che come agente di trasporto lungo il litorale.

## METODO DI ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELLE COSTE ALTE

|                                   |                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| Analisi multitemporale            | Analyse multi-temporelle                      |
| Rilevamento del settore emerso    | Détection de l'environnement subaérien        |
| Indagini nel settore sommerso     | Investigation dans l'environnement sous-marin |
| Acquisizione dati sul moto ondoso | Acquisition de données sur la houle           |
| Analisi climatica                 | Analyse climatique                            |
| Protocollo d'indagine             | Protocole d'investigation                     |



La compréhension des phénomènes qui modifient la structure des côtes à falaises est liée à l'étude des processus de recul des parois rocheuses et d'accumulation à la base des produits d'érosion. L'étude et les phases de suivi ultérieures doivent donc approfondir les processus qui se déroulent dans un environnement subaérien et sous-marin. Dans ce contexte environnemental, le travail de la houle joue un rôle fondamental à la fois comme action d'impact sur la côte et comme agent de transport le long de la côte.

## ARRETRAMENTO E INSTABILITÀ DELLE COSTE

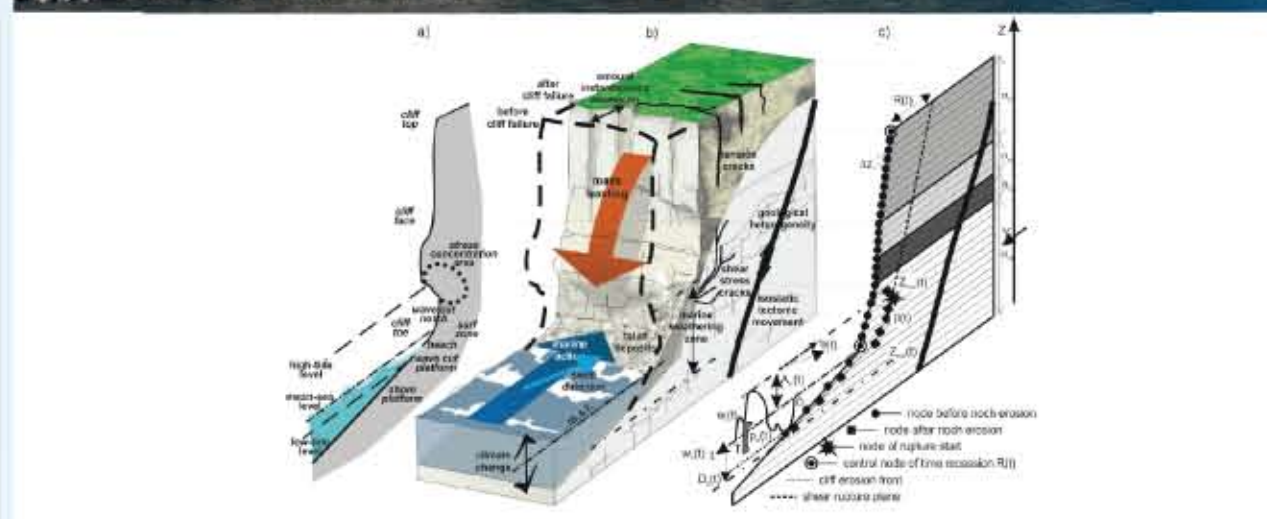


L'instabilità delle pareti rocciose costiere è legata ai seguenti fenomeni di modifica della struttura mineralogica, petrografica e strutturale delle rocce:

- processi di alterazione e weathering dovuti alla presenza dell'acqua anche ricca di componenti saline provenienti dall'aerosol marino;
- processi di erosione, ossia asportazione di materiale disgregato sia ad opera dell'acqua che del vento;
- processi gravitativi, in particolare frane;
- processi di arretramento delle falisie per modifica del solco di battente e della piattaforma di abrasione emersa e sommersa;
- effetto delle acque sotterranee sull'indebolimento della resistenza meccanica delle rocce.

