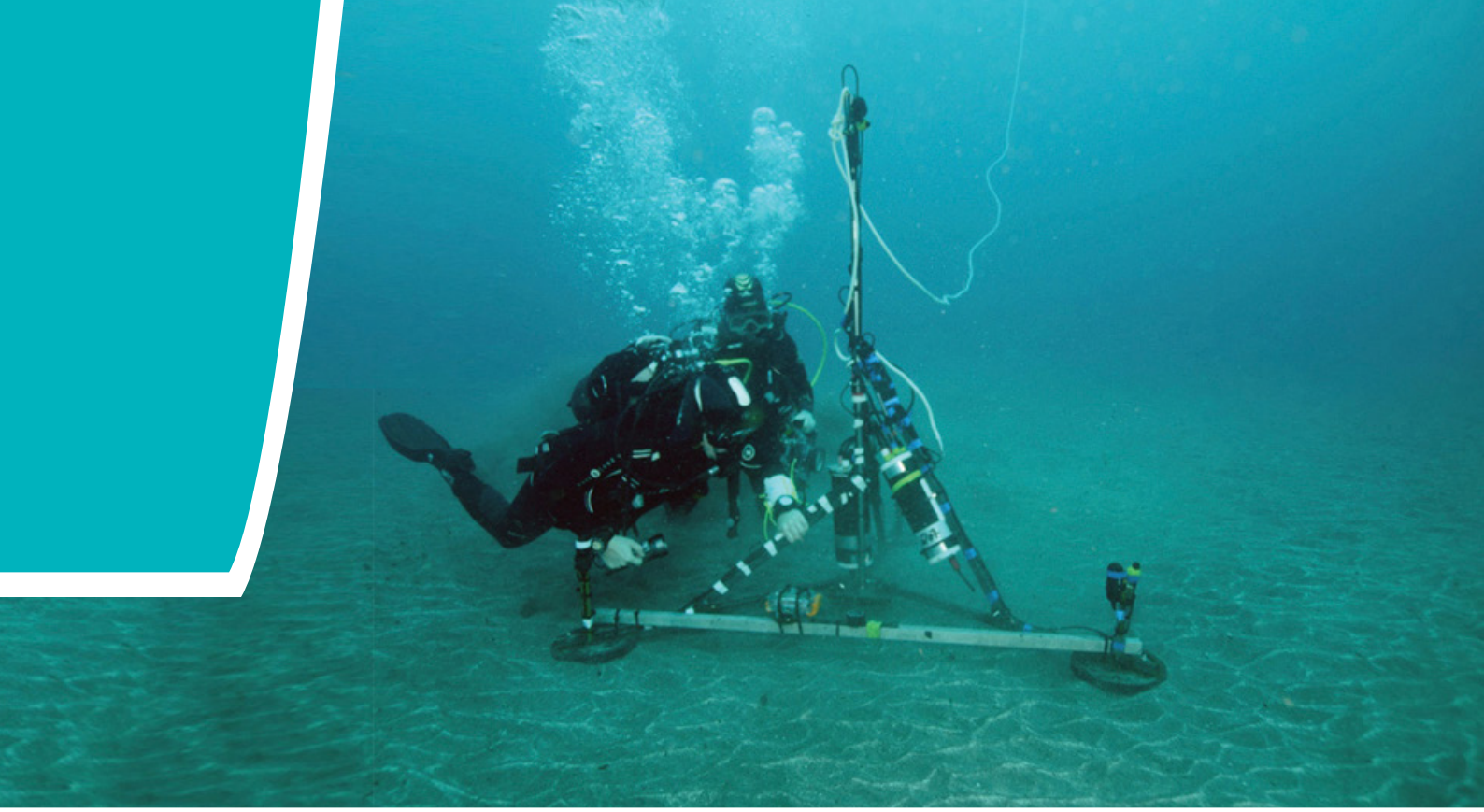
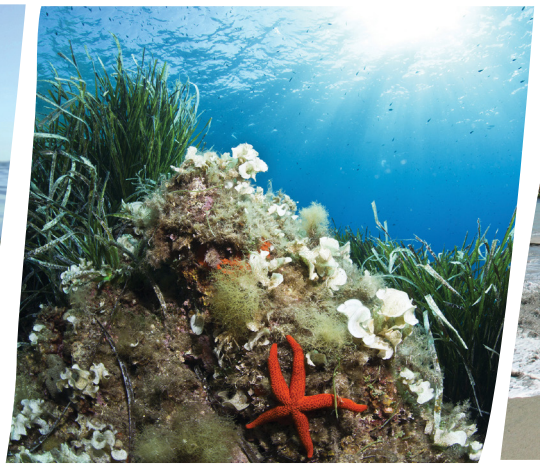










# GUIDE CADRE EVAL_IMPACT

## IMPACTS DES PROJETS D'ACTIVITÉS ET D'AMÉNAGEMENTS EN MILIEU MARIN MÉDITERRANÉEN. RECOMMANDATIONS DES SERVICES INSTRUCTEURS.

