

Benchmark des différents modes de gestion sur les plages méditerranéennes

*Exemples de stratégies de restauration du littoral selon les
régions/pays et leur problématique*



CONTACTS

Hugues HEURTEFEUX
hheurtefeux@eid-med.org
04 67 63 72 99

Philippe RICHARD
prichard@eid-med.org
04 30 63 67 95

Alexian AJAS
aajas@eid-med.org
04 30 63 67 81

EID Méditerranée
Pôle Littoral

165 avenue Paul Rimbaud
34 184 Montpellier Cedex 4
www.eid-med.org



Table des matières

INTRODUCTION	3
1. Renaturation d'espaces littoraux	5
1.1. L'Estartit (Catalogne, Espagne) : suspension d'un projet immobilier en front de mer, restauration des zones humides et aménagement d'un espace de sensibilisation.....	5
1.2. Villeneuve-lès-Maguelone (Hérault, France) : suppression de l'activité aquacole et reconstitution d'un cordon dunaire	7
1.3. Les Salins de Giraud (Arles, France) : renaturation du site suite à l'arrêt de l'exploitation des bassins11	
1.4. Salins de Hyères (Var, France) : renaturation du site suite à l'arrêt de l'exploitation des bassins	14
1.5. Le Grau du Roi (Gard, France) : renaturation de différents sites littoraux	17
2. Recul stratégique d'enjeux vulnérables	19
2.1. Sète (Hérault, France) : recul de la route pour recréer le cordon dunaire	19
2.2 Mauguio-Carnon (Hérault, France) : suppression de la route littorale entre Carnon et La Grande Motte.....	23
3. Travaux de gestion durable de plage	25
3.1. Altafulla (Catalogne, Espagne) : gestion durable de la plage	25
4. Rechargement en sédiments afin de garantir la pérennité des surfaces de plage pour le tourisme ...	26
4.1. Marina di Pisa (Pise, Italie) : rechargement en galets de la plage.....	26
4.2. Baie de Giardini (Naxos, Italie) : rechargement et protection sous-marine	29
4.3. L'utilisation des rechargements pour la préservation des surfaces de plage : une méthode dite "douce"	31
5. Utilisation conjointe de méthodes "douces" et "dures"	33
5.1. Lido de Frontignan (Hérault, France) : travaux de protection et de mise en valeur de la plage ..	33
CONCLUSION	36
Bibliographie.....	37

INTRODUCTION

Les plages méditerranéennes font l'objet de réflexions de plus en plus développées à mesure que la mer gagne du terrain sur le littoral. La carence sédimentaire généralisée, l'élévation du niveau marin et le recul du trait de côte ne sont plus des questionnements mais bien une réalité à laquelle les communes de bord de mer doivent s'adapter désormais. En effet, les récentes données publiées par le GIEC font état d'une augmentation de niveau de 20 cm pour la Méditerranée entre 2020 et 2050. Les méthodes dites "dures" de stabilisation du trait de côte (épis, brise-lames) ayant montré leurs limites (aggravation des phénomènes érosifs en aval-dérive littorale notamment), il faut désormais se tourner vers de nouvelles méthodes pour gérer le littoral.

Dans le cadre du cycle 3 de l'ObsCat, l'EID-Méditerranée était chargée de réaliser un benchmark sur les modes de gestion. Il s'agit de tirer un bilan des différents types d'interventions mis en œuvre ces dernières années sur le littoral méditerranéen (construction de brise-lames et épis ; rechargement des plages avec les sables piégés au niveau des digues portuaires...), à partir de données récoltées dans la bibliographie disponible et/ou des demandes aux collectivités gestionnaires des secteurs concernés. Ce rapport détaille donc plusieurs exemples de solutions qui ont été appliquées sur les plages méditerranéennes, en France mais également à l'étranger. Chaque projet est présenté sous la forme d'une fiche de synthèse qui décrit le contexte et la problématique du site, l'objectif de la méthode, son coût global et enfin un retour d'expérience quand cela est possible.



Figure 1 : Emplacement des différents projets exposés dans ce rapport autour du bassin méditerranéen (fond google Earth)



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional

1. Renaturation d'espaces littoraux

1.1. *L'Estartit (Catalogne, Espagne) : suspension d'un projet immobilier en front de mer, restauration des zones humides et aménagement d'un espace de sensibilisation*

Objectif : renaturation (désurbanisation et restauration du système lagunaire côtier suite à l'arrêt du plan d'urbanisme de la Pletera).

Contexte :

Le projet Life*-Pletera a été lancé dans le but de recréer les lagunes de la Pletera, disparues en 1986 lors du lancement d'un projet de construction sur le front de mer. Sur les six blocs d'immeubles prévus, seul un a vu le jour, avant que le projet soit annulé pour des raisons financières. Des infrastructures (routes, ronds-points, promenade) se sont alors trouvées à l'abandon à partir de 1988, date de la fin de la première phase du plan d'urbanisme de la station balnéaire.

Ces constructions ont altéré les fonctions écologiques des lieux, constitués avant travaux d'une zone marécageuse et lagunaire. Le projet de renaturation s'est étalé sur quatre années, de juillet 2014 à décembre 2018. Il a été réalisé en plusieurs phases qui ont consisté à désurbaniser le secteur (48 000 tonnes de gravats extirpées du site), recréer une lagune et une bande marécageuse (rabaissement du sol de 3 m, jusqu'au niveau marin), aménager un sentier nature pour mettre en valeur ce projet. Des mesures de suivi scientifique ont été levées pendant le déroulement du projet, notamment sur la végétation, la salinité et l'état écologique des lieux. Ces différentes actions ont permis de restaurer un espace naturel, tout en diversifiant l'économie locale en attirant une nouvelle forme de tourisme davantage orientée vers l'environnement et sa protection.

Coût total de l'opération : 2 528 148 euros

*LIFE = instrument financier de la Commission Européenne, destiné à soutenir les projets innovants dans le domaine de l'environnement et du climat, qu'ils soient privés ou publics.



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional

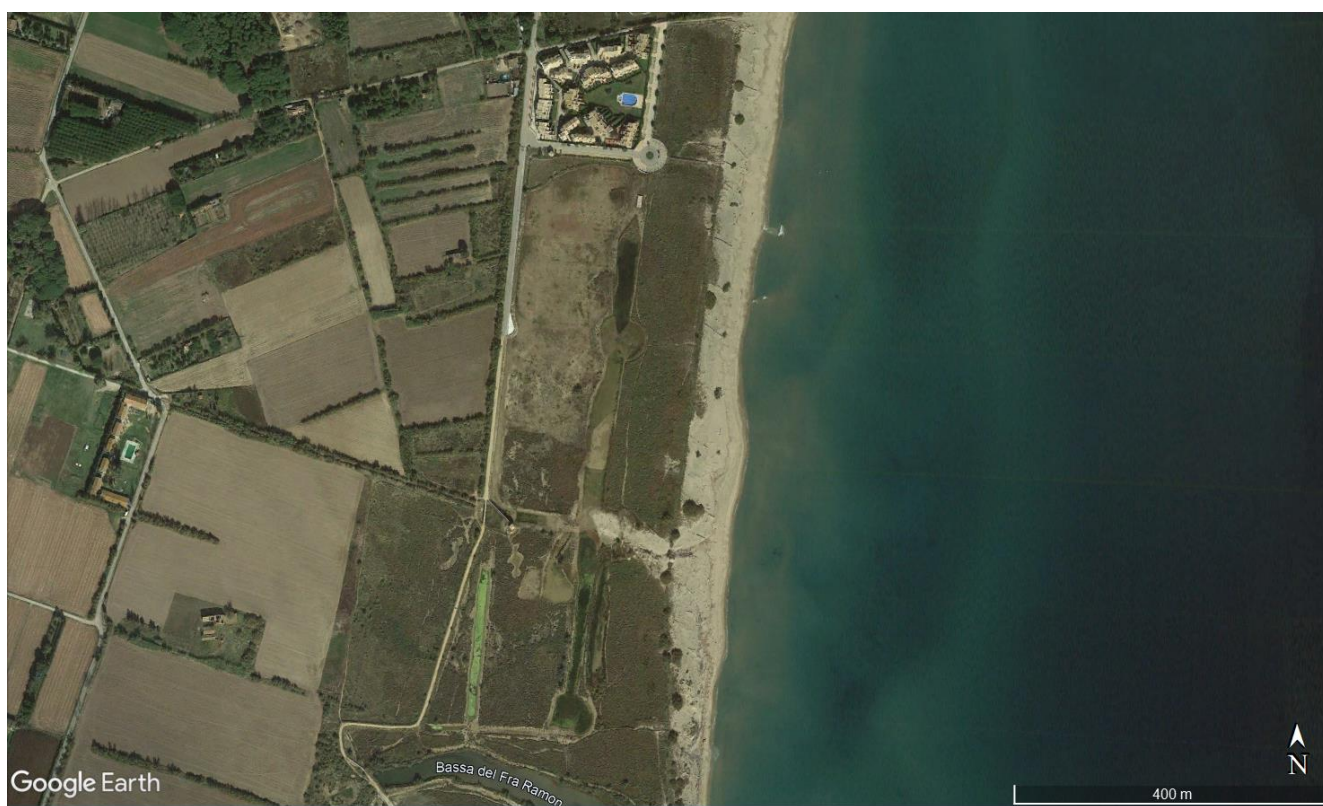
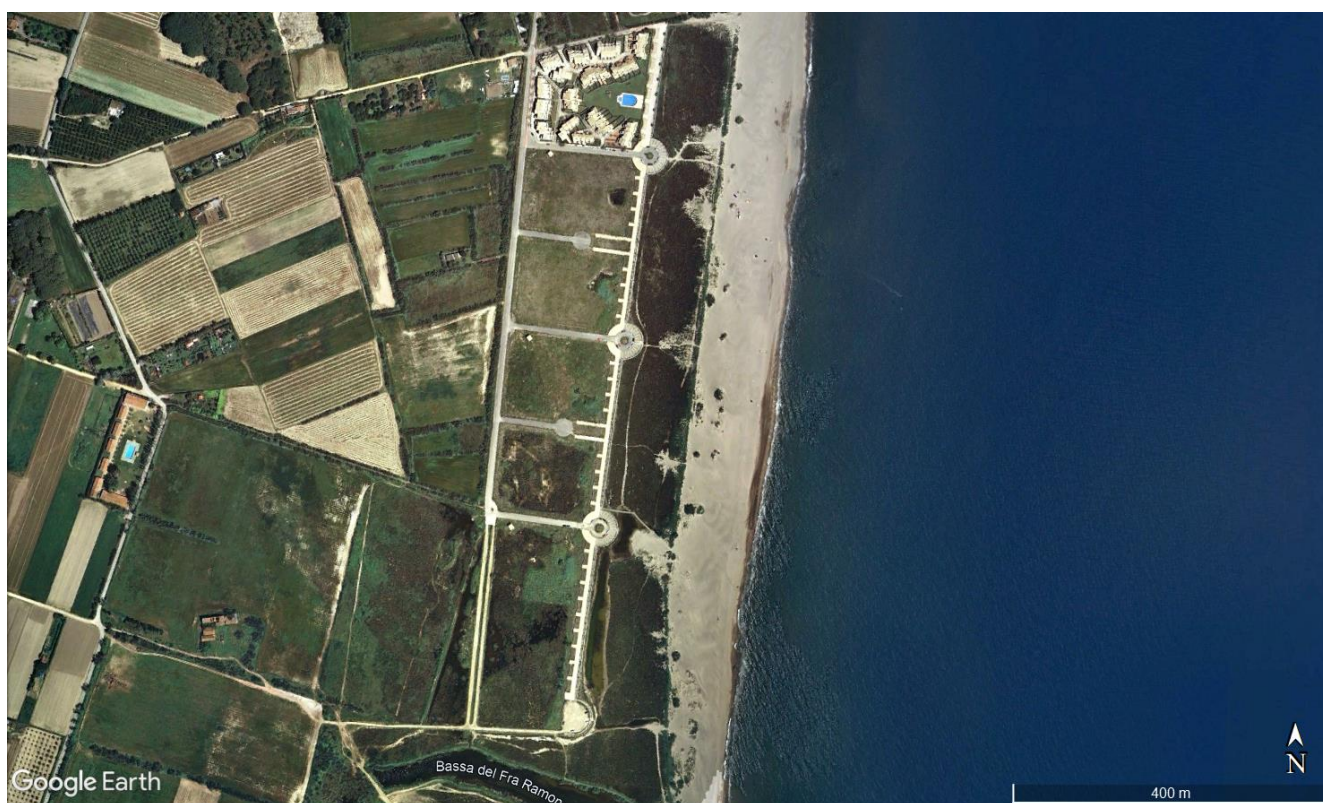