Esempio di frana di crollo:  
1) nicchie di distacco alterate e deposito colonizzato dalla vegetazione evolutasi tra 1940 e 1950; 2) nicchia di distacco e deposito al piede della frana del 2/07/1987; 3) nicchia di distacco e deposito del 21/02/2017. In primo piano la barriera di massi protettiva messa in opera successivamente all'evento del 1987

Blocco diagramma di una falaise: (a) aspetti morfologici di una falaise; (b) unità costiera omogenea (CBU), che presenta condizioni geologiche ed oceanografiche omogenee; (c) discretizzazione di una sezione litorale su falaise con gli elementi principali coinvolti, da Castedo et al., (2017).



Dépôts de glissement de terrain:  
1) niches de détachement altérées et dépôt colonisé par la végétation qui s'est évoluée entre 1940 et 1950; 2) niche de détachement et dépôt au pied du glissement de terrain du 2/07/1987; 3) niche de détachement et dépôt de 21/02/2017. Au premier plan, la barrière de protection en pierre mise en place après l'événement de 1987.

Schéma fonctionnel d'une falaise: (a) aspects morphologiques d'une falaise; (b) une unité côtière homogène (CBU), qui présente des conditions géologiques et océanographiques homogènes; (c) discrétisation d'une section de littoral sur une falaise avec les principaux éléments impliqués, e [Castedo et al., 2017].

## RECU ET INSTABILITÉ DES CÔTES



L'instabilité des parois rocheuses côtières est liée aux phénomènes suivants de modification de la structure mineralogique, pétrographique et structurale des roches:

- les processus d'altération et de weathering dus à la présence d'eau, également riche en composants salins provenant d'aérosols marins;
- les processus d'érosion, c'est-à-dire l'enlèvement de matériaux désagregés à la fois par l'eau et par le vent;
- les processus gravitationnels, en particulier les glissements de terrain;
- les processus de recul des falaises suite à la modification du encoche et de la plate-forme d'abrasion émergée et submergée;
- l'effet de l'eau souterraine sur l'affaiblissement de la résistance mécanique des roches.

## INDAGINI GEOLOGICHE

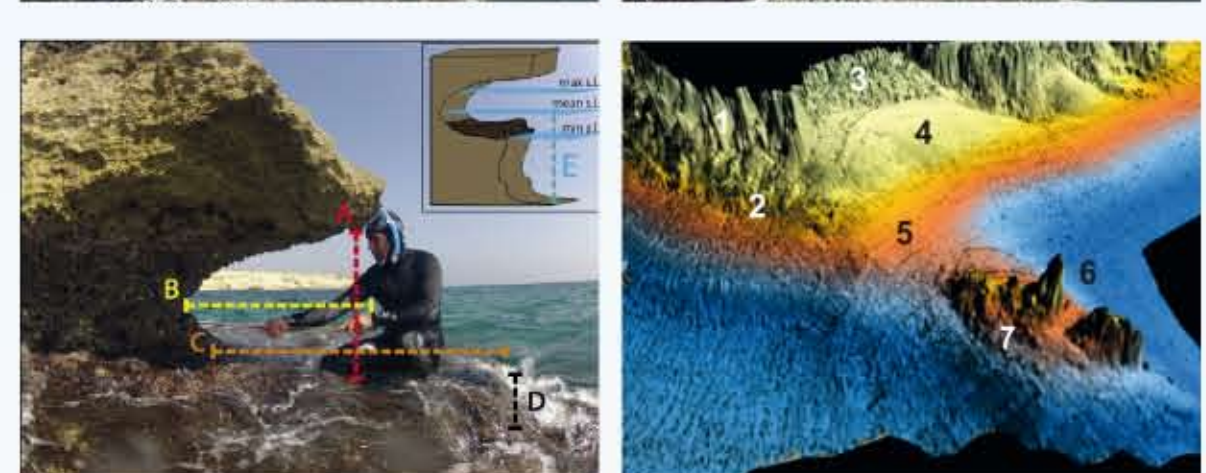


Li rilevamenti sul campo sono finalizzati all'acquisizione dei dati necessari per la caratterizzazione morfologica e geologica del sito di indagine. Il primo obiettivo è quello di ricostruire il modello in 3D sia del terreno che dei corpi geologici. Il settore emerso e quello sommerso vengono rilevati con misure dirette e misure da sensori remoti. L'analisi multitemporale delle foto aeree permette di capire come il territorio si sia modificato nel tempo e in particolare consente di monitorare i processi di arretramento delle coste.