### FASCICULE 4 : SUIVI ENVIRONNEMENTAL

JUIN 2018

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Occitanie

# FICHE P-4 : TOPOGRAPHIE / BATHYMÉTRIE

## OBJECTIFS DU SUIVI

- Dimensionner le projet d'ouvrage ou d'activité
- Evaluer l'effet du projet sur la topographie / bathymétrie en lien avec les espèces et habitats
- Acquérir des connaissances au titre de mesures d'accompagnement : connaître l'altimétrie de la zone observée (état à un instant donné) et son évolution. Les variations au cours du temps éventuellement observées peuvent être inhérentes à l'évolution naturelle générale du milieu ou bien consécutives à l'aménagement.

Une corrélation de ce paramètre avec la connaissance des matériaux du milieu de la zone observée peut donner des informations sur le transport éventuel de ces matériaux (vitesse, type de matériaux transportés, zones affectées ou non par le transport (déblais, remblais, etc.) et servir de données de calage pour les modèles hydrosédimentaires (voir fiche modèles).

## ACTIVITÉS / AMÉNAGEMENTS QUI MODIFIENT POTENTIELLEMENT LA TOPOGRAPHIE / BATHYMÉTRIE

Construction de nouveaux ouvrages portuaires / extension (digues, jetées, etc.), récupération de territoires en mer (terre-plein, routes, etc.), construction de nouveaux ouvrages de protection contre l'érosion des plages (enrochements, épis, brise-lames, géotextiles), dragage, immersion en mer de sédiments, extraction de granulats, canalisations sous-marines, câbles électriques, rechargement de plages, récifs artificiels, forage.

## ESPÈCES ET HABITATS POTENTIELLEMENT SENSIBLES À UNE MODIFICATION DE LA TOPOGRAPHIE / BATHYMÉTRIE

- Habitats : herbier de posidonies, coralligène, substrat dur à algues photophiles, substrat meuble
- Espèces : herbier de zostère, cymodocées

## RÉGLEMENTATION

Aucune réglementation spécifique.

## PARAMÈTRES MESURÉS

Altimétrie de la zone observée à un instant donné.

## STRATÉGIE DE MESURES

- *Période préférentielle* : la période de réalisation du levé topo-bathymétrique dépend de l'évolution de la zone (ex : évolution des profils de plage durant l'année). Il est parfois intéressant de profiter de forts anticyclones pour avoir une plus grande plage émergée. Mais le plus souvent les périodes de calme éloignées d'événements morphogènes seront les plus pertinentes pour l'évolution à moyen / long terme. En cas d'utilisation de méthodes terrestre et marine différentes, il est impératif de réaliser en même temps les levés pour assurer une continuité terre-mer et connaître réellement les stocks sédimentaires.
- *Fréquence* : avant et après travaux.
- *Durée du suivi :* dépendante de la zone. Pour un suivi à long terme (> 10 ans) 1 relevé / an sans lacune peut suffire (de préférence à la fin de la saison estivale). Pour connaître les variations saisonnières, 4 relevés / an pendant 4 ans à minima sont nécessaires et les travaux (rechargement, calibrage…) sur la plage doivent être connus. Pour estimer l'impact des tempêtes, les relevés doivent encadrer l'événement et donc être espacés de quelques jours. Il existe autant de réponses morphologiques que d'événements.
- *Choix des stations de mesure* : la mesure s'effectue toujours sur l'ensemble de la zone observée.

## PROTOCOLE TERRAIN

Des normes hydrographiques ont été élaborées par l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) afin de définir les exigences de qualité et de précision de relevés bathymétriques. Voir la norme OHIPS44:http://www.shom.fr/fileadmin/data-www/MIP/DTI/HYDRO/S-44_Ed.5.0.1_FR.pdf

Le contrôle de la précision des travaux topographiques réalisés par l'État, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte est défini dans l'arrêté et la circulaire du 16 septembre 2003, qui définissent les outils statistiques à employer pour évaluer un

levé donné (http://archives.cnig.gouv.fr/Front/index.php?RID=30 ).