Figure 2 : vue aérienne du site de l'Estartit avant travaux (décembre 2015, en haut) puis après travaux (octobre 2020, en bas). Fond Google Earth

1.2. Villeneuve-lès-Maguelone (Hérault, France) : suppression de l'activité aquacole et reconstitution d'un cordon dunaire

Objectif : recomposition spatiale (suppression de bassins piscicoles et recalibrage d'un étang pour implanter un cordon de fond de plage de protection)

Contexte : suite à l'érosion constatée sur le littoral de la commune de Villeneuve-lès-Maguelone, notamment au droit de sa célèbre cathédrale, il a été envisagé de recharger massivement la plage en sable, de reconstruire un cordon dunaire de 700 m linéaires à la place des enrochements de fond de plage existants. Ce projet nécessitait aussi de supprimer des bassins piscicoles ou encore de détruire un centre aéré proche du cordon dunaire de l'époque.

Finalement, le cordon dunaire a bien été reconstitué mais il n'a pas été prolongé jusqu'à son voisin au nord-est. En outre, le bâtiment du centre aéré n'a pas été démoli et le bourrelet dunaire reconstitué s'est donc arrêté juste avant. Enfin les bassins piscicoles du CAT n'ont pas été déplacés mais simplement comblés (ce qui a également permis la suppression d'une prise d'eau artificielle en mer). Le rechargement de plage, la suppression des enrochements remplacés par un cordon dunaire de haut de plage entièrement végétalisé et la mise en place d'une piste roulable en arrière du cordon ont bien été réalisés, ainsi que le recalibrage de la berge sud de l'étang, visible sur la figure ci-dessous (la superficie de l'étang a été réduite).

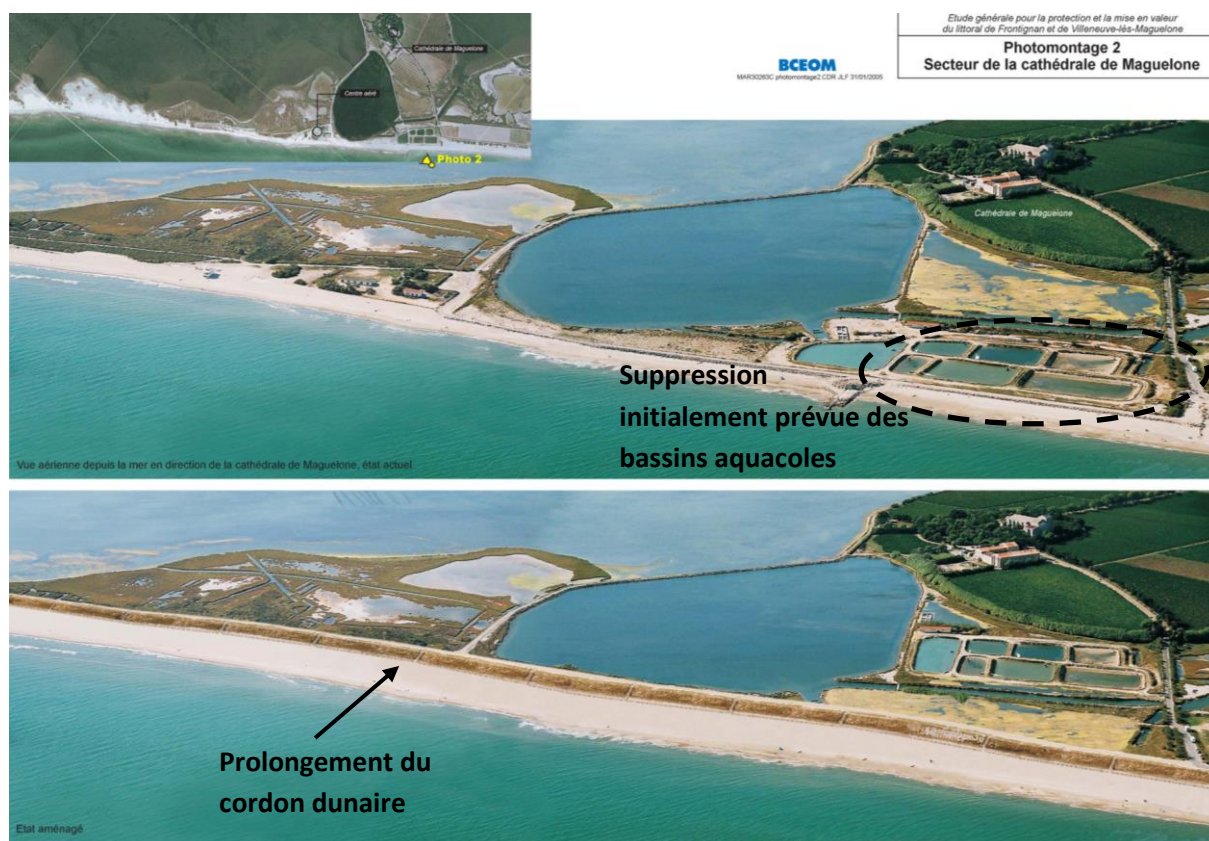


Figure 3 : projet initial (photomontage) de reconstitution du cordon dunaire face à la cathédrale de Maguelone (étude BCEOM, 2005)

2014



2019



Figure 4 : évolution du cordon dunaire avant (haut) et après (bas) végétalisation

Le cordon sableux équipé de ganivelles a été finalisé en 2014 puis entièrement végétalisé en 2015 (semis et plantation d'espèces adaptées, pour l'équivalent de 60 000 plantes). Les espaces d'arrière-dune et de zone humide ont également fait l'objet de plantations (espèces arbustives et halophiles).

Quelques années plus tard, l'évolution visible sur les images aériennes et le suivi du terrain montrent que le trait de côte continue de reculer sur cette zone malgré l'élargissement de la plage lié au recul des enjeux et à la restauration dunaire. Ce recul est surtout lié à la perte de volumes de sable sur la plage mais également à un fort dégraissement de l'avant-côte, affaiblissant la protection de la plage. A noter que la majorité de l'érosion visible sur la plage et sur l'avant-côte s'est produite lors de la saison hivernale 2017-2018, marquée par une forte tempête (début mars ; houle moyenne supérieure à 6 m).

Cependant, les différents épisodes de tempêtes et coups de mer qui affectent le secteur sont désormais mieux absorbés par le système plage-dune. Le cordon dunaire est toujours en place malgré des marques d'érosion et les passages créés pour accéder à la plage sont respectés par les usagers depuis leur mise en place.

Coût total de l'opération : 3 335 575 euros



Figure 5 : évolution avant et après travaux du système plage-dune sur le secteur de la cathédrale de Maguelone

1.3. *Les Salins de Giraud (Arles, France) : renaturation du site suite à l'arrêt de l'exploitation des bassins*

Objectif : gestion adaptative à l'élévation du niveau marin (plan de gestion simplifié validé en 2013)

Contexte

Ce secteur de Camargue correspond à d'anciens salins, où 6527 ha ont été vendus par le groupe SALINS au Conservatoire du Littoral entre 2008 et 2012, suite à l'arrêt de l'exploitation (par manque de rentabilité, selon les données de la Tour du Valat). Dès 2011, dans le cadre d'une convention de gestion entre le Conservatoire du littoral et trois gestionnaires (le Parc Naturel Régional de Camargue, la Tour du Valat et la Société Nationale de Protection de la Nature), plusieurs orientations de gestion sont définies afin de rendre ce site plus "naturel". L'une d'entre elle concerne la gestion adaptative en réponse à l'élévation du niveau marin (convention validée en 2013, un nouveau plan est actuellement en cours d'élaboration).