Il rilievo fotogrammetrico delle pareti rocciose permette di ricostruire il modello 3D della superficie del versante. L'utilizzo di sensori montati su droni (A) permette di rilevare nelle zone con difficile accesso diretto (B).

Analisi multitemporale su base ortofoto dei processi gravitativi. A) Ortofoto 2015: i processi gravitativi sono quiescenti; il deposito di frana principale (freccia in giallo) è correlabile con l'evento del 30 luglio del 1987. B) Ortofoto 2017: nuovi depositi di frana per riattivazione dei processi gravitativi (febbraio 2017).

Misure morfometriche del solco di marea; A) ampiezza; B) profondità (incisione massima), l.m.m.; C) base; D) distanza l.m.m. - superficie di piede di falaise. (Antonoli et al., 2015).  
Fig. 6 - Rappresentazione 3D del settore sommerso: 1) parete subverticale di falaise sommersa; 2) piede di falaise; 3) deposito di frana a conoide; 4) conoide distale; 5) paleo-lombolo; 6) Secca 7) Blocostruzione ad alghe calcaree "Coralligeno"



Le relevé photogrammétrique des parois rocheuses permet la reconstruction du modèle 3D de la surface du versant. L'utilisation de capteurs montés sur des drones (A) permet de détecter dans les zones à accès direct difficile (B).

Analyse multi-temporelle sur des ortho-images de processus gravitationnels. A) Ortho-image 2015: les processus gravitationnels sont quiescents; le dépôt principal de glissement de terrain (flèche jaune) peut être corrélé avec l'événement du 30 juillet 1987. B) Ortho-image 2017: nouveaux dépôts de glissements de terrain pour la réactivation des processus gravitaires (février 2017).

Mesures morphométriques du sillon de marée; A) amplitude; B) profondeur (incision maximale), n.m.m.; C) base; D) distance m.m. - surface du pied de falaise. (Antonoli et al., 2015).  
Fig. 6 - Représentation 3D du secteur submergé: 1) parois sous-verticales de la falaise submergée; 2) pied de falaise; 3) dépôt de glissement de terrain conoïdal; 4) conoïde distal; 5) paléo-lombolo; 6) Sec; 7) Blocostrution avec des algues calcarees "Coralligeno"

## INVESTIGATIONS GÉOLOGIQUES



L'instabilité des parois rocheuses côtières est liée aux phénomènes suivants de modification de la structure mineralogique, pétrographique et structurale des roches:

- les processus d'altération et de weathering dus à la présence d'eau, également riche en composants salins provenant d'aérosols marins;
- les processus d'érosion, c'est-à-dire l'enlèvement de matériaux désagregés à la fois par l'eau et par le vent;
- les processus gravitationnels, en particulier les glissements de terrain;
- les processus de recul des falaises suite à la modification du encoche et de la plate-forme d'abrasion émergée et submergée;
- l'effet de l'eau souterraine sur l'affaiblissement de la résistance mécanique des roches.