- *Moyens nautiques* : vedette de sondage bathymétrique, Lidar bathymétrique embarqué sur avion. Pour l'instant, aucun µlidar topo-bathymétrique civil n'est disponible sur drone (8-10m de profondeur en militaire).
- *Matériels / outils de mesure nautiques* : GPS ou matériel de positionnement (donne le t, X, Y, Zbrut), marégraphe ou matériel permettant de connaître la marée (permet avec le GPS d'avoir le Zcorrigé), centrale d'altitude (pour correction des mouvements de la vedette), sondeur (mono-faisceau, multi-faisceaux, multi-transducteurs).
- *Moyens terrestres* : piéton équipé d'un DGPS, quad équipé d'un DGPS, drone équipé de Lidar.
- Matériels/outils de mesures terrestres : DGPS, Lidar

A ces matériels s'ajoute le logiciel d'acquisition des données mesurées, de traitement et de modélisation numérique du terrain. Des prestataires proposent des suivis complets avec logiciels de visualisation (interface web).

- *Techniques d'échantillonnage utilisées* : elle est fonction du type d'appareil utilisé. La précision des levés dépend aussi du type d'appareil utilisé et devra correspondre aux mouvements du site, la Camargue (hors zones urbaines) demandant par exemple moins de précision que des plages de poches.

## ANALYSE DES DONNÉES TERRAIN

Réalisation d'un modèle numérique de terrain. Comparaison diachronique de levés et cartographie des écarts. Le traitement des données recueillies dépend de l'objectif du levé (par exemple recherche du point le plus haut, du point bas ou de profondeurs représentatives moyennes).

Dans le cadre de l'élaboration de cartes, les références des coordonnées et des altitudes sont très importantes et doivent être clairement précisées à chaque levé. La norme est la référence au Lambert 93. Attention aux différences de référence entre le NGF et le zéro hydrographique. La connaissance de l'évolution de la bathymétrie dans le temps sur un site donné permet de préciser les phénomènes d'érosion et d'accrétion sur le site étudié (voir fiches P-3 à P-7).

## COÛT

- Sondages bathymétriques : 1 000 à 4 000 € / km² ;
- Lidar topographique (aéroporté) : mobilisation 5 000 € et acquisition-traitement de 50 à 100 € / km². Cette technique peut nécessiter un regroupement de projets à des échelles départementales et régionales avec l'implication de l'IGN ;
- Lidar bathymétrique (aéroporté) : mobilisation 100 000 € (tend à baisser) et acquisition-traitement de 1 200 à 2 000 € / km². La Méditerranée serait plutôt dans la tranche basse en prix du fait de ses eaux. Cette technique peut nécessiter un regroupement de projets à des échelles départementales et régionales avec l'implication du SHOM ;
- Méthodes traditionnelles (DGPS) : 3 500 € / km (prestataire) ou coût d'acquisition 30 000 € ;
- Drone photogrammétrie : mise en place GPS local (1 500 €) + vol (400 à 1000 €) + exploitation (~1 000 € / km²). Il est possible d'utiliser le µLidar sur drone, cette technique moins répandue devrait se rapprocher à terme du coût photogrammétrie (pour info acquisition de l'appareil photo est entre 300 à 1000 € contre 10 000 à 100 000 € pour µLidar). Par contre, elle est moins utile en terrain dégagé sauf sur des zones très homogènes où la photogrammétrie peut être moins performante ;
- Sur des coûts de suivi tout compris, équivalent à du suivi de carrière sur plusieurs années, l'ordre de grandeur est de 10 000 € / an (mise en place, 4 vols / an, traitements et visualisation sur interface Web).

## SEUILS D'ALERTE EN LIEN AVEC LES ESPÈCES ET HABITATS

Pas de seuils existants.