Plusieurs actions marquantes ont été menées :

- ✓ L'abandon des ouvrages en front de mer qui servaient autrefois de protection aux salins (afin de laisser de l'espace pour le système plage-dune, constituant ainsi la zone tampon)
Ce choix a pour but de préparer les salins contre l'élévation du niveau marin et le recul du trait de côte.



Figure 6 : enrochements initialement présents sur le site des salins du Giraud

- ✓ Le renforcement de la digue historique dite "digue à la mer", érigée au XIXème siècle à l'intérieur des terres, protection des biens et des personnes.

Ces digues abandonnées sont touchées par le recul du trait de côte, un lido s'est formé en arrière de ces anciennes digues (voir photographies aériennes suivantes de 2003 et 2018). Désormais, ces enrochements jouent le rôle de brise-lames qui protègent la plage actuelle, qui s'est reformée en arrière.

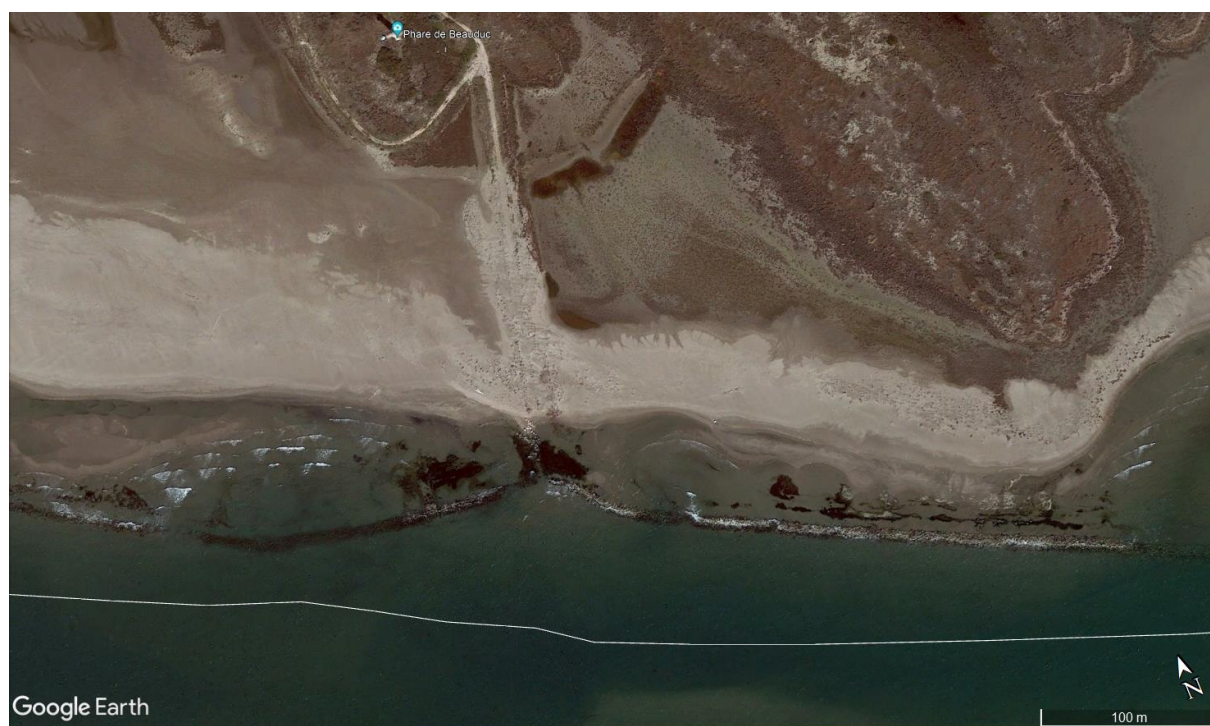


Figure 7 : vue aérienne en 2003 (haut) et en 2018 (bas) après abandon des ouvrages en enrochements (fond Google Earth)

Sur le différentiel des images aériennes, on distingue clairement le recul du trait de côte, sur près de 130 m (trait blanc correspondant au trait de côte 2003).

Des travaux de restauration d'un axe hydraulique et biologique entre l'hydrosystème Vaccarès et la mer *via* les anciens salins ont été réalisés afin de décroisonner les étangs et respecter une certaine continuité écologique : le nouveau plan de gestion en cours d'élaboration sera l'occasion de concerter davantage les acteurs locaux au sujet de la gestion du trait de côte et des lagunes. En outre, l'abandon de la digue de front de mer a permis de restaurer un fonctionnement plus naturel du système et d'augmenter la capacité d'accueil pour les oiseaux d'eau. La faune et la flore locales ont ainsi spontanément recolonisé ces nouveaux écosystèmes (installation de *Zostera noltei*, de bivalves type tellines ou palourdes, développement d'une fonction de nourricerie pour les poissons marins migrateurs).

De plus, les stations de pompage des eaux ont été démantelées, le mouvement des eaux est désormais gravitaire ; leur niveau n'est plus contrôlé, les cycles lagunaires naturels sont mieux respectés.

Enfin, une véritable zone tampon pour l'adaptation à l'élévation du niveau marin et au recul du trait de côte a ainsi été créée ; néanmoins certains acteurs locaux évoquent le sentiment d'être moins protégés de "la mer qui monte".

Coût total de l'opération : 1 800 000 euros (2013-2015)

1.4. *Salins de Hyères (Var, France) : renaturation du site suite à l'arrêt de l'exploitation des bassins*

Objectif : gestion douce du trait de côte (projet *Adapto*, pour démontrer l'intérêt de ces solutions pour répondre aux conséquences des aléas de submersion et d'érosion marine. Ce projet rassemble 10 sites en France ; le cas présenté ici concerne des travaux d'enlèvement d'enrochements pour redonner une dynamique naturelle au système plage-dune).

Contexte

Les salins ont été acquis par le Conservatoire du Littoral en 2001. Ils sont séparés de la mer par un cordon littoral étroit dans lequel a été creusé un canal d'alimentation, équipé d'une protection en enrochements entre 1971 et 1992 par la compagnie des Salins du Midi pour lutter contre la montée de la mer, sur environ 800 m linéaires. Cette méthode a seulement permis de ralentir l'érosion, mais elle a surtout décalé le problème plus à l'ouest des ouvrages, augmentant ainsi le risque de formation d'une brèche à cet endroit. Pour y remédier, une solution douce de renaturation a été mise en œuvre, à travers trois phases de travaux qui se sont étendues de 2011 à 2020, sur près de 700 m linéaires. En complément, des ganivelles ont été installées en haut de plage pour recréer une dune par piégeage sableux éolien.

Ces changements ont permis le retour d'une plage sableuse et la nature a recréé ses propres défenses face à l'érosion : des amas de feuilles mortes de posidonies (banquettes) s'accumulent au niveau de la laisse de mer, jouant un rôle d'amortissement des vagues. L'érosion a également été atténuée par la restauration du transit hydro-sédimentaire, ainsi que par le recul du sentier littoral.

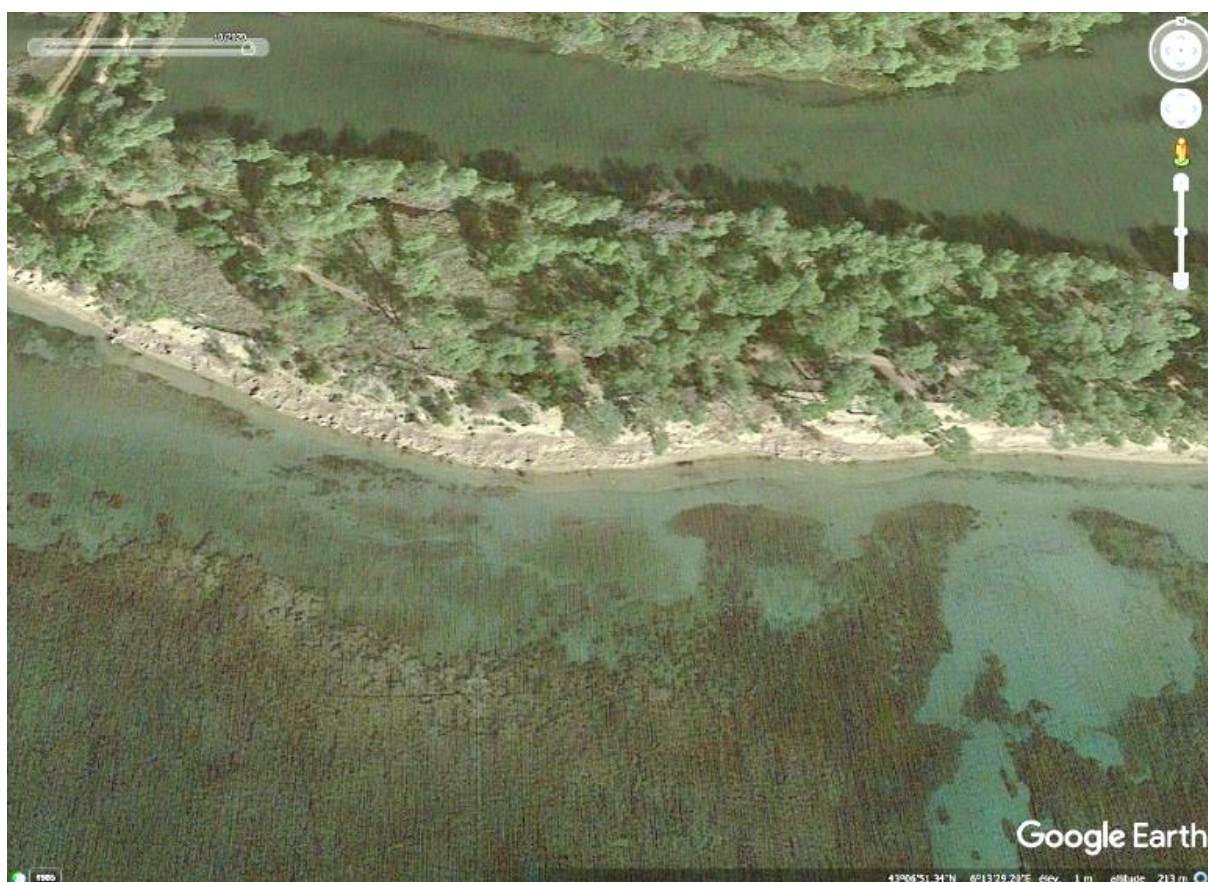


Figure 8 : vue aérienne du site en 2019 (haut) et en 2020 (bas) après enlèvement des enrochements (fond Google Earth)



Figure 9 : Photo de terrain avant et après enlèvement des rochers de protection du trait de côte

Coût total de l'opération : 550 000 €

(financement Interreg Maritimo, Life Adapto, Agence de l'eau, Région Sud, Métropole Toulon Provence Méditerranée)

1.5. *Le Grau du Roi (Gard, France) : renaturation de différents sites littoraux*

Objectif : renforcement des systèmes plage-dune face au recul du trait de côte

Contexte

Depuis une cinquantaine d'années, une dynamique générale érosive et un recul du trait de côte sévissent sur ce secteur littoral. Le SYMADREM (nouvelle autorité Gémapienne locale) s'est vu transférer la compétence GEMAPI par la commune du Grau-du-Roi, et de ce fait, la maîtrise d'ouvrage de ces opérations.