Sintesi delle indagini e dei prodotti tecnici da realizzare per lo studio alla scala locale dei tratti di costa che presentano una propensione allo sviluppo di fenomeni franosi

| Caratteristiche        | Tipologia d'indagine                                                             | Prodotto atteso                                                                               |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| dati esistenti         | Analisi ed integrazione dei dati esistenti                                       | Geodatabase e modelli cartografici                                                            |
| morfologiche           | Remote Sensing, Rilievi Batimetrici, Fotoanalisi                                 | DTM parte emersa e morfologia parte sommersa.                                                 |
| analisi multitemporale | Analisi fotografica                                                              | Modello della variazione storica della linea di costa                                         |
| geologico-strutturali  | Rilievi di campo, Remote Sensing, Fotoanalisi                                    | Modello Geologico Strutturale                                                                 |
| geomorfologiche        | Rilievi di campo, Remote Sensing, Fotoanalisi, Rilievi in immersione             | Modello Geomorfologico Inventario locale dei fenomeni franosi                                 |
| geomeccaniche          | Rilievi sul campo, Remote Sensing, Fotoanalisi, Analisi in situ e di laboratorio | Caratterizzazione Geomeccanica, Ricostruzione 3D dell'ammasso roccioso (Modello Geomeccanico) |
| geotecniche            | Analisi in situ e di laboratorio, Rilievi di campo, Remote Sensing               | Modello Geotecnico                                                                            |
| idrogeologiche         | Rilievi di campo, Remote Sensing                                                 | Modello Idrogeologico                                                                         |
| climatiche             | Analisi pluviometriche delle serie storiche                                      | Soglie Pluviometriche                                                                         |
| moto ondoso            | Misure dirette e indirette                                                       | Caratterizzazione energetica del moto ondoso                                                  |



Paleofrana; si distingue la paleo falaise a controllo tettonico (a); il corpo di frana, versante deposizionale di sostituzione (b); la ripa di erosione in arretramento accelerato incisa dalla linea di riva attuale.

Paléofrana; la paléo-falaise de contrôle tectonique se distingue (a); le corps de glissement de terrain, côté de dépôt de remplacement (b); la banque d'érosion en recul accéléré incisée par la ligne côtière actuelle.

Synthèse des enquêtes et des produits techniques à réaliser pour l'étude à l'échelle locale des tronçons de littoral ayant une propension au développement des glissements de terrain

| Caractéristiques            | Type d'enquête                                                                         | Produit attendu                                                                            |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| données existantes          | Analyse et intégration des données existantes                                          | Géodatabases et modèles cartographiques                                                    |
| morphologiques              | Télédétection, bathymétriques, Reliefs                                                 | DTM de la partie émergée et la morphologie de la partie submergée.                         |
| analyse multitemporale      | Analyse de photos                                                                      | Modèle de la variation historique de la ligne de la côte                                   |
| géologiques et structurales | Détection in situ, télédétection, Analyse de photos                                    | Modèle géologique structurel                                                               |
| geomorphologiques           | Détection in situ, télédétection, Analyse de photos, Enquêtes sous-marines             | Modèle geomorphologique Inventaire local des phénomènes de glissement de terrain           |
| géomécaniques               | Détection in situ, télédétection, Analyse de photos, Analyse in situ et en laboratoire | Caractérisation géomécanique, reconstruction 3D de la masse rocheuse (modèle géomécanique) |
| géotechniques               | Analyse in situ et en laboratoire                                                      | Modèle géotechnique                                                                        |
| hydrogéologiques            | Détection in situ, télédétection                                                       | Modèle hydrogéologique                                                                     |
| climatiques                 | Analyse pluviométrique de séries historiques                                           | Seuils pluviométriques                                                                     |
| houle                       | Mesures directes et indirectes                                                         | Caractérisation énergétique de la houle                                                    |

## PROTOCOLLO D'INDAGINE DELLE COSTE ALTE ROCCIOSE



Le elaborazioni dei dati raccolti nelle fasi di indagine portano alla definizione del modello di instabilità del tratto costiero. Sulla base di questo modello possono essere date le indicazioni per le modalità di intervento e soprattutto per proporre un protocollo di monitoraggio dei fenomeni di instabilità.



## PROTOCOLE D'INVESTIGATION SUR LES CÔTES À FALAISES



Les élaborations des données collectées au cours des phases de l'investigation conduisent à la définition du modèle d'instabilité du tronçon côtier. Sur la base de ce modèle, les indications peuvent être données pour les modalités d'intervention et surtout pour proposer un protocole de suivi des phénomènes d'instabilité.