## RÉSEAU DE SUIVI EXISTANT ET PRODUITS NUMÉRIQUES ASSOCIÉS

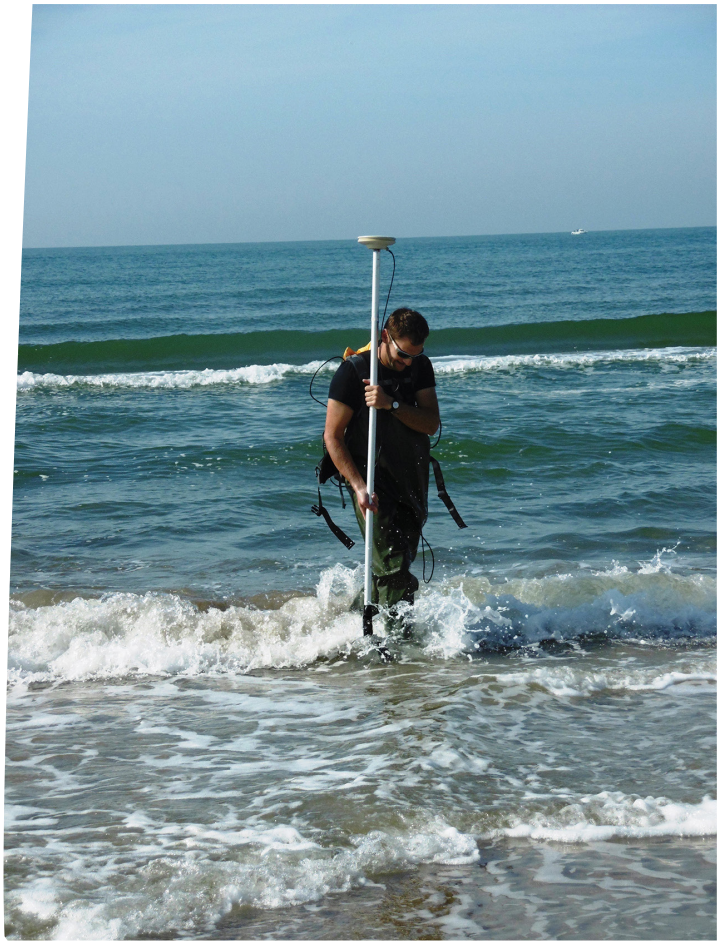
Il n'existe pas de réseau de suivi. Les bureaux d'étude et établissements scientifiques peuvent avoir des données ponctuelles en fonction des projets locaux.

## ORGANISMES RESSOURCES

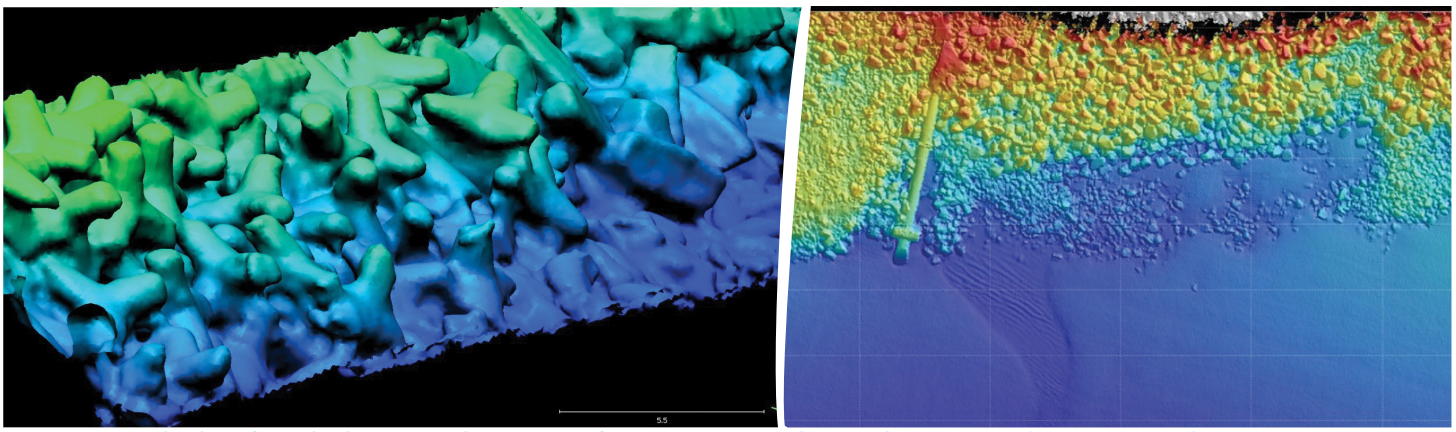
CEREMA
BRGM
CEREGE

## RÉFÉRENCES

Le site Internet du SHOM : http://www.shom.fr/
L'Organisation Hydrographique Internationale : http://www.ohi.shom.fr/
Recommandations pour un levé bathymétrique : http://www.afhy.fr/images/pdf /Guide-Recomandations APHY.pdf
Texte pour un levé topographique : http://archives.cnig.gouv.fr/Front/index.php?RID=30