Sur la plage du Boucanet, le Sanatorium maritime (un ancien hôpital) était à l'abandon depuis 2012. Des travaux de renaturation du site ont été réalisés entre 2017 et 2019, sur 7 hectares ; ils ont consisté à démanteler près de 6500 m² de bâtiments, désamianter et dépolluer les sols, et à créer un éco-parc pour accueillir le public. Des mares et zones humides ont été créées pour la préservation de la faune et la flore locale, notamment des amphibiens. Enfin, un cordon dunaire a été érigé grâce au sable de draguage de Port-Camargue, renforcé par des ganivelles et des plantations d'oyats (pour amorcer la végétalisation naturelle). Ce projet s'inscrit dans le cadre du Plan Littoral 21.

La commune du Grau du Roi a prévu plusieurs actions de renaturation, notamment sur des sites appartenant au Conservatoire du Littoral (Terre Neuve et la Janine). A l'ouest du Boucanet, il était également envisagé de démanteler les enrochements de haut de plage, de reconstruire le cordon dunaire avec la mise en place de ganivelles, de réhabiliter les épis, de renaturer et d'élargir les plages grâce à un rechargement (le premier était de 100 000 m³. Par la suite un rechargement de 15 000 m³ est effectué tous les 3 ans). En effet, sur ce secteur, la plage recule en moyenne de près de 2 m par an depuis 2010. Le projet est toujours en cours d'élaboration.

A noter qu'un autre projet est en cours (2023) sur le secteur des Baronnets, à l'est de l'Espiguette, marqué par une forte érosion et une système plage-dune en net recul. Des travaux ont donc été lancés avec comme objectif le renforcement du cordon dunaire (apport de sable, mise en place de ganivelles et de paillage pour stabiliser le sable, végétalisation de la dune et déplacement d'un accès-plage. Le projet s'accompagne de la réduction de l'emprise dédiée au stationnement des véhicules (les espaces ainsi récupérés seront décompactés pour favoriser le développement spontané du couvert végétal). Enfin un volet communication a été intégré au projet pour sensibiliser le public à la problématique de l'érosion marine et à la fragilité du système plage-dune local.

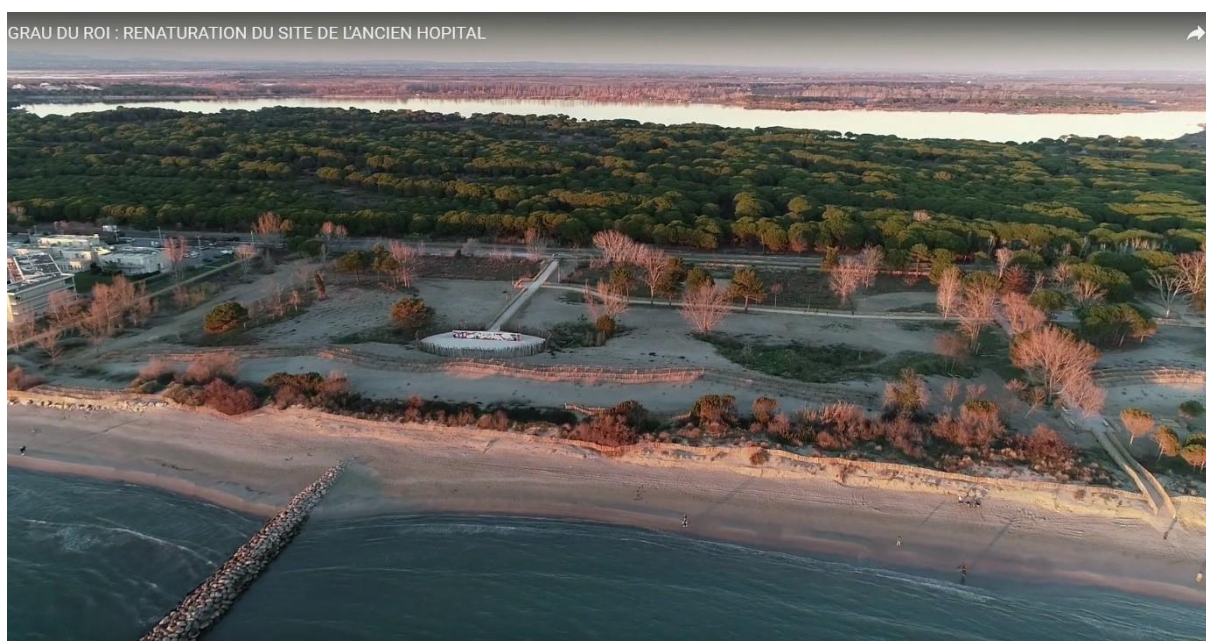


Figure 10 : vue aérienne de la plage du Boucanet en 2018 (haut) et en 2020 (bas)

Coût total de l'opération (renaturation du site du Boucanet) : 2 873 000 €

2. Recul stratégique d'enjeux vulnérables

2.1. Sète (Hérault, France) : recul de la route pour recréer le cordon dunaire

Objectif : création d'un système plage-dune par déplacement d'infrastructures

Contexte

En novembre 1982 une forte tempête avec des records de rafales pour la région (160 km/h de vent) a endommagé la route littorale, marquant le début des études techniques sur ce secteur. Les fortes tempêtes suivantes (1997, 1999) auront les mêmes effets.



Figure 11 : route côtière coupée suite à la tempête de décembre 1997 dans le secteur du Château de Villeroy

La solution retenue prévoyait le déplacement de la route, la réorganisation du stationnement, un nouveau plan de circulation, une piste cyclable et une plage plus large (70 m, grâce à un rechargement en sable) avec une dune recréée suffisamment loin du trait de côte pour moins subir les assauts des vagues de tempête. L'idée était de conserver une attractivité du site en rendant une plage plus large, tout en sécurisant la route nationale face au risque d'érosion.

Les travaux se sont déroulés entre 2007 et 2014 : aménagement de la nouvelle route après déconstruction de l'ancienne, rechargement de la plage (600 000 m³ de sable), reconstitution, protection et végétalisation du cordon dunaire, implantation d'un atténuateur de houle dans les petits fonds, installation de caméras de suivi sur des mâts, expérimentation de drainage de plage.



Figure 12 : travaux de suppression de l'ancienne route nationale sur le lido de Sète (photo EID 2010)

Le géotube est destiné à diminuer l'énergie de la houle au déferlement : c'est un système de 2 tubes en géotextile remplis de sable, d'une largeur de 6 mètres chacun pour 3 mètres de haut, immergés à une profondeur d'environ 5 m, posés et maintenus fixés sur le sable. Cela permettra de réduire de 40 % l'énergie de la houle à la côte et donc de diminuer son potentiel érosif. Ce dispositif a donné satisfaction si bien qu'il a été récemment prolongé. Il est aussi important de signaler que le secteur du lido présente des conditions favorables à ce système, avec la présence d'un stock sableux à proximité de l'emplacement de l'atténuateur de houle, et une granulométrie compatible avec le remplissage des tubes géotextiles.

L'autre technologie de drains est connue sous le nom commercial d'ECOPLAGE : il s'agit d'un drain enterré parallèlement au trait de côte, dans la zone de l'estran (de faible largeur en méditerranée compte tenu de la faiblesse du marnage) et relié à un système de pompes situées plus en retrait. L'eau amenée par la vague est en partie absorbée par le drain avant d'être rejetée filtrée dans l'étang de Thau situé juste derrière le lido de Sète. En même temps que l'eau de la vague est en partie absorbée, celle-ci repart avec moins d'énergie : la dépression ainsi créée favorise le dépôt des sédiments naturellement mis en mouvement par les houles. Sur le site de Sète ce dernier dispositif a bien été mis en place et expérimenté mais son effet étant limité, il a été décidé de mettre fin à cette expérimentation.

Coût total de l'opération : 55 millions d'euros

(financement : l'Europe, Sète Agglopôle Méditerranée, la Région, le Département et l'Etat)



Figure 13 : évolution du secteur du triangle de Villeroy (Sète) entre 2016 (haut) et 2020 (bas) (fond Google Earth)

2.2 Mauguio-Carnon (Hérault, France) : suppression de la route littorale entre Carnon et La Grande Motte

Objectif : recréation d'un système plage-dune par suppression d'infrastructures

Contexte

Ce site présente un grand intérêt écologique, paysager, historique et un fort attrait touristique. Le système plage/dune a été dégradé par l'érosion et la sur-fréquentation.

Différentes opérations ont été réalisées, de 2008 à 2015 (photos ci-dessous):

- le ré-ensablement du site : 400 000 m³ de sable importés depuis la plage de l'Espiguette
- le déplacement du giratoire (1) et l'aménagement d'une aire de stationnement de 550 places (2)
- la démolition de la route et la création d'une piste de circulation (sur 2 km) en retrait des dunes (3)
- le ré-aménagement des chemins piétons existants (4) et la mise en défens totale du cordon dunaire par des ganivelles.

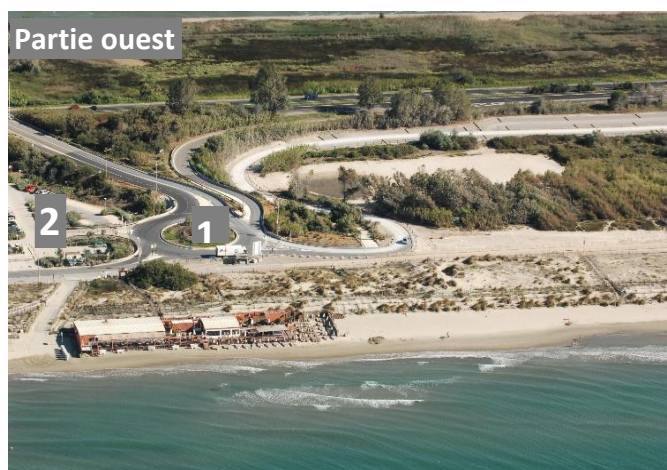


Figure 14 : vue aérienne oblique de différentes parties du site du Petit Travers, après travaux

Coût total de l'opération (études, travaux et valorisation) : 4 400 000€

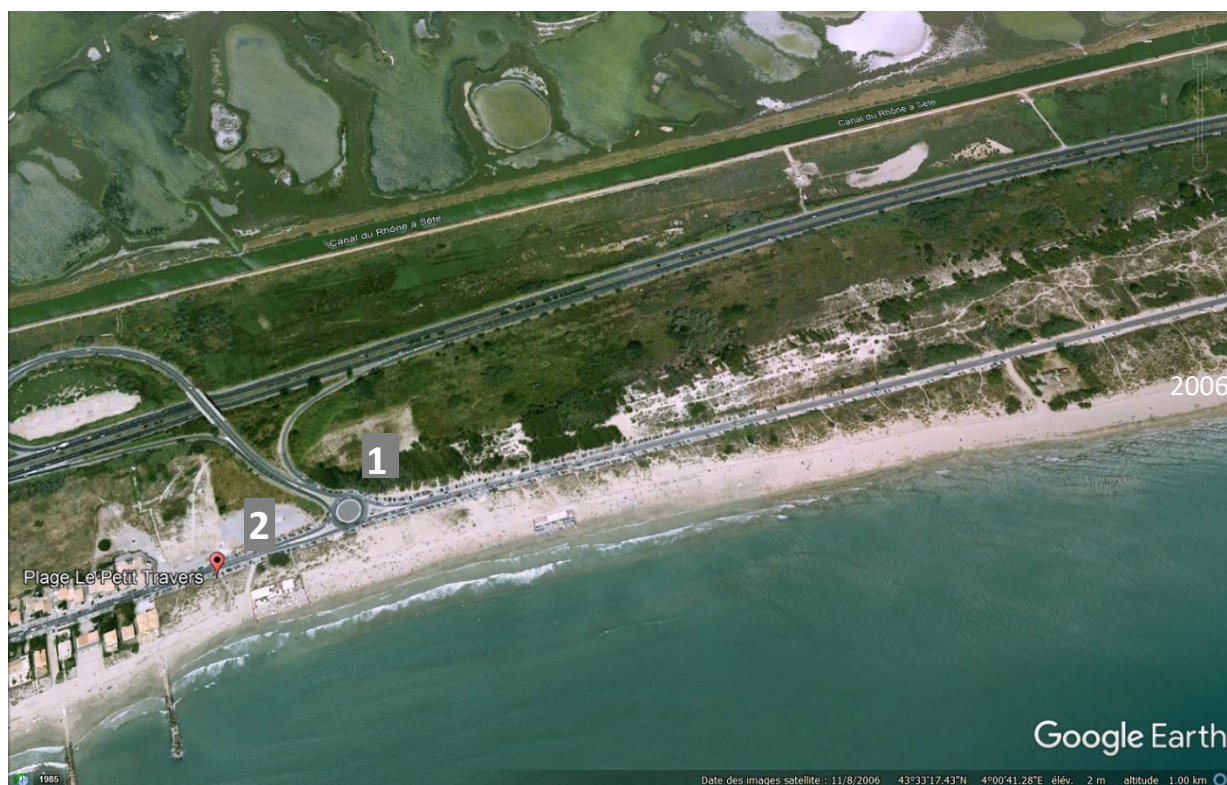


Figure 15 : Vue satellite du site au niveau du giratoire du Petit travers en 2006 (haut) et en 2016 (bas) après travaux (source Google Earth)

3. Travaux de gestion durable de plage

3.1. Altafulla (Catalogne, Espagne) : gestion durable de la plage

Objectif : gestion durable des sédiments

Contexte : La commune d'Altafulla fait l'objet d'un plan de financement européen, le "Next Generation Fund", visant à relancer l'économie à la suite de la crise du Covid-19. Plus de 6 millions d'euros ont été débloqués pour 4 axes transversaux, dont 1 million pour la gestion de la plage. Ce montant finance un plan de gestion complet en plusieurs axes pour protéger la plage et recomposer le système dunaire afin de mieux résister aux tempêtes hivernales.

La commune a mis en place des barrières de rétention du sable en haut de plage (travaux inclus dans le plan de gestion durable). Ces structures imitent la végétation des dunes pour retenir et prévenir la perte de sable de plage pendant la période hivernale. Les sédiments en surplus piégés sur ce secteur offrent ainsi la possibilité de recharger d'autres zones plus touchées par l'érosion liée aux tempêtes. Ce système a pour but d'éviter un apport de sable extérieur sur la plage grâce à l'autogestion des sédiments et de leurs mouvements locaux.



Figure 16 : panneaux d'information (gauche) des travaux effectués (droite) sur la plage d'Altafulla (Espagne)

Le plan de gestion durable d'Altafulla vise également la reconstitution du système dunaire sur un secteur en particulier de la plage où la surface le permet, pour la protection naturelle contre la menace de la montée des eaux induite par le changement climatique. D'autres actions sont aussi programmées d'ici 2024, notamment la continuité d'un sentier littoral le long du front de mer, la mise en place de biotopes marins artificiels permettant à la fois le développement de la faune et la fixation de bouée de signalisation, ou encore le contrôle des ruissellements urbains vers la plage pour limiter son érosion.

Coût total de l'opération (études, travaux et valorisation) : 1 000 000€

Financement Europe à 90 % (plan de relance économique : fonds Next Génération - NGEU)

4. Rechargement en sédiments afin de garantir la pérennité des surfaces de plage pour le tourisme

4.1. Marina di Pisa (Pise, Italie) : rechargement en galets de la plage

Objectif : réhabilitation du bord de mer sur deux secteurs : Marina di Pisa et Marina di Massa. Le projet prévoit l'abaissement de 10 brise-lames à 50 cm sous le niveau moyen de la mer, cumulé à un rechargement de plage.

Contexte

Le secteur sud de Marina di Pisa a fait l'objet d'un processus expérimental en amont du projet général, avec la création d'une plage de galets lors de l'hiver 2001-2002. Près de 28 000 m³ de matériaux (entre 40 et 200 mm de diamètre) ont été apportés sur 330 m d'un linéaire côtier auparavant dépourvu de plage et de structure de protection en mer (figure 17). Seuls des enrochements présents en haut de plage permettent de préserver les enjeux en amont. L'objectif était de protéger des infrastructures en arrière, routes et habitations, tout en retrouvant un système plus naturel.



Figure 17 : plage sud de Marina di Pisa en septembre 2001 (haut) et en mai 2002 (bas) après le rechargement

Mais suite à plusieurs tempêtes, notamment lors de l'hiver 2002-2003, le profil souhaité n'a jamais été atteint. La partie nord a perdu près de 2 m de largeur de plage sur 110 m de linéaire entre mars 2002 et janvier 2003, pendant que la partie sud avançait de seulement 0.35 m sur la mer, malgré le développement de barres d'avant-côte. Les sédiments se sont donc accumulés au sud de la zone d'expérimentation, aidés par la présence d'un épi.

De surcroît, l'apport de galets sur un secteur sableux a généré un mélange de matériaux qui réduit la porosité et la perméabilité de la plage. Celle-ci devient alors moins stable et résistante aux houles de haute énergie. Les barres d'avant-côte sont maintenues mais mieux formées au sud de la zone.

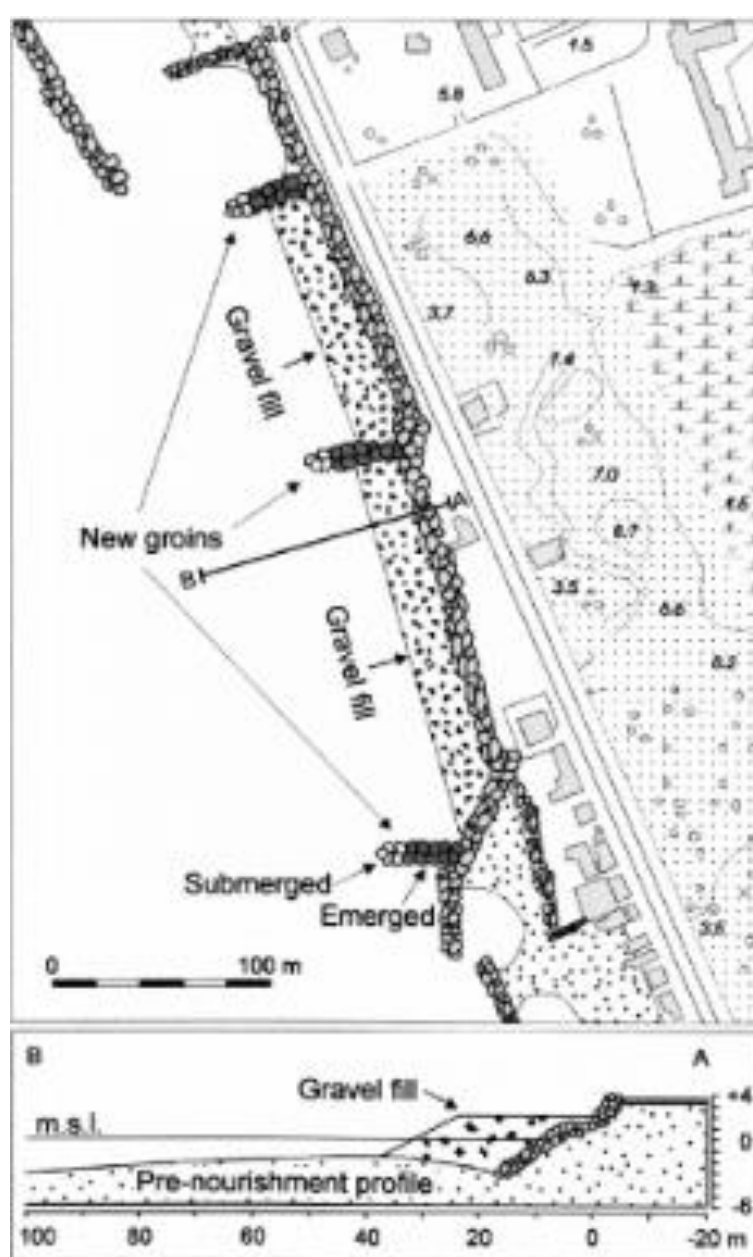


Figure 18 : vue en coupe et en plan du secteur réorganisé lors des travaux de l'hiver 2001-2002