© Semantic TS



Topobathymétrie de digue par photogrammétrie et SMF - Sondeur Multi-Faisceaux (© Semantic TS)

# FICHE EH-1 : HABITAT HERBIERS DE POSIDONIES

## OBJECTIFS DU SUIVI

- Évaluer l'impact du projet sur l'herbier de posidonie
- Évaluer l'impact du projet sur les différentes fonctionnalités de l'habitat herbier de posidonie

L'herbier de posidonie est protégé en tant qu'espèce. Depuis peu, des méthodes de suivi se développent pour caractériser les différentes fonctionnalités de l'habitat herbier de posidonie. Ce type de suivi est particulièrement adapté pour des projets de taille conséquente ou à forts enjeux environnementaux.

## PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES AUXQUELS EST POTENTIELLEMENT SENSIBLE L'HERBIER DE POSIDONIE

Altération mécanique (frottements, écrasements, chocs et arrachages), houle / vagues, courant, stocks sédimentaires, topo-bathymétrie, trait de côte, turbidité et paramètres associés, déchets déposés sur le fond, qualité générale de l'eau, substances chimiques problématiques dans la colonne d'eau et le biote, flux à la mer (apport eau douce), espèces introduites.
L'herbier de posidonie (or impact direct lié à l'arrachage ou à l'enfouissement) est sensible à ces pressions : matières en suspension (Manzanera et al, 1998) et lumière (Ruiz et Romero, 2003). Les modifications hydro-sédimentaires liées à un aménagement / usage sont donc à étudier en amont en priorité.

## ACTIVITÉS / AMÉNAGEMENTS POUR LESQUELS UN SUIVI DE L'HABITAT EST PRÉCONISÉ

L'ensemble des projets d'activités / aménagements

## RÉGLEMENTATION

| Réglementation | Remarques |
|---|---|
| Arrêté ministériel du 19 juillet 1988 | Il est interdit « de détruire, de colporter, de mettre en vente, de vendre ou d'acheter tout ou partie » de la plante |
| Directive Habitats Faune et Flore du 21 mai 1992 (DHFF : 92/43/CEE) | Annexe 1. Habitat d'intérêt communautaire de type prioritaire |
| Convention de Berne du 19 septembre 1979 | Annexe 1 de la convention |
| Convention de Barcelone de 1976 – révisée en 1995 | Annexe 2. Protocole relatif à la conservation des aires spécialement protégées – Décembre 2002 |

## PARAMÈTRES MESURÉS

*Suivi de l'« herbier de posidonie »*

- Répartition de l'herbier de posidonie (approche surfacique et linéaire)
- État de vitalité de l'herbier de posidonie (approche ponctuelle) : cela peut concerner le recouvrement, la densité de faisceaux, la longueur maximale des feuilles, le nombre moyen de feuilles par faisceau, le déchaussement des rhizomes, la compacité de la matte, etc.

Parmi ces paramètres, le recouvrement, la densité de faisceaux, l'épiphytisme (longueur des feuilles) et le déchaussement sont les paramètres les plus pertinents à suivre pour comprendre l'état de vitalité de la posidonie dans le cadre d'un projet.
Pour plus de précisions, se référer au guide CartOcean (Noël et al, 2012).

*Suivi de l'habitat herbiers de posidonies*

Différents compartiments sont à suivre pour caractériser la fonctionnalité de l'habitat (EBQI, Personnic et al. 2014) :

- Suivi de la densité de l'herbier, du recouvrement et du taux de broutage
- Croissance de la posidonie (lepidochronologie)
- Dénombrement des grandes nacres et des macroinvertébrés par compartiments (détritivores, brouteurs, carnivores, etc.)
- Dénombrement des poissons présents dans l'herbier (brouteurs, invertivores, piscivores)

## STRATÉGIE DE MESURES

- *Période préférentielle* : mesurer les paramètres en condition météorologique normale. La meilleure période est le printemps.
- *Fréquence* : Point zéro avant chantier et suivi en phase d'exploitation.
- *Choix des stations de mesure* : principalement à proximité immédiate de la zone du projet. Eventuellement au cœur du projet si le projet se situe sur l'herbier (ce qui est normalement exclu et ne peut être qu'exceptionnel). Si l'herbier est suffisamment éloigné, un suivi au niveau de ses limites supérieures et inférieures est suffisant. La profondeur intermédiaire (15 m) est également quelquefois suivie.
- *Durée du suivi* : Pour les aménagements : T0 et

T+0.5 +1 +3 +5 +10 ans. Pour les activités : T0 et T+1 +3 +5 +10 +15 ans (suivi tous les 5 ans le temps de la durée d'autorisation d'exploitation).