Figure 19 : photo prise sur le secteur en 2012, soit 10 ans après les travaux (photo google Earth)

Le secteur sud de la plage de Marina di Pisa a donc servi de test en tant que structure de défense sans intervention humaine prévue. Cependant, la présence d'un nouveau cordon de galets à cet endroit a permis d'attirer les touristes durant la période estivale. Ce rechargement n'a cependant pas tenu puisque seule la partie sud conserve encore une partie sableuse à l'heure actuelle. Les objectifs de base n'ont pas été remplis.

Coût total de l'opération (phase expérimentale) : 750 000 euros

4.2. Baie de Giardini (Naxos, Italie) : rechargement et protection sous-marine

Objectif : réalisation d'un brise-lames immergé de 800 m à 5 m de profondeur et 150 m du rivage, accompagné d'un rechargement de 250 000 m³ de matériaux de même granulométrie, et de la suppression de 3 brise-lames et 3 épis existants.

Contexte

La baie de Giardini présente des variations du stock sédimentaire selon les secteurs. La zone sud est en excédent, le sable s'accumule au niveau du port. La zone centrale est très érodée, la plage a disparu (une perte de 5 m/an de largeur de plage a été enregistrée entre 1967 et 1972). Les habitations et les infrastructures sont directement menacées sur ce site très touristique.

Le projet était basé sur 3 étapes, complétées par un plan de surveillance et de maintenance des travaux. Il a débuté au début des années 2000 après avoir été présenté à l'Union Européenne (financement autonome). La première phase s'est conclue en novembre 2004 (250 m de brise-lames et un rechargement de 70 000 m³), mais la seconde phase a été interrompue suite à des problèmes financiers en 2008. Le projet est désormais dans l'attente de fonds débloqués par la région pour sa reprise.

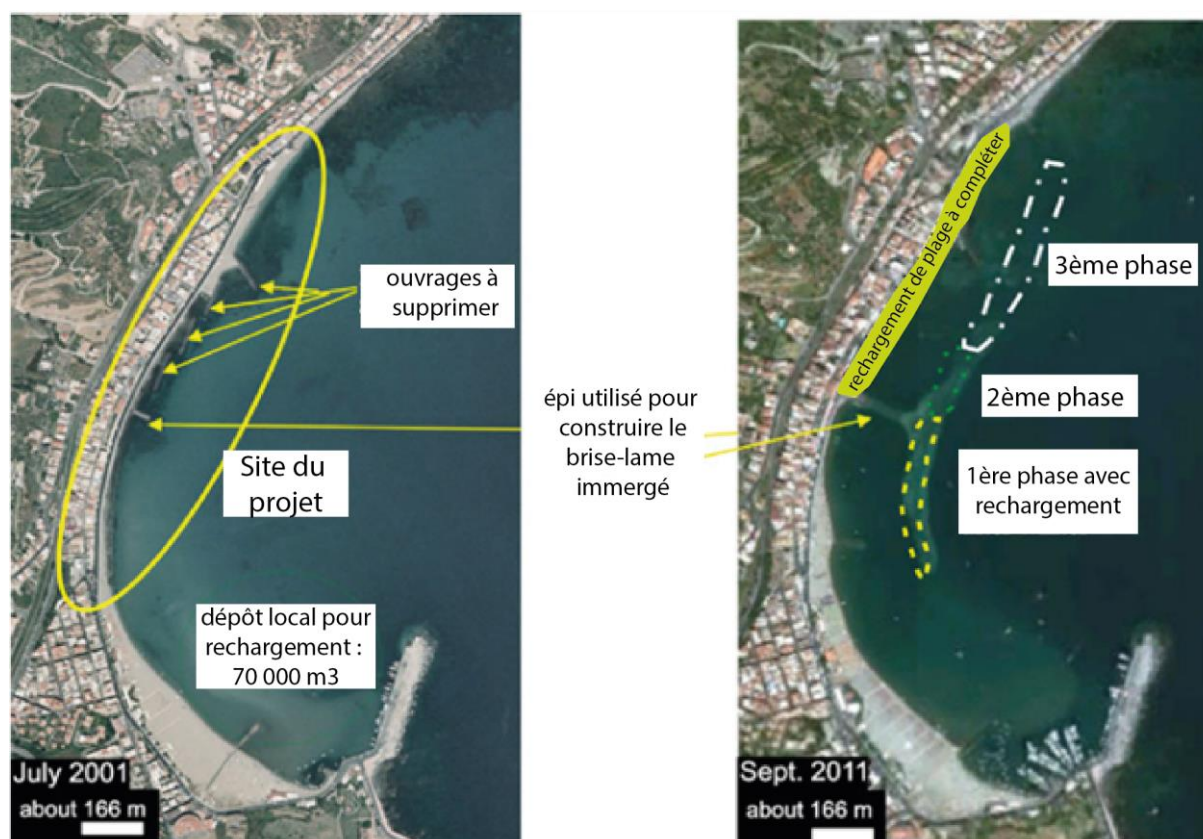


Figure 20 : évolution du site d'étude suite aux premiers travaux entre 2001 et 2011

Depuis, le sable déposé sur les plages s'est accumulé près du tronçon de brise-lames déjà en place. La partie émergée s'est à nouveau réduite et se retrouve insuffisamment large pour accueillir la demande touristique. Les enrochements présents en haut de plage sont le dernier rempart entre la mer et la promenade. Cet endroit symbolise l'échec de ces travaux qui n'ont pu aller à leur terme. Ce type d'opération, en plus d'un financement important, nécessite une prise en compte de l'évolution sur le long terme et d'une surface de plage suffisamment grande pour retrouver un fonctionnement plus "naturel" de ce système.

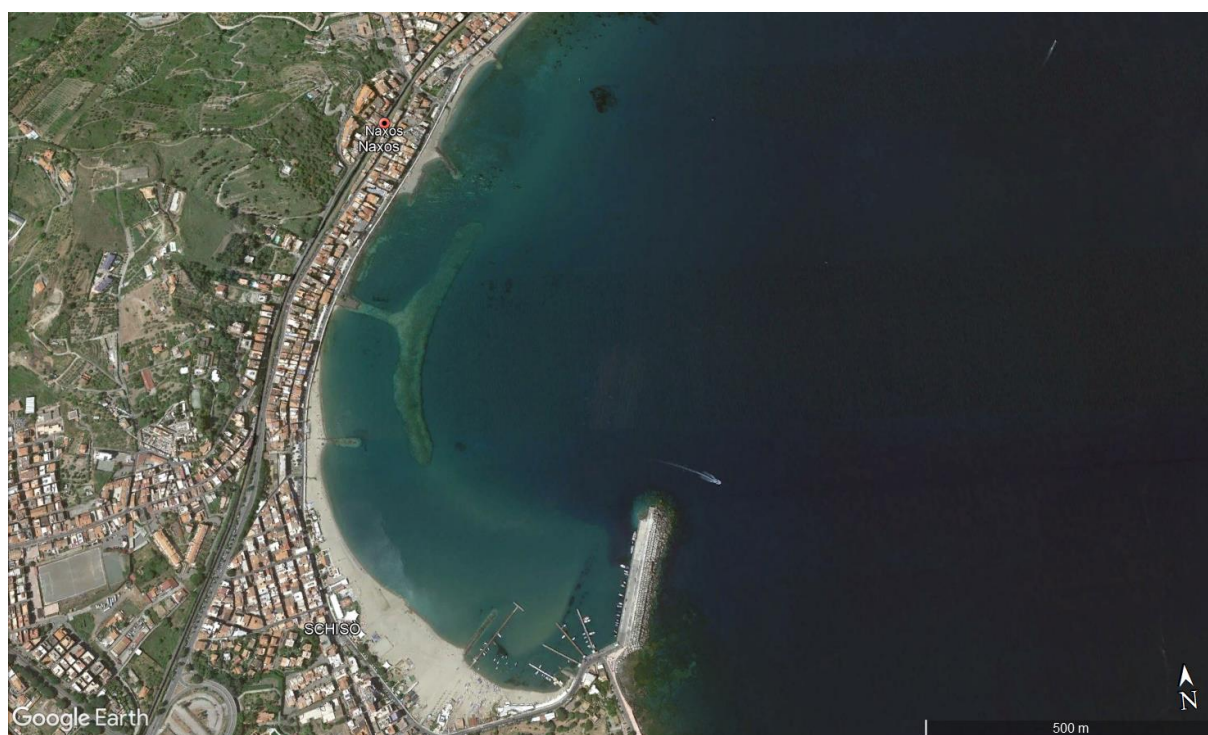


Figure 21 : Etat du site de Giardini Naxos en mai 2020, près de 10 ans après l'arrêt des travaux (source Google Earth)

Coût total de l'opération : 5 millions d'euros

4.3. *L'utilisation des rechargements pour la préservation des surfaces de plage : une méthode dite "douce"*

Le rechargement est un procédé qui consiste à alimenter de manière artificielle en matériaux une plage, pour limiter son déficit sédimentaire. Le principe est de récupérer des sédiments d'une zone en excédent, où la dérive littorale dépose de grandes quantités de matériaux et qui ne sera pas impactée par ce prélèvement. Les sédiments sont pris sur des secteurs émergés ou dragués au large, comme ce fût le cas près de la zone naturelle des Orpellières (Hérault) en 2015, ou sur la pointe de l'Espiguette en 2007 (et plus tard).

Le plus souvent, les rechargements concernent la plage émergée, comme ce fût le cas lors du rechargement massif des plages du golfe d'Aigues-Mortes entre septembre 2007 et avril 2008 (près d'1 million de mètres cubes déplacés de la flèche sous-marine de l'Espiguette vers les plages entre Palavas et le Grau du Roi). Une autre possibilité consiste à alimenter en sable les petits fonds, entre le trait de côte et les barres sous-marines. Ce cas de figure est privilégié pour les plages où le profil est pentu, afin de créer des bancs de sable et d'adoucir ce profil.

La fréquence de rechargement dépend de l'endroit et du besoin en fonction des enjeux. De nombreuses communes côtières rechargent leurs plages à la fin de la saison hivernale, à l'approche de la saison touristique, afin d'augmenter la surface de plage disponible. Ce procédé est renouvelé selon les besoins. Cela peut aller d'un rechargement annuel, à un rechargement tous les 2 ou 5 ans. Plus un secteur est en érosion et plus son besoin en rechargement sera régulier.

Cette solution n'est donc que temporaire et s'avère parfois coûteuse au vu de sa durée d'utilisation. Il faut compter entre 7 et 20 € HT le m³, parfois plus ; ce prix varie selon le style de rechargement (plage ou avant-plage), l'éloignement avec le site d'extraction et la quantité de sédiments nécessaires. Enfin, un rechargement est soumis à une autorisation ou une déclaration au titre de la loi sur l'eau, ainsi qu'à une étude d'impact si le prix est supérieur à 190 000 € ou si la surface de plage à recharger est supérieure à 2000 m². Dans ce cas, une procédure d'enquête publique sera requise et allongera ainsi le délai avant acceptation des travaux (ceux de la plage de Saint-Cyr-sur-Mer dans le Var ont nécessité 7 enquêtes publiques, même s'il ne s'agissait pas uniquement d'un rechargement).

En termes d'avantages, cette méthode permet une extension rapide de la surface de plage, ainsi qu'une réduction du risque de submersion et de recul du trait de côte. Enfin, il n'y a pas réellement d'impact visuel avec ce principe. Il y a cependant plusieurs inconvénients à ce procédé ; en effet, cette solution n'est que temporaire et nécessite une planification ainsi qu'un suivi pré- et post-travaux. De plus, il est difficile de trouver des sédiments présentant des paramètres similaires au secteur en érosion. Cette précision est pourtant nécessaire puisqu'une granulométrie différente peut entraîner une inefficacité du rechargement, et/ou un impact sur la faune et la flore locale. Enfin, il faut que les conditions soient optimales à la suite d'un rechargement, pour éviter que celui-ci ne soit un échec.

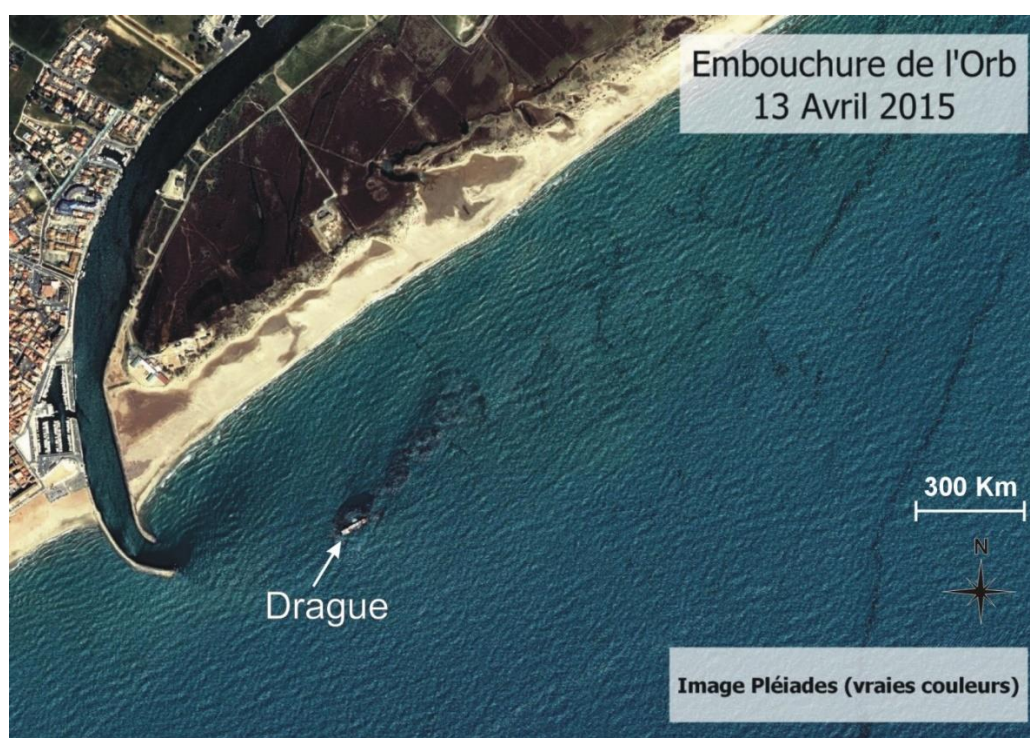
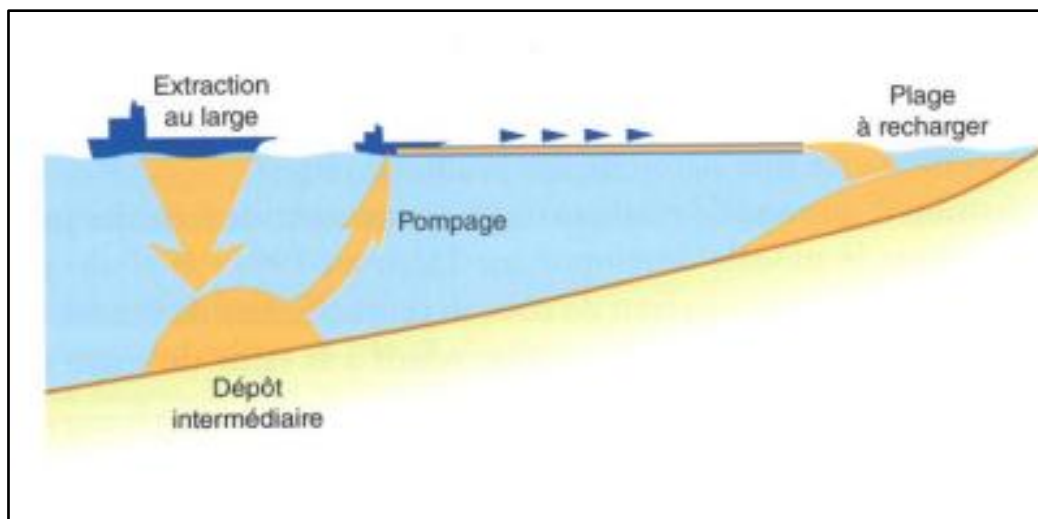


Figure 22 : schéma d'une extraction de sable au large par dragage au large de la zone des Orpellières dans l'Hérault (34)

5. Utilisation conjointe de méthodes "douces" et "dures"

5.1. Lido de Frontignan (Hérault, France) : travaux de protection et de mise en valeur de la plage

En 2015, des travaux ont été réalisés sur les secteurs de la Dent Creuse et des Aresquiers (partie est de la commune de Frontignan) sur un linéaire côtier de 1,7 km. Après analyse afin de mieux comprendre le fonctionnement du site, les travaux de protection ont consisté en plusieurs étapes. Les épis existants ont été reconditionnés en longueur dégressive afin de favoriser la transition sédimentaire entre la zone protégée et la zone naturelle. 3 nouveaux épis de longueur dégressive ont été ajoutés à l'extrémité est du secteur de Frontignan, au niveau de la plage des Aresquiers.

De plus, le cordon de fond de plage a été renforcé en galets pour préserver la route littorale des intrusions marines, tout en supprimant des aires de stationnement trop proche du trait de côte. Des accès-plage (passerelles en bois) ont été aménagés au niveau de ce cordon afin d'éviter des zones de fragilité de ce dernier. Enfin, les plages et les petits fonds du secteur ont été rechargés en sable d'un volume de 200 000 m³ afin de limiter le déferlement des vagues notamment lors des épisodes de houle agitée. Ce sable fin (granulométrie D50 ≈ 0,13 mm), provient d'un dragage effectué sur la flèche sableuse de l'Espiguette et a été ajouté sur les plages de Frontignan à la fin de l'hiver 2015.



Figure 23 : travaux effectués sur le secteur des Aresquiers en 2015 (épis dégressifs, cordon dunaire, rechargement...)

Rapidement, d'après les images satellites Pléiades (figure 24), et d'après des observations de terrain, on peut constater que le stock de sable rechargé est attaqué par la mer. En moins de deux saisons hivernales, l'essentiel du rechargement a disparu sur la portion rechargée à l'est. Plus à l'ouest, vers la zone de la Dent Creuse, le trait de côte a moins reculé, conformément au comportement historique de ce site. D'après les observations sur la plage, il semble que le sable du rechargement était trop fin pour se maintenir sur la zone émergée sous l'action des vagues. Signalons que sur la zone des Aresquiers, un sable de 0,13 mm est "à l'équilibre" sur la barre externe ou sur la partie externe de cette barre. C'est pourquoi le sable est aussitôt parti vers la zone sous-marine une fois remanié par les vagues. Il participe indéniablement aujourd'hui à "gonfler" les barres et participe ainsi à une meilleure dissipation de l'énergie des vagues (confirmé par une comparaison effectuée sur le site concerné par le rechargement de 200 000 m³ en 2015). En 2019, soit quatre hivers plus tard, il ne restait plus qu'environ 40 000 m³, soit 80% du rechargement qui a disparu de la plage émergée. Une partie de ce sable est cependant visible sur l'avant-côte au niveau des petits fonds et de la barre sableuse.