## PROTOCOLE TERRAIN, ANALYSE ET COÛTS ASSOCIÉS

*Protocole suivi espèces* : Dans le cadre d'un suivi de l'herbier au niveau d'une digue portuaire ou aux abords d'une zone de rechargement de plage, il est pertinent de suivre l'évolution de la limite supérieure et l'état de vitalité à proximité immédiate de la limite supérieure : recouvrement (30 réplicats), densité (20 réplicats), suivi du déchaussement ou de l'ensablement à la limite de l'herbier et au sein de l'herbier.

*Coûts associés au suivi surfacique :* consulter le rapport Noël et al (2012) pour plus de détails.

- Lever par drone aérien (1 000 – 1 500 € / km²) -> si très petits fonds (visible depuis la surface) ;
- Lever au sonar latéral de coque (avec Méthode de monitoring RTK - contient DIVA) (1 200 - 2 000 € / km²) -> si profond (pas visible depuis la surface) ;
- Lever sonar latéral tracté (2 000 – 3 000 € / km²) -> si très profond ;
- Lever linéaire SACLAF DIVA (présence / absence de posidonies) : permet de traiter des petites zones ou de réduire les besoins en vérité terrain (40 €/km).

En général la méthode monitoring RTK est la plus adaptée car elle permet de lever depuis les très petits fonds jusqu'à 40 m, et a été spécifiquement développée pour ce besoin de connaissance. Elle diminue les besoins en vérité terrain.

*Coûts associés au suivi ponctuel* : une plongée permet de faire quelques stations (dépend de la profondeur) et coûte environ 1 000 € la plongée. Il est souvent nécessaire de faire plusieurs plongées. Pour une journée, compter 2 plongées avec 3 plongeurs : environ 2 000 €.

*Protocole suivi habitats* : les mesures se font à 15 m de profondeur environ. 4 plongeurs se répartissent les différents compartiments à suivre, sur 2 plongées. Ces protocoles sont adaptés en complément des suivis espèces aux projets de grande ampleur (énergies marines, récifs, etc.) ou à fort enjeux environnementaux. Cela nécessite 2 plongées à 4 plongeurs, soit un coût de 3 000 €, traitement des données. Consulter la publication Personnic et al (2014) pour plus de détails.

## SEUILS D'ALERTE EN LIEN AVEC LES ESPÈCES ET HABITATS

- Sédimentation / matières en suspension et lumière (Manzanera et al, 1998, Ruiz et Romero, 2003, Erftenmeijer et al, 2006, 2012)

| Seuils d'alerte | Luminosité (% de RS - Radiation à la surface) | Concentration de MES (mg/L) | Sédimentation |
|---|---|---|---|
| *Posidonia oceanica* | Sub-létal : 4,4 - 16,7 % RS<br>Létal : 4,4 % RS<br>Moyenne glissante sur 60 jours | n.a. | Létal : 50 mm<br>Sub-létal : 40 mm<br><br>En cumulé, sur un an |

- Contamination chimique de l'eau : seuils NQE (arrêté 27 juillet 2015) http://www.ineris.fr/substances/fr/page/9
- Pressions physiques : https://inpn.mnhn.fr/docs/sensibilite/SPN_2015_70_La_Riviere_et_al_2016_Eval_sensibilite_Mediterranee_Pressions_physiques.pdf

## RÉSEAU DE SUIVI EXISTANT

- *Réseau Surveillance de la Posidonie* : suivi des limites inférieures et supérieures de l'herbier de posidonie entre 1982 et 2002. Données disponibles auprès du GIS Posidonie ;
- *Réseau Surfstat* : créé en 2013, le réseau SURFSTAT s'intègre dans le volet biologie du réseau DCE. Il a pour principal objectif d'apprécier par une approche statistique l'hétérogénéité écologique des fonds sous-marins dans l'espace et le temps entre 0 et 80 m de profondeur sur le littoral méditerranéen français. Indicateurs surfaciques (= spatiaux) de la qualité des eaux côtières à partir de ces cartographies des habitats marins. Données disponibles sur medtrix.fr ;
- *Réseau Tempo* : c'est le réseau de suivi micro surfacique de l'herbier de posidonie en limite inférieure. Depuis 2014 un autre objectif a été ajouté au réseau TEMPO : caractériser l'état

de vitalité des herbiers de Posidonia oceanica via différents indicateurs : PREI (Gobert et al, 2009) et BIPO (Lopez y Royo et al, 2010) indicateurs espèce et l'EBQI (Personnic et al, 2014) indicateur habitat. Données et détails des indicateurs disponibles sur medtrix.fr.