Actuellement, il est difficile de conclure sur l'efficacité des 3 nouveaux épis dégressifs construits en 2015. Même si une partie du sable du rechargement est encore aujourd'hui maintenue à la racine de ces épis, ce type d'aménagement n'a pas résolu le problème d'érosion aval-dérive. En effet, l'essentiel du rechargement à cet endroit n'a pas tenu, même si l'hiver agité de 2016-2017 et la tempête décennale de mars 2018 ont pu aggraver le phénomène. Depuis 2019, la plage est globalement équilibrée même si un recul léger continue localement.

Coût total de l'opération : 6 millions d'euros pour la tranche 1 (2015)

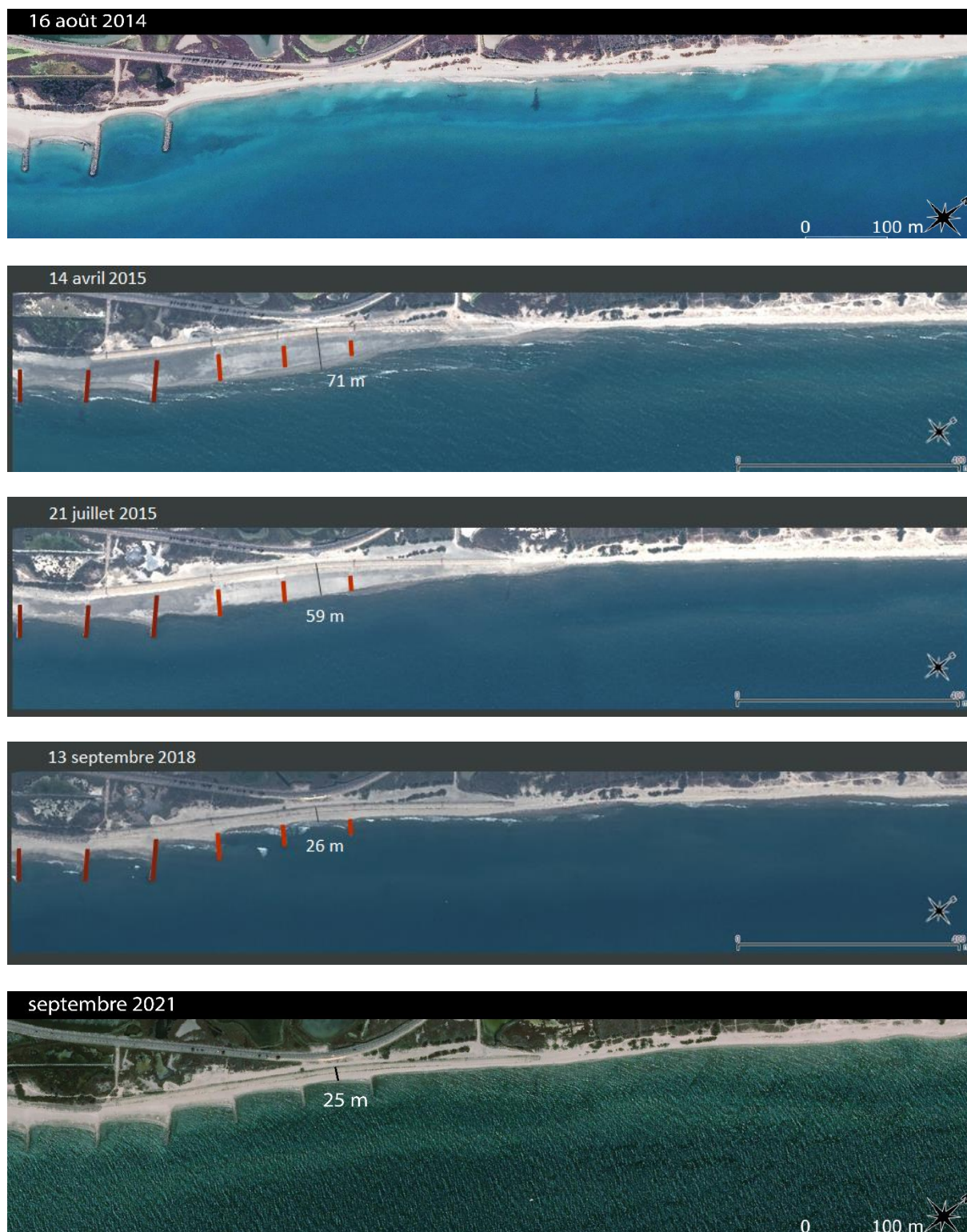


Figure 24 : évolution du rechargement sur la zone des épis dégressifs entre 2014 et 2018 (EID Méditerranée)

CONCLUSION

Depuis l'avènement des stations balnéaires méditerranéennes dans les années 60, la protection du littoral et la stabilisation du trait de côte sont devenus primordiaux pour continuer à maintenir l'attractivité sur les sites touristiques, avec des surfaces de plage suffisamment importantes.

Initialement, de nombreuses solutions ont été utilisées, qu'elles soient dites "douces" ou "dures", afin de stabiliser le trait de côte. Désormais, des solutions fondées sur la nature voient le jour. Parmi les exemples proposés dans ce rapport, seul celui des épis dégressifs de Frontignan évoque la mise en place d'ouvrages lourds, constitués d'enrochements. Il est désormais question de renaturation des sites lorsque cela est possible (anciens salins par exemple). Pour d'autres secteurs plus urbanisés, la présence d'un cordon dunaire est indispensable (mais rarement facilement réalisable), quitte à adopter le recul stratégique de certaines infrastructures (routes, parkings). Enfin, les plages sont protégées par différents moyens, allant du piégeage de sable (ganivelles en milieu de plage) à l'installation d'ouvrages immergés, sans oublier les rechargements qui restent la solution la plus utilisée.

Cependant, sur ces différents exemples évoqués ci-dessus, peu d'entre eux concernent de forts enjeux, notamment sur des secteurs littoraux très urbanisés. La plupart des innovations actuelles sont testées sur des zones naturelles avec peu d'infrastructures. En effet, ces zones disposent de suffisamment d'espace pour permettre des reculs stratégiques et/ou des reconstructions dunaires. Il s'avère également que les exemples qui donnent le plus satisfaction sont ceux où la surface de plage et l'arrière-dune sont les plus importantes pour mieux appréhender les effets d'érosion et de submersion marine.

Malheureusement, de nombreuses communes qui présentent de sérieux problèmes d'érosion et dont les infrastructures sont en danger, ne disposent pas de la place nécessaire pour optimiser le système plage-dune face à la mer. Elles sont alors obligées de réagir le plus souvent dans l'urgence, avec des ouvrages en dur et des rechargements qui ne sont que temporaires et très onéreux. Certains projets prometteurs présentés dans ce rapport n'ont pas été à leur terme du fait de leur coût et les travaux déjà engagés sur les premiers mois/années n'ont pas suffi à endiguer les problèmes initiaux face aux infrastructures en sursis.

Actuellement, différentes solutions sont en cours de test sur des secteurs à enjeux. Des filets de piégeage de sable ont été installés récemment à Sainte Marie la Mer (66) mais n'ont pas tenu face à la houle ; remanié, ce dispositif va être à nouveau testé sur la commune de Vias (34). Un autre projet d'atténuateurs de houle sous la forme d'une "mangrove artificielle" est déjà en place depuis quelques mois au Grau d'Agde (34), et les premiers résultats ne devraient pas tarder. Ces projets en cours ne sont qu'une petite partie d'un ensemble de solutions qui sont toujours en cours de recherche afin d'endiguer ce problème et d'éviter la délocalisation de populations dans un futur proche.

Bibliographie

<https://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/X2H-Xref-ViewHTML.asp?FileID=10340&lang=fr>

[https://www.francetvinfo.fr/meteo/climat/environnement-lutter-contre-l-erosion-pour-protger-les-salins-sur-la-cote-d-azur_4780707.html?fbclid=IwAR0FPnSWKtKnYj_ecClz2pUFLcdudz9tknSxvZH9pQntQE3MIPZTJUBjs6A#xtor=CS2-765-\[facebook\]-](https://www.francetvinfo.fr/meteo/climat/environnement-lutter-contre-l-erosion-pour-protger-les-salins-sur-la-cote-d-azur_4780707.html?fbclid=IwAR0FPnSWKtKnYj_ecClz2pUFLcdudz9tknSxvZH9pQntQE3MIPZTJUBjs6A#xtor=CS2-765-[facebook]-)

<http://download.pole-lagunes.org/web/2015/NoticegestionEMSC2013-2016.pdf>

<https://www.symadrem.fr/actualites/2020/12/02/le-grau-du-roi-et-le-symadrem-luttent-contre-lerosion-du-littoral/>

<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/details/4079>

<https://www.lifeadapto.eu/vieux-salins-d-hyeres.html>

https://www.herault.gouv.fr/content/download/10188/56562/file/rapport_protection_littoral_villen_euvelesmaguelone.pdf

https://www.lifeadapto.eu/media/5422/Recit_de_site_PetitTravers_plaquette_2020_web.pdf

https://www.herault.gouv.fr/content/download/24175/174680/file/8230526_PIECE1_RNT.pdf

<https://www.ccma.cat/324/altafulla-torna-a-installar-les-barreres-de-retencio-de-sorra-al-tram-final-del-passeig-de-botigues-de-mar/noticia/3126628/>

https://www.researchgate.net/publication/257762178_Tourist-beach_protection_in_north-eastern_Sicily_Italy

https://www.researchgate.net/publication/284977179_Assessment_of_a_gravel_nourishme nt_project_frontin_a_seawall_at_Marina_di_Pisa_Italy

<https://www.midilibre.fr/2020/11/27/au-grau-du-roi-des-projets-pour-protger-la-cote-de-lerosion-9224359.php>

<https://pole-lagunes.org/renaturation-de-site-et-renforcement-de-massif-dunaire-au-grau-du-roi-gard/>

<https://elmusca.files.wordpress.com/2020/01/paul-axe-3-rechargement-gam.pdf>