## ORGANISMES RESSOURCE

Mediterranean Institute of Oceanography (MIO)
Université de Nice
Universita di Corsica Pasquale Paoli

## RÉFÉRENCES


Blouet S., Lenfant P., Dupuy de la Grandrive R., Laffon J.-F., Chéré E., Courp T., Gruselle M.-C., Ferrari B. et Payrot J., 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP,Fr 48p.

Boudouresque C.F. et Jeudy de Grissac A., 1983. L'herbier à Posidonia oceanica en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. J. Rech. Océanogr., 8 (2-3) : 99-122.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S. et Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica. RAMOGE publ. : 1-202. ISBN : 2-905540-30-3.
http://www.ramoge.org/Documents/documents%20ramoge/Posidonia_ramoge.pdf

Boudouresque C.F., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Thibaut T. et Verlaque M., 2015. The necromass of the Posidonia oceanica seagrass meadow : fate, role, ecosystem services and vulnerability. Hydrobiologia. 781 (1) : 25–42. DOI : 10.1007/s10750-015-2333-y.

Charbonnel E. et Boudouresque C.F., 2002. Le Réseau de Surveillance Posidonies à l'aube de ses 20 ans. http://www.mio.univ-amu.fr/gisposidonie/

Deter J., Lozuponea X., Inacio A., Boissery P. et Holon F., 2017. Boat anchoring pressure on coastal seabed: Quantification and bias estimation using AIS data. Marine Pollution Bulletin 123, 175–181.

Erftemeijer P.L.A. et Lewis R.R., 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. Marine Pollution Bulletin, 52, 1553–1572.

Erftemeijer P. L.A., Riegl B., Hoeksema B.W. et Todd P.A., 2012. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals : A review. Marine Pollution Bulletin 64, 1737–1765.

Giakoumi S., Halpern B.S., Michel L.N., Gobert S., Sini M., Boudouresque C.F., Gambi M.C., Katsanevakis S., Lejeune P., Montefalcone M., Pergent G., Pergent-Martini C., Sanchez-Jerez P., Velimirov B., Vizzini S., Abadie A., Coll M., Guidetti P., Micheli F. et Possingham H.P., 2015. Towards a framework for assessment and management of cumulative human impacts on marine food webs. Conservation Biology, 29 (4) : 1228 – 1234. DOI : 10.1111/cobi.12468.

Gobert S., Sartoretto S., Rico-Raimondino V., Andral B. et Chery A., Lejeune P., Boissery P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanica Rapid Easy Index: PREI. Marine Pollution Bulletin 58, 1727–1733.

Holon F., Mouquet N., Boissery P., Bouchoucha M., Delaruelle G., Tribot A.-S. et Deter J., 2015. Fine-scale cartography of human impacts along French Mediterranean coasts : a relevant map for the management of marine ecosystems. PloS ONE 10 (8) : e0135473. Doc:10.1371/journal.pone.0135473.

Erftemeijer P.L.A. et Lewis R.R., 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. Marine Pollution Bulletin 52 : 1553–1572.

Leredde Y., Michaud H., Berthebaud E., Lauer-Leredde C., Marsaleix P., Estournel C., Guerinel B., Thorin S., Schvartz T. et Richard C., 2013. Beach nourishment and sedimentary plumes in the bay of Aigues-Mortes. Storm impacts on sedimentary hydrodynamics and consequences on Posidonia Oceanica seagrass health. Coastal Dynamics 2013, 7th International Conference on Coastal Dynamics, Arcachon France, June 24-28. Poster.

Lopez y Royo C., Casazza G., Pergent-Martini C. et Pergent G., 2010. A biotic index using the seagrass Posidonia oceanica (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. Ecological Indicators 10, 380–389.

Manzanera M., Perez M. et Romero J., 1998. Seagrass mortality due to oversedimentation : an experimental approach. Journal of Coastal Conservation 4 : 67-70.

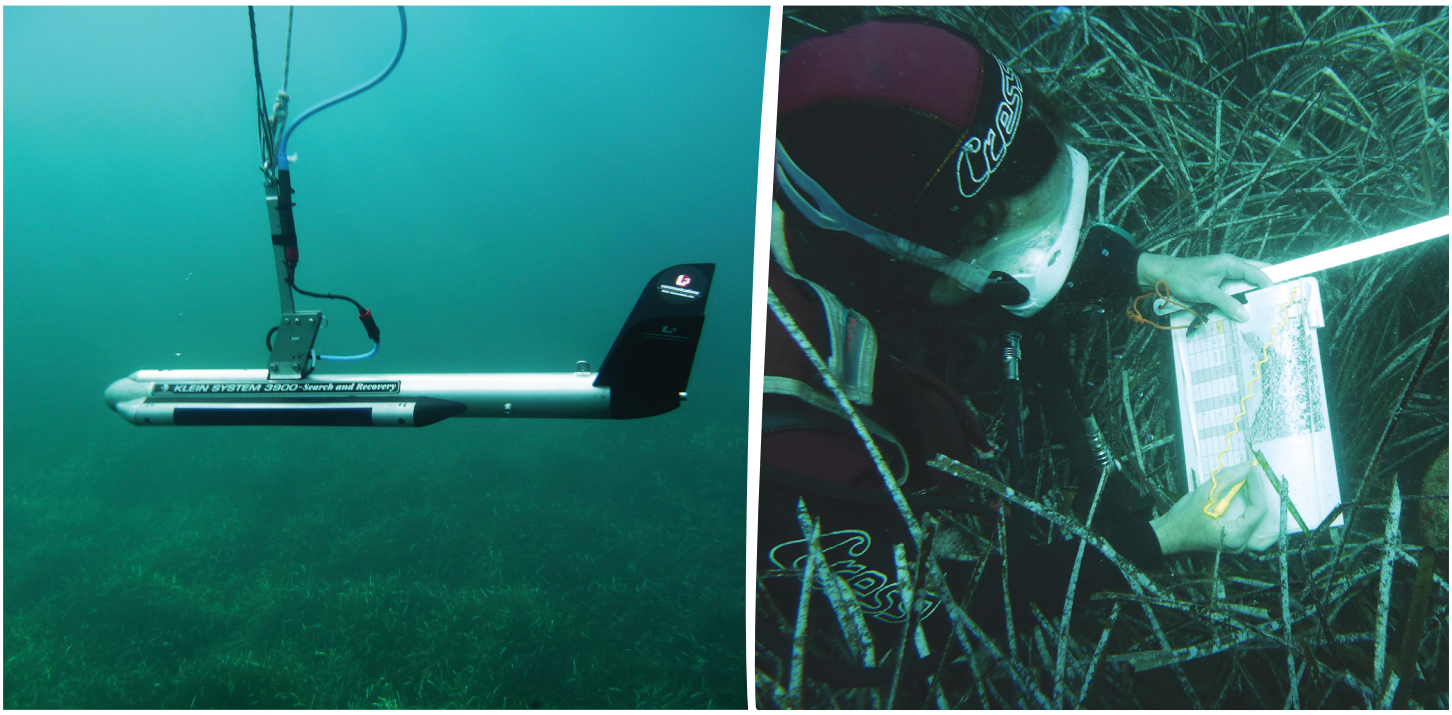
Noël C., Boissery P., Quelin N. et Raimondino V.,

2012. Cahier technique du Gestionnaire : analyse comparée des méthodes de surveillance des herbiers de posidonies. 96P CartOcean, AERM&C, DREAL PACA, Région PACA.
http://cartocean.fr/pages/Cahier_Technique_Methodes_Suivi.htm

Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O. et Verlaque M., 2012. Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée. Résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques. Gland, Suisse et Málaga, Espagne. IUCN. 80 pages.
https://cmsdata.iucn.org/downloads/les_herbiers_de_magnoliophytes_marines_de_mediterranee_pdf_version_in_French_3.pdf

Personnic S., Boudouresque C.F., Astruch P., Ballesteros E., Blouet S., Bellan-Santini D., Bonhomme P., Thibault-Botha D., Feunteun E., Harmelin-Vivien M., Pergent G., Pergent-Martini C., Pastor J., Poggiale J-C., Renaud F., Thibaut T. et Ruitton S., 2014. An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the Posidonia oceanica seagrass meadow. PLoS ONE 9 (6): e98994. doi:10.1371/journal.pone.0098994.

Ruiz J.M. et Romero J., 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass Posidonia oceanica. Marine Pollution Bulletin 46 : 1523–1533.




Sonar tracté et mesure ponctuelle (© Semantic TS